



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
MILITARY UNIVERSITY INSTITUTE

ISSN 2183-0835

REVISTA DE CIÊNCIAS MILITARES

PORTUGUESE JOURNAL OF MILITARY SCIENCES

VOLUME X - NÚMERO 1
Maio 2022

(Vol. X, No 1, May 2022)

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR /
MILITARY UNIVERSITY INSTITUTE

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO /
IUM RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTRE

Revista de Ciências Militares /
Portuguese Journal of Military Sciences



Autores / Authors

António Gonçalves Alexandre
Ana Luísa Viana de Meneses
Bruno António Serrasqueiro Serrano
Ricardo Jorge de Sousa Correia
Carlos Jorge Ramos Páscoa
Joana Sofia Guerreiro Pinto
Carlos Miguel Freixo Calaixo

Copyright © IUM, 2022

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR

Publicação Semestral / *Biannual Publication*

ANO X / *YEAR X*

Vol. X, N.º 1 – MAIO DE 2022 / *Vol. X, No. 1 – MAY 2022*

Comandante / *Commander*

Tenente-general António Martins Pereira

Propriedade e Edição / *Copyright and Edition*

Instituto Universitário Militar

Rua de Pedrouços, 1449-027 Lisboa

Telefone: (+351) 213 002 100 ; Fax: (+351) 213 002 162

Correio eletrónico: revistacienciasmilitares@ium.pt

Internet: www.ium.pt

Pré-impressão e Acabamento / *Prepress and Finishing*

What Colour Is This?

Rua Roy Campbell, Lote 5, 4B 1300-504 Lisboa

Telefone: (+351) 219 267 950

Correio eletrónico: info@wcit.pt

DIREÇÃO EDITORIAL / *EDITORIAL DIRECTION*

Diretor / *Director*: Tenente-general António Martins Pereira

Editores / *Editors*:

Editor Chefe / *Editor-in-chief*:

Coordenador Editorial / *Editorial Coordinator*:

Capa - Composição gráfica / *Cover - Layout*:

Secretariado / *Secretariat*:

Tradução / *Translation*:

Comodoro João Paulo Ramalho Marreiros (Doutor)

Tenente-coronel Psicóloga Cristina Paula de Almeida Fachada (Doutora)

Tenente-coronel Técnico de Informática Rui José da Silva Grilo

Primeiro-marinheiro Rodolfo Miguel Hortência Pereira

Assistente técnica Gisela Cristina da Rocha Basílio

Mestre Ana Filipa Carvalho Araújo

CONSELHO EDITORIAL / *EDITORIAL BOARD*

Almirante António Manuel Fernandes da Silva Ribeiro (Doutor), Estado-Maior-General das Forças Armadas Portuguesas

Almirante António Mendes Calado, Marinha Portuguesa

General José Nunes da Fonseca (Mestre), Exército Português

General Joaquim Manuel Nunes Borrego, Força Aérea Portuguesa

Vice-almirante Alexandre Reis Rodrigues, Marinha Portuguesa

Tenente-general Luís Francisco Botelho Miguel (Mestre), Guarda Nacional Republicana

Major-general Manuel António Lourenço Campos de Almeida, Força Aérea Portuguesa

Major-general José Manuel Freire Nogueira (Doutor), Exército Português

Major-general Carlos Manuel Martins Branco (Mestre), Exército Português

Major-general José António Coelho Rebelo, Instituto Universitário de Militar

Major-general José A. Nunes Vicente Passos Morgado (Doutor), Estado-Maior-General das Forças Armadas Portuguesas

Comodoro José Rafael Salvado de Figueiredo, Instituto Universitário Militar

Brigadeiro-general Nuno Correia Barrento de Lemos Pires (Doutor), Exército Português

Brigadeiro-general Ana Rita Duarte Gomes Simões Baltazar (Doutora), Direção-Geral de Política de Defesa Nacional

Professora Doutora Ana Isabel Xavier, Centro de Estudos Internacionais, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Professora Doutora Isabel Ferreira Nunes, Instituto de Defesa Nacional

Professora Doutora Laura Ferreira Pereira, ISCSP-Universidade Técnica de Lisboa

Professora Doutora Maria Helena Chaves Carreiras, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa; Instituto de Defesa Nacional

Professora Doutora Maria Isabel Vieira Nicolau, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Professora Doutora Maria Luísa Duarte, ICJP – Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa

Professora Doutora Maria Manuela Sarmento Coelho, Academia Militar – IUM

Professora Doutora Teresa Maria Ferreira Rodrigues, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – UNL

Professor Doutor Armando Manuel de Barros Serra Marques Guedes, Faculdade de Direito – UNL

Professor Doutor Eurico José Gomes Dias, Instituto Superior de Ciências Policiais e de Segurança Interna

Professor Doutor Francisco José Costa Pereira, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Professor Doutor Hermínio Joaquim de Matos, Instituto Superior de Ciências Policiais e de Segurança Interna

Professor Doutor James Sterling Corum, Baltic Defense College, Estónia

Professor Doutor Manuel António de Medeiros Ennes Ferreira, ISEG – Universidade Técnica de Lisboa

Professor Doutor Ricardo Soares de Oliveira, Oxford University

Professor Doutor José Luís Rocha Pereira do Nascimento, ISCSP - Universidade de Lisboa

Professor Seven Biscop, European Political and Administrative Studies Department, Bruxelas

Capitão-de-mar-e-guerra Carlos Miguel Reis Silva de Oliveira e Lemos (Doutor), Marinha Portuguesa

Capitão-de-mar-e-guerra Fernando Irineu de Souza (Doutor), Escola de Guerra Naval, Brasil

Capitão-de-mar-e-guerra João Afonso Marques Coelho Gil (Doutor), Instituto Universitário Militar

Coronel Luís Fernando Machado Barroso (Doutor), Exército Português

Coronel Luís Manuel Brás Bernardino (Doutor), Instituto Univesitário Militar

Coronel Carlos Jorge Ramos Páscoa (Doutor), Estado-Maior-General das Forças Armadas Portuguesas

Coronel António Luís Beja Eugénio (Mestre), Força Aérea Portuguesa

Coronel João Paulo Nunes Vicente (Doutor), Força Aérea Portuguesa

Coronel Luiz Carlos Fumiaki Miwa (Doutor), Universidade da Força Aérea, Brasil

Coronel Jaime Flammarion Santos Costa (Doutor), Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Brasil

Capitão-de-fragata Federico Aznar Fernández-Montesinos (Doutor), Centro Superior de Estudos de Defesa Nacional, Espanha

Capitão-de-fragata Jaime Carlos do Vale Ferreira da Silva (Doutor), Marinha Portuguesa

Tenente-coronel Francisco Miguel Gouveia Pinto Proença Garcia (Doutor), Exército Português

Tenente-coronel Rui Manuel da Costa Ribeiro Vieira (Mestre), Exército Português

Tenente-coronel Francisco Júlio Timóteo Thó Madeira Monteiro (Mestre), Exército Português

Tenente-coronel Luís Carlos Falcão Escorrega (Mestre), Exército Português

Tenente-coronel Carlos Filipe Nunes Lobão Dias Afonso (Doutor), Exército Português

NOTA: Os artigos presentes na *Revista de Ciências Militares* são da responsabilidade dos seus autores, não refletindo necessariamente os pontos de vista do Instituto Universitário Militar.

NOTE: The articles published in the *Portuguese Journal of Military Sciences* are the sole responsibility of the authors and do not necessarily reflect the official views of the Military University Institute

ÍNDICE / INDEX

Nota Editorial	7
Editor's Note	9
TGEN José António Martins Pereira	
Artigos Científicos / Scientific Articles	
1. Pirataria Somali: de Perigo à Navegação Regional a Problema de Segurança Internacional	13
<i>Somali Piracy: From Threat to Regional Shipping to International Security Problem</i>	39
CMG António Gonçalves Alexandre	
2. Gestão de Produtos Químicos numa Vertente de Economia Circular em Contexto Militar	63
<i>Chemicals Management in the Military from the Perspective of the Circular Economy</i>	99
CAP Ana Luísa Viana de Meneses	
MAJ Bruno António Serrasqueiro Serrano	
3. Potencial de Sequestro de Carbono da Força Aérea: Contributos para a sua Otimização	133
<i>Optimizing the Portuguese Air Force's Carbon Sequestration Potencial</i>	167
CAP Ricardo Jorge de Sousa Correia	
COR Carlos Jorge Ramos Páscoa	
TEN Joana Sofia Guerreiro Pinto	
4. Contributos para a Neutralidade de Carbono na Força Aérea	201
<i>Measures to make the Portuguese Air Force a Carbon Neutral Organization</i>	233
CAP Carlos Miguel Freixo Calaixo	
COR Carlos Jorge Ramos Páscoa	
TEN Joana Sofia Guerreiro Pinto	
Normas para publicação na Revista de Ciências Militares (RCM)	261
Publication Guidelines of the Portuguese Journal of Military Sciences	263
Revisores Científicos a cujo parecer se recorreu no ano transato de 2021	265
Scientific Reviewers who contributed their time and expertise in the last year of 2021	

NOTA EDITORIAL

Com a edição do presente número da **Revista de Ciências Militares** (RCM), e da correspondente versão em inglês, *Portuguese Journal of Military Sciences*, o Instituto Universitário Militar (IUM) dá prosseguimento à difusão da investigação na área das Ciências Militares.

Este décimo nono número da RCM leva à estampa quatro artigos de elevado valor científico, que, tal como os números antecedentes, foram avaliados através de um metódico e severo processo de análise, iniciado com a intervenção da Direção Editorial da revista, seguida pela revisão por pares em regime de duplo anonimato (*double-blind peer review*), equipolente ao realizado pelas melhores revistas científicas (nacionais e internacionais) e de reconhecido prestígio.

O primeiro artigo, enquadrado no estudo das crises e dos conflitos armados, aborda o tema *A pirataria Somali contemporânea: de perigo à navegação regional a problema de segurança internacional*.

Os restantes três artigos, ligados a temáticas da gestão das organizações e do ambiente, em contexto militar analisam:

- *A Gestão de produtos químicos numa vertente de economia circular em contexto militar;*
- *O Potencial de sequestro de carbono da Força Aérea: contributos para a sua otimização;*
- *Os Contributos para a neutralidade de carbono na Força Aérea.*

A todos os leitores, da ampla e diversificada audiência da *Revista de Ciências Militares / Portuguese Journal of Military Sciences*, endereço votos de uma proveitosa leitura.

Tenente-general António Martins Pereira
Comandante do IUM

EDITOR'S NOTE

With this issue of *Revista de Ciências Militares* (RCM) and its translation into English, the **Portuguese Journal of Military Sciences**, the Military University Institute (IUM) continues its mission of publishing scientific studies in the field of Military Science.

The 19th issue of the RCM contains four articles of high scientific value. As always, the articles were screened and reviewed by the journal's Editorial Board and subject to a double-blind peer review, a rigorous process used by all respected scientific journals, both national and international.

The first article, *Somali piracy: from threat to regional shipping to international security problem*, addresses an important topic in the field of *Crises and Armed Conflict*.

The other three articles discuss topics relevant to organizational and environmental management in military contexts:

- *Chemicals management in the military from the perspective of the circular economy*;
- *Optimising the Portuguese Air Force's carbon sequestration potential*;
- *Measures to make the Portuguese Air Force a carbon neutral organization*.

I wish our vast and diverse audience, the readers of the *Revista de Ciências Militares* / *Portuguese Journal of Military Sciences*, an enjoyable reading.

Lieutenant General António Martins Pereira
IUM Commander

ARTIGOS CIENTÍFICOS
SCIENTIFIC ARTICLES

PIRATARIA SOMALI: DE PERIGO À NAVEGAÇÃO REGIONAL A PROBLEMA DE SEGURANÇA INTERNACIONAL

SOMALI PIRACY: FROM THREAT TO REGIONAL SHIPPING TO INTERNATIONAL SECURITY PROBLEM

António Gonçalves Alexandre

Capitão-de-mar-e-guerra da Marinha Portuguesa, na situação de reserva
Licenciado em Ciências Militares pela Escola Naval
Investigador colaborador do Centro de Investigação e Desenvolvimento do
Instituto Universitário Militar
1449-027 LISBOA
amgalexandre527@hotmail.com

Resumo

A pergunta de partida deste artigo está relacionada com o que terá levado a pirataria marítima somali a emergir de “simples” perigo à navegação regional, no Corno de África, a problema de segurança internacional? Barry Buzan, Ole Wæver e Jaap de Wilde, principais teóricos da “Escola de Copenhaga de estudos de segurança”, consideraram, no final do século passado, que um problema de segurança internacional ocorria quando uma determinada questão era apresentada como ameaça existencial a objetos de referência, exigindo medidas de emergência e justificando ações fora dos limites normais do procedimento político. Os objetos de referência analisados no presente artigo foram o transporte marítimo internacional, a liberdade de navegação, a segurança de tripulantes de navios civis em trânsito pelos espaços marítimos do Corno de África, a ajuda humanitária às populações somalis e o meio ambiente marinho naquela região. As conclusões mostram que a pirataria somali se constituiu, de facto, como ameaça existencial a todos os objetos de referência supra elencados, o que conduziu à intervenção, sem precedentes, da comunidade internacional, legitimando o uso da força de Estados e organizações regionais como medida extrema para lhe fazer face.

Palavras-chave: Pirataria marítima; pirataria somali; transporte marítimo; liberdade de navegação; segurança internacional.

Abstract

This article begins by asking why piracy off the coast of Somalia went from being considered a “mere” threat to regional shipping in the Horn of Africa to an international security problem. At the turn of this century, Barry Buzan, Ole Wæver and Jaap de Wilde, the leading theorists of

Como citar este artigo: Alexandre, A. G. (2022). Pirataria Somali: de Perigo à Navegação Regional a Problema de Segurança Internacional. *Revista de Ciências Militares*, maio, X(1), 13-38. Retirado de <https://www.ium.pt/wp-content/uploads/CIDIUM/Lista%20Pt/Lista%20de%20publica%C3%A7%C3%B5es%20Revista%20De%20Ci%C3%A7ncias%20Militares.pdf>

the “Copenhagen School of security studies”, argued that an international security problem emergency measures and actions outside the normal limits of political procedure. The referent objects analysed in this article are: international maritime transport, freedom of navigation, the security of the crews of civilian ships transiting the Horn of Africa, humanitarian aid to Somali populations and the region’s marine environment. The findings revealed that Somali piracy did, in fact, pose an existential threat to all referent objects, and that this led to an unprecedented response by the international community and legitimised the use of force by States and regional organizations as an extreme measure to tackle the problem.

Keywords: *Maritime piracy; Somali piracy; maritime transport; freedom of navigation; international security.*

1. Introdução

Tendo em conta os diferentes *hot spots* da pirataria marítima que emergiram no pós-Guerra Fria, nenhum deles motivou a apreensão causada pelo fenómeno com origem na Somália, por ter colocado em causa vários interesses e motivado uma reação firme da comunidade internacional.

Importa referir, de igual modo, que a pirataria somali se tornou uma questão relevante de investigação académica, sobretudo a partir do início do presente século – o que é facilmente comprovado pela miríade de trabalhos de investigação e artigos científicos produzidos – tendo vindo a contribuir, de forma substantiva, para o discurso geral e debates na Disciplina de Relações Internacionais em diversas especialidades, designadamente, estudos de área, estudos marítimos, direito internacional, criminologia, entre outras.

Neste artigo centrou-se a análise na dimensão securitária de modo a identificar o que levou a comunidade internacional a reagir de forma tão determinada para conter aquele fenómeno, que se assumiu como uma ameaça à segurança em todo o Oceano Índico Ocidental no alvorecer do século XXI.

O conceito-chave do presente estudo é, pois, a segurança. Importa, por conseguinte, começar por proceder à sua definição, o que será feito, de seguida, através das lentes dos mais relevantes teóricos da Escola de Copenhaga¹, cujos princípios se pretende empregar por se considerar que aquela teoria é a que melhor se alinha com este tema ao defender o alargamento do conceito de segurança a outros setores que não apenas o tradicional político-militar e ampliar a aceção de atores para lá dos Estados.

Neste sentido, referiu Buzan (1983) que duas perspetivas dominaram o pensamento sobre a segurança nas relações internacionais ao longo de praticamente todo o século passado: os que favoreciam a abordagem às questões de segurança através do poder e que seguiam

¹ Considerou Mcsweeney (1996, p. 81) que a publicação do livro de Barry Buzan “*People, States and Fears*”, em 1983, foi o ponto de partida para se definir um novo campo no estudo da segurança que viria a ficar conhecido como “Escola de Copenhaga de estudos de segurança”.

o pensamento da tradicional escola realista; e os que adotaram uma abordagem através da paz e que estavam mais associados à escola idealista. Geralmente levavam a posições altamente polarizadas e conflitantes. Dentro deste universo de debate, o conceito de segurança desempenhou, ainda segundo Buzan, um papel subsidiário, uma vez que tendia a ser visto como um derivado do poder, no sentido de que um ator com poder suficiente para alcançar uma posição dominante adquiriria segurança como resultado, ou como consequência da paz, sendo que uma paz duradoura proporcionaria segurança para todos. O conceito de segurança era, todavia, para Buzan, muito mais poderoso e útil do que seu status sugeria e merecia ser elevado para uma posição hierárquica semelhante à dos conceitos de poder e paz (Buzan, 1983).

Buzan, Wæver e Wilde apresentaram, mais tarde, em 1998, no livro *“Security: A New Framework for Analysis”*, uma diferente forma de analisar os estudos de segurança, que passava por examinar o carácter distintivo das dinâmicas de segurança em cinco setores (militar, político, económico, ambiental e societal), por defender que a segurança era um caso particular da política aplicável a uma pluralidade de questões e, consequentemente, por rejeitar a visão tradicional de reduzir o conceito a um único setor (político-militar) (Buzan, Wæver, & Wilde, 1998). Este novo livro veio refletir o sentimento generalizado – existente em meados da década de 1990 – que o sistema internacional pós-Guerra Fria iria ter um carácter muito mais descentralizado e regionalizado.

Como consequência, passaram a existir duas visões distintas sobre os estudos de segurança: a nova, personificada pela corrente que defendeu o alargamento do conceito, centrada nas Pessoas; e a tradicionalista, eminentemente militar e centrada no Estado.

Os defensores desta nova visão procuraram questionar a primazia do elemento militar e do Estado na conceptualização da segurança, tentando ampliar a sua agenda, reivindicando o alargamento do conceito a questões e objetos de outros setores além dos tradicionais político e militar. Já a visão tradicionalista da segurança era eminentemente militar e centrada no Estado. Para os tradicionalistas o conflito militar continuava a ser a chave definidora da segurança. Um argumento-chave amiúde utilizado pelos defensores desta visão era que a ampliação progressiva poderia pôr em perigo a coerência intelectual da segurança, colocando nela uma ênfase tal que o seu significado essencial se tornaria inexoravelmente vazio (Buzan, Wæver, & Wilde, 1998).

Buzan e Wæver (2003, pp. 6-7) identificaram, alguns anos depois, aquelas que consideraram ser as três principais perspetivas teóricas sobre a estrutura de segurança internacional pós-Guerra Fria: neorrealista, globalista e regionalista. A perspetiva neorrealista era, segundo aqueles teóricos, amplamente compreendida, uma vez que se centrava no Estado e assentava no pressuposto da polaridade do poder. No que tange à perspetiva globalista, esta era comumente percebida como a antítese do realismo (e do neorrealismo) estático na estrutura² do sistema internacional, fundando-se nas abordagens da economia política internacional, transnacional e cultural. A perspetiva regionalista foi, das três, a escolhida por

² Termo cunhado por Kenneth Waltz (1979) para definir as partes de um sistema e como as partes se diferenciam umas das outras.

Buzan e Wæver (2003, p. 10), já que consideraram que no mundo pós-Guerra Fria o nível regional seria o que mais se destacaria como local de conflito e cooperação para os Estados e como foco de observação para os académicos que procuravam investigar as questões de segurança contemporâneas.

Mas que qualidade faz de um determinado assunto uma questão de segurança nas relações internacionais? A segurança internacional está firmemente enraizada nas tradições da política do poder e o uso de medidas de exceção é legitimado pela essência das ameaças com que é confrontada. Neste sentido, a exoração da segurança tem-se constituído como meio preferencial para justificar a utilização da força e para o Estado se arregimentar e desenvolver políticas distintas para enfrentar ameaças existenciais (Buzan, Wæver, & Wilde, 1998). Tradicionalmente, a evocação de “segurança” tinha implícita uma declaração de emergência por um decisor político que, desse modo, reclamava o direito de empregar os meios necessários para sitiar qualquer desenvolvimento ameaçador (Wæver, 1995, p. 8). Em síntese, uma questão é considerada como problema de segurança internacional porque pode alegar-se que é mais importante do que outras e deve, por isso, ser absolutamente prioritária. É nesse sentido que a questão em causa é tida como uma ameaça existencial (Buzan & Wæver, 2003, pp. 23-24).

Por outro lado, uma outra pergunta emerge: de que segurança se pode falar? Importa ter presente que sem um objeto de referência não existem ameaças e discussões sobre segurança, por inexistência de algo para proteger. É necessário, por conseguinte, que existam objetos de referência. Durante décadas a resposta dominante foi que, ao pensar-se sobre segurança internacional, os Estados eram os únicos objetos de referência (Williams, 2008), embora a abertura da agenda de segurança pós Guerra-Fria tenha trazido novos (e diversificados) objetos de referência, entre outros, pessoas e organizações ou ecossistemas.

Neste enquadramento, o facto de a liberdade de navegação ter sido fortemente condicionada afetou o comércio marítimo internacional. A rota marítima entre a Europa e América do Norte e a Ásia, através do Cabo da Boa Esperança, embora mais longa, assumiu-se como alternativa ao Canal do Suez para vários navios mercantes, essencialmente por ser mais segura, implicando, todavia, um substancial aumento do custo dos fretes. Por outro lado, os incidentes de pirataria contra navios mercantes fretados pelo *World Food Programme* (WFP) que transportavam mantimentos para as carenciadas populações da Somália lesou-as significativamente já que as privou de bens essenciais para a sua sobrevivência, tendo afetado, por conseguinte, a sua segurança. O recrudescimento da pirataria somali veio agravar, mais ainda, a já extremamente precária situação de segurança na região, colocando em causa a livre circulação de pessoas e de bens, fazendo emergir na agenda internacional questões relacionadas com a segurança e bem-estar de cidadãos, sobretudo dos que exerciam atividades ligadas ao mar, o que conduziu à tomada de medidas pela comunidade internacional.

O presente estudo centra-se na ameaça corporizada pela pirataria somali desde 1993 (ano em que foram relatados os primeiros incidentes) até 2015 (ano em que o fenómeno ficou controlado), nos espaços marítimos do Corno de África e foca-se nos setores mais afetados pela ação dos diferentes grupos de piratas: comércio marítimo internacional, liberdade de navegação, pessoas (marítimos e populações somalis) e meio ambiente marinho.

Pretende-se defender a tese de que foi a natureza dos objetos de referência colocados em causa por aquela ameaça que a levou a ser considerada como existencial pelos decisores e a assumir-se como relevante questão de segurança internacional.

Nestas circunstâncias, o estudo incidirá sobre os objetos de referência ameaçados pela pirataria com origem na Somália, na região do Corno de África, entre 1993 e 2015, designadamente, o transporte marítimo internacional, a liberdade de navegação naqueles espaços marítimos, a segurança de tripulantes de navios civis em trânsito pela região em causa, a segurança das populações somalis ávidas de apoio humanitário de emergência, a segurança do meio ambiente marinho – muito suscetível a qualquer derrame de petróleo ou de produtos derivados – que pudesse resultar da ação dos grupos de piratas e a segurança económica de muitos Estados do Oceano Índico Ocidental fortemente dependentes das indústrias da pesca e do turismo marítimo.

O estudo segue um raciocínio eminentemente indutivo e uma estratégia de investigação qualitativa, sendo as pesquisas documental e bibliográfica as técnicas de investigação utilizadas (Santos & Lima, 2019).

Em termos de estrutura, para além da presente introdução, o presente artigo é constituído por mais quatro capítulos e pelas conclusões. O segundo capítulo aborda os aspetos relativos à influência da pirataria somali no objeto de referência constituído pelo comércio marítimo internacional. O terceiro capítulo centra-se no efeito do fenómeno da pirataria somali no objeto de referência formado pela liberdade de navegação nos espaços marítimos do Corno de África. O quarto capítulo foca-se no objeto de referência representado pela segurança das pessoas afetadas pela pirataria somali – os marítimos que usavam o mar de forma lícita e as populações somalis necessitadas de ajuda alimentar internacional. O quinto capítulo cinge-se ao objeto de referência relacionado com a (in)segurança para o meio marinho resultante de potenciais derrames de hidrocarbonetos em virtude de ataques de grupos de piratas aos inúmeros navios de transporte destes produtos que diariamente cruzavam aqueles espaços e ao impacto da pirataria em setores tão relevantes para os Estados ribeirinhos do Oceano Índico Ocidental como eram a pesca e o turismo.

2. O impacto da pirataria somali no comércio marítimo internacional

A pirataria tem estado, ao longo dos séculos, umbilicalmente ligada ao comércio marítimo, nas diferentes regiões do globo onde se manifestou. Pretende-se neste capítulo analisar, em concreto, a influência da pirataria somali no comércio marítimo internacional no Corno de África, nos primeiros anos do século XXI.

Neste sentido, importa ter presente que a pirataria é, acima de tudo, um fenómeno económico para aqueles que a praticam, em que o lucro é o objetivo principal. Esta dimensão económica é importante para melhor entender a manifestação e a dinâmica evolutiva da pirataria, em sentido lato, bem como para a distinguir do terrorismo marítimo, que visa principalmente minar o ambiente oceânico para garantir imperativos políticos, ideológicos ou religiosos (Chalk, 2009).

A pirataria tem, ainda, um impacto económico direto em termos de fraudes, cargas roubadas e atrasos nas viagens e pode, ademais, prejudicar a capacidade comercial dos Estados ribeirinhos. Peter Chalk afirmou, a propósito, em 2009, que o custo anual geral da pirataria somali para a indústria marítima podia ser estimado, nesse ano, entre 1 bilhão e 16 bilhões de dólares norte-americanos (US\$). O número real podia ser, todavia, francamente maior, sobretudo se fossem contabilizadas – e incluídas – as despesas ocorridas com a implementação dos enormes esforços de mitigação do fenómeno, “dado o caráter sem precedentes da resposta internacional à pirataria com origem na Somália” (Chalk, 2009, p. 1).

Um relatório de 2013, do Banco Mundial, referiu expressamente que os custos impostos pelos piratas somalis na economia global eram tão altos que a mobilização internacional para erradicar a pirataria no Corno de África não apenas trouxe benefícios para a segurança global, como também teve vincada influência em termos económicos (The World Bank, 2013). Uma das principais constatações veiculadas pelo relatório suprarreferido foi que a pirataria impôs uma distorção ao comércio com elevado custo absoluto. Quando a rota marítima mais curta entre dois países é através de águas “contaminadas” por piratas, o custo adicional do comércio marítimo entre eles equivale, ainda segundo o mesmo relatório, a um aumento entre 0,75 e 1,49 pontos percentuais (com uma estimativa média de cerca de 1,1) nos custos comerciais totais. Em termos absolutos, o impacto foi deveras significativo: tendo como referência o ano 2010, cerca 1,62 trilhões de US\$ em comércio global transitou através de rotas afetadas pela pirataria, sendo que nesse ano a pirataria somali custou à economia global 18 bilhões de US\$, ainda que com uma margem de erro significativa (6 bilhões de US\$). Se a pirataria continuasse a influenciar negativamente o comércio global como tinha feito nesse ano, quantias semelhantes seriam inevitavelmente perdidas em cada ano (The World Bank, 2013).

Estes valores estão, de alguma forma, em linha com outras previsões, designadamente do programa *Oceans Beyond Piracy* (OBP), da fundação *One Earth Future* (OEF), que no seu relatório “*The Economic Cost of Maritime Piracy*”, também de 2010, referiu a dificuldade em apurar os custos totais da pirataria, sendo que alguns dos estudos apresentados se tinham concentrado principalmente em abordar os custos de primeira ordem (OBP, 2010a). Mas existiam encargos secundários adicionais, como os efeitos sobre o investimento estrangeiro em determinados países ribeirinhos, ou os que resultavam da inflação de preços motivada pela pirataria. O OBP apresentou os seus cálculos relativos ao custo total da pirataria na região do Corno de África no ano de 2010: entre os sete e os 12 bilhões de US\$.

Um outro relatório – *The Maritime Security Market 2010-2020: Piracy, Shipping & Seaports* – considerou, por seu lado, que os gastos globais com a segurança marítima, ainda em 2010, tinham totalizado 15,4 bilhões de US\$, atenta a crescente ocorrência de atos de pirataria contra ativos de elevado valor comercial, como eram os navios porta-contentores e de transporte de petróleo e gás (Industry Report, 2010).

Estes relatórios de 2010, ainda que com algumas discrepâncias nos dados apresentados, mostram, de forma inequívoca, os significativos custos para a economia global que resultaram do fenómeno da pirataria marítima nesse ano – um dos mais críticos na região do Corno de África.

O comércio marítimo com os países da África Oriental, entre 2008 e 2012, foi obviamente bastante afetado. Se se tomar como exemplo as opções possíveis para navegar de Liverpool, no Reino Unido, para Mombaça, no Quênia, constata-se que uma delas, a rota mais curta, com 6.363 milhas marítimas (sendo que uma milha marítima equivale a 1852 metros), seria via Estreito de Gibraltar e Canal do Suez, o que expunha, no entanto, os navios mercantes à ameaça da pirataria somali. A segunda opção seria utilizar a rota através do Cabo da Boa Esperança – o que, no entanto, tornava a travessia francamente mais longa, com 8.981 milhas marítimas. Apesar de ser perto de 30% mais extensa, esta última rota não estava sob ameaça dos grupos de piratas somalis – uma vez que, naqueles anos, o fenômeno afetava sobretudo a navegação em trânsito pela costa Leste da Somália, pelo Golfo de Áden, pelo Mar Vermelho e pelo Mar Árábico Ocidental – ainda que o ataque mais a sul registado tenha ocorrido em pleno Canal de Moçambique, no dia 28 de dezembro de 2010 (Global Security, 2017). A Figura 1 mostra as duas opções em causa.



Figura 1 – Rotas marítimas entre Liverpool e Mombaça

Fonte: The World Bank (2013).

Um outro exemplo, evidenciado na Figura 2, consiste em comparar duas rotas entre Marselha, em França, e Sydney, na Austrália. A rota pelo Canal do Suez tem uma extensão de 10.381 milhas marítimas; já a rota através do Cabo da Boa Esperança é quase 20% mais longa, uma vez que tem 12.217 milhas marítimas.



Figura 2 – Rotas marítimas entre Marselha e Sydney

Fonte: The World Bank (2013).

Os custos com o transporte através destas rotas alternativas eram, naturalmente, maiores. Segundo Jack Lang, à data conselheiro especial do Secretário-geral das Nações Unidas para assuntos legais relativos à pirataria somali, em relatório de 24 de janeiro de 2011, endereçado ao Conselho de Segurança das Nações Unidas (CSNU), a utilização da rota do Cabo da Boa Esperança, em alternativa à rota através do Canal do Suez, implicava adicionar, em média, cerca de 10 dias aos trânsitos, aumentando, assim, os custos de combustível entre 800.000 e 2,7 milhões de US\$ em cada viagem – dependendo das dimensões e características dos navios mercantes (Lang, 2011).

O relatório do Banco Mundial de 2013, acima mencionado, apresentou uma nomenclatura de rotas marítimas através do Oceano Índico Ocidental, dividindo-as em função dos espaços que podiam ser afetados pela pirataria somali: na definição “estreita” eram incluídos o Golfo de Áden, o Mar Vermelho, a costa Leste da Somália e a metade Ocidental do Mar Árábico – áreas geográficas onde a esmagadora maioria dos ataques realmente ocorreram; já a definição “ampla” expandia o conjunto de rotas potencialmente afetadas pelo fenómeno, cobrindo, além das que constavam na definição estreita, a totalidade do Mar Árábico e os países do sul da costa Oriental de África – incluindo, por conseguinte, todas as rotas de navegação de (e para) a África Oriental, Golfo Pérsico, Paquistão e costa Ocidental da Índia. Com base nesta classificação, o relatório em causa avançou que 11,2% do comércio marítimo internacional em trânsito pelas áreas correspondentes à nomenclatura “estreita” teria sido afetado pela pirataria somali. Expandindo a área em causa, usando agora a definição “ampla”, o comércio afetado subia para 15,2% (The World Bank, 2013, pp. 18-19).

Importa referir, ainda, que naquela altura o Canal do Suez era atravessado por 22.000 a 25.000 navios/ano, muitos dos quais cruzavam igualmente o Estreito de Bab el-Mandeb – que liga o Mar Vermelho ao Golfo de Áden (e ao Oceano Índico). Adicionalmente, grande parte das exportações de energia do Golfo Pérsico que circulava pelo Canal do Suez e pelo *Suez-Mediterranean (SUMED) pipeline* fazia-o através daquele estreito. Em 2011, todos os dias

3,3 milhões de barris de petróleo eram transportados pelo Estreito de Bab-el-Mandeb (Lang, 2011, p. 17), que Nick Cunningham (2018) considerou como um dos quatro *chokepoints*³ críticos para o comércio global do petróleo – sendo os restantes três o Estreito de Ormuz, o Estreito de Malaca e o Canal do Suez. Ainda em 2011, e segundo dados da *U.S. Energy Information Administration* (EIA), 62,5% da produção de petróleo e produtos derivados foram transportados por via marítima e cerca de 6% desse valor transitou pelo Estreito de Bab el-Mandeb (EIA, 2017).

Como resultado, a livre circulação ao longo daquela relevante rota marítima crítica continuava a ser de grande importância económica para a comunidade internacional. Os incidentes de pirataria eram não apenas dispendiosos para o setor do transporte marítimo internacional de petróleo e gás, como poderiam mesmo, no limite, colocar em causa a segurança energética global (por interrupção parcial ou total da circulação daqueles produtos através do Estreito de Bab el-Mandeb).

Por outro lado, a segurança alimentar global – muito sustentada pelo comércio internacional de diversas culturas como o milho, trigo, arroz ou soja e de fertilizantes para a agricultura – está fortemente dependente de rotas marítimas seguras, em particular as que cruzam *chokepoints*. De acordo com um relatório da Chatham House, de 2017, uma interrupção séria de um desses pontos de estrangulamento era capaz de levar a déficits de oferta e picos de preços, com consequências sistémicas passíveis de ir além dos mercados de alimentos. Interrupções menos graves levavam, pelo menos, ao aumento de atrasos na entrega dos produtos e ao acréscimo dos custos do transporte marítimo, restringindo a capacidade de resposta dos mercados e contribuindo para uma maior volatilidade e preços mais elevados (Bailey & Wellesley, 2017).

O mesmo relatório da Chatham House identificou 14 *chokepoints* críticos para a segurança alimentar global, entre os quais figura o Estreito de Bab el-Mandeb, conforme mostra a Figura 3, o que reforçava a evidência de ser necessário garantir a segurança da navegação mercante através daquele estreito, face à ameaça protagonizada pelos grupos de piratas somalis que atuavam a partir da Puntlândia (Nordeste da Somália).

³ São pontos de estrangulamento no domínio marítimo que causam congestionamento natural à navegação através de importantes vias navegáveis estratégicas. Os valores geoestratégicos e geoeconómicos desses pontos residem nas consequências geradas pelo seu bloqueio, o que pode forçar ao uso de rotas marítimas alternativas – usualmente mais dispendiosas – e em caso de controlo por uma potência hostil implica a necessidade de alocação de recursos (e custos) adicionais para reaver o seu controlo e garantir o seu uso pelas diferentes nações (Popescu, 2017).



Figura 3 – Chokepoints críticos para a segurança alimentar global

Fonte: Bailey e Wellesley (2017).

Em síntese, a pirataria com origem na Somália no dealbar do século XXI provocou forte inquietação no transporte marítimo internacional na região do Corno de África. Como uma parcela significativa dos fluxos do comércio global – em particular de energia – passa por aqueles espaços marítimos, aquele fenómeno assumiu-se mesmo como uma força potencialmente disruptora do comércio mundial e uma ameaça real à segurança energética global. Pode-se, pois, concluir que o comércio marítimo internacional foi um dos objetos de referência colocados em causa pela ameaça existencial corporizada pela pirataria somali.

3. A influência da pirataria somali na liberdade de navegação no Oceano Índico Ocidental

Referiu James Caponiti, quadro da administração marítima no departamento de transportes norte-americano, em fevereiro de 2009, perante o subcomité da guarda costeira e transporte marítimo do comité de transportes e infraestruturas da Câmara dos Representantes, que os atos de pirataria ameaçavam a liberdade de navegação e o fluxo de comércio ao largo do Corno de África, e eram responsáveis pela interrupção do fluxo de abastecimentos humanitários críticos às populações somalis (Caponiti, 2009).

Ainda segundo Caponiti, o Golfo de Áden assumia-se, naquela data, como uma das regiões marítimas mais movimentadas do mundo. Muitos dos navios que aí transitavam eram, por conseguinte, alvos potenciais dos grupos de piratas, em particular os mais vulneráveis – os mais fáceis de interceptar e abordar –, na maioria dos casos navios com baixa borda livre – distância entre o convés superior e a linha de água –, com tonelagem média a alta e que transitavam a velocidades inferiores a 15 nós⁴ (Chalk, 2010). Nos primeiros anos deste século, cerca de 80% dos navios que transitavam pelo Golfo de Áden transportavam carga com destino e origem na Europa, África Oriental, Sul da Ásia e Extremo Oriente. No entanto, uma percentagem significativa de carga também tinha como origem ou destino os EUA (Caponiti, 2009).

⁴ Um nó = uma milha marítima / hora = 1 852 metros / hora.

Neste enquadramento, pretende-se neste capítulo analisar a liberdade de navegação nos espaços marítimos do Corno de África, essencial para a salvaguarda das necessidades das nações, das empresas e das pessoas em diferentes continentes, devido aos elevados volumes de energia, mas também de cereais, de produtos químicos, de produtos manufaturados, de metais e minerais que eram transportados por mar (Bailey & Wellesley, 2017).

De acordo com o relatório do OBP, de 2010, referido no capítulo anterior, aproximadamente 80% do comércio mundial transitava, naquela época, por mar, representando perto de 93.000 navios mercantes, 1,25 milhões de marítimos e quase seis biliões de toneladas de carga. Segundo o mesmo relatório, o comércio marítimo tinha sensivelmente dobrado a cada década desde o fim da Segunda Guerra Mundial. O OBP identificou, ainda, os principais custos diretos da pirataria, que incluíam: os resgates pagos pela libertação de tripulantes e de navios sequestrados; o aumento dos prémios de seguros – devido ao facto dos espaços marítimos do Corno de África terem sido considerados “zonas de guerra” pela indústria seguradora –; o incremento do volume de equipamentos de segurança e dissuasão a bordo dos navios mercantes; a utilização de rotas alternativas (que se abordou no capítulo anterior); as operações militares contra pirataria realizadas na região; os processos na justiça contra os piratas detidos; e o empenhamento de organizações dedicadas à redução da pirataria somali (OBP, 2010a).

Focando a análise em alguns dos mais sonantes custos diretos antes mencionados, os resgates eram muito procurados por piratas somalis e era mesmo um dos fatores que claramente diferenciava este *hot spot* dos demais existentes. De facto, nas outras regiões onde o fenómeno existia os piratas procuravam sobretudo roubar os navios (incluindo os marítimos embarcados) ou as cargas transportadas, em vez de procederem ao seu sequestro, mantendo os tripulantes em cativeiro a aguardar pelo pagamento dos resgates negociados. Este *modus operandi* da pirataria somali – que se abordará em pormenor no capítulo seguinte – acarretava, porém, invulgares ameaças à integridade física dos marítimos reféns, pondo mesmo em causa, no limite, a sua vida. A título de exemplo, importa referir que o valor médio pago por resgate foi, em 2010, de 5,4 milhões US\$ (OBP, 2010a). Nos anos de 2009 e 2010, o custo total suportado pelos armadores no pagamento de resgates foi de 415 milhões US\$, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Custo dos resgates em 2009 e 2010

	Valor médio por resgate	Nº total de sequestros de navios no Corno de África	Custo total dos resgates
2009	3,4 milhões US\$	52	177 milhões US\$
2010	5,4 milhões US\$	44	238 milhões US\$
	Custo total em 2009 e 2010		415 milhões US\$

Fonte: Adaptado a partir de OBP (2010a).

Por outro lado, e em reação à crescente ameaça dos grupos de piratas nos espaços marítimos do Corno de África e ao custo subsequente dos resgates, a indústria dos seguros marítimos interveio de forma clara, aumentando francamente taxas e prémios, especialmente nas zonas designadas de risco elevado de pirataria. A Figura 4 mostra a área de risco elevado definida pelo *United Kingdom Maritime Trade Operations* (UKMTO) naqueles espaços marítimos, em 2015. Esta área chegou a ser francamente maior nos anos mais intensos da pirataria somali (2008 a 2012). Todos os navios que transitassem por aquela área viam os seus prémios de seguros francamente agravados.

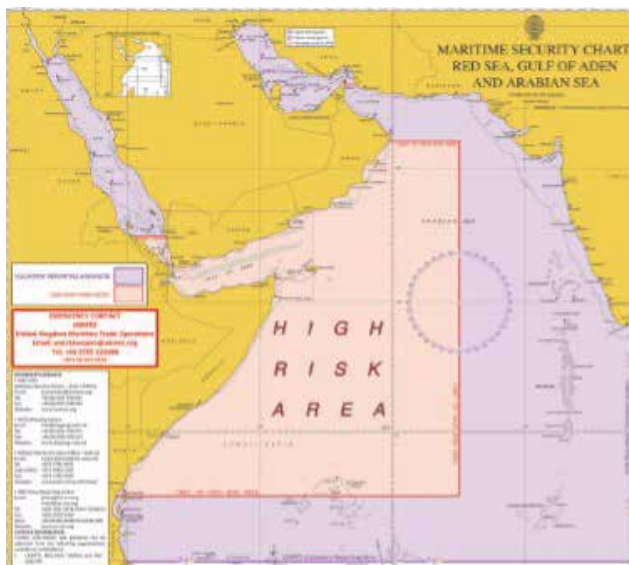


Figura 4 – Admiralty Maritime Security Chart Q6099 com área de risco elevado

Fonte: Maritime Cyprus (2015).

O seguro de transporte era dividido em quatro áreas principais: risco de guerra, sequestro e resgate, carga e seguro de casco. O seguro de risco de guerra era uma taxa adicional para qualquer navio em trânsito na mencionada área de risco elevado de pirataria. O custo dos prémios de risco de guerra foi agravado 300 vezes, em 2010, passando de 500 US\$ por navio, por viagem, até 150.000 US\$. Relativamente aos prémios de sequestro e resgate, estima-se que tenham aumentado dez vezes entre 2008 e 2009. Em relação aos prémios de seguros de cargas, em média cresceram quatro vezes e os seguros de casco aumentaram para o dobro (OBP, 2010a). O Quadro 2 mostra, a título de exemplo, os valores estimados de custo de sobretaxas de prémios de seguros (considerando apenas os de maior relevo, como eram os riscos de guerra e de sequestro e resgate) para os navios em trânsito no Corno de África em 2010.

Quadro 2 – Custo de sobretaxas de prêmios de seguros de navios em trânsito no Corno de África em 2010

	2010
Sobretaxa de prêmio de risco de guerra	4,05 bilhões US\$
Sobretaxa de sequestro e resgate	0,54 bilhões US\$
Custos totais estimados com seguros (no caso limite de serem assumidos pela totalidade dos navios em trânsito pelo Golfo de Áden)	4,59 bilhões US\$

Fonte: Adaptado a partir de OBP (2010a).

No modelo veiculado pelo OBP, os custos apresentados no Quadro 2 foram obtidos considerando o valor médio anual de navios mercantes em trânsito pelas rotas marítimas tradicionais do Corno de África (30.000), ao qual foram retirados 10% (que o OBP estimou ter sido o valor médio de navios que passou a demandar a rota do Cabo da Boa Esperança em detrimento da rota do Canal do Suez).

Mas também os armadores desenvolveram esforços tendentes a proteger os seus navios e tripulações dos ataques de piratas, designadamente através da inclusão de uma plêiade de equipamentos de segurança e/ou pessoal dedicado, antes da entrada na área de risco elevado. O modelo seguido pelo OBP estimava que se um navio civil adquirisse todos os equipamentos de segurança e pessoal especializado, pagaria, em média, cerca de 134.000 US\$ por trânsito no Corno de África (OBP, 2010a). O Quadro 3 elenca os principais equipamentos de segurança utilizados pelos navios mercantes em trânsito pelas áreas de risco elevado ao largo da Somália, nos anos 2009 e 2010, bem como os custos adicionais – aqui incluídos os relativos à contratação de equipas de segurança privada.

Quadro 3 – Custos relativos a equipamentos de dissuasão e emprego de equipas de segurança privada

Equipamentos	Custo
Segurança armada privada	80.000 US\$
Sistemas de dissuasão sonoros	1.250 US\$
Barreiras de arame farpado	12.000 US\$
Sacos de areia	1.200 US\$
Cercas elétricas	40.000 US\$
Total por navio, por trânsito	134.450 US\$
Custos totais relativos ao incremento da segurança da navegação mercante, por ano (no caso de todos os navios em trânsito pelo Golfo de Áden aderirem)	3,6 bilhões US\$

Fonte: Adaptado a partir de OBP (2010a).

O emprego de equipas de segurança privada a bordo de navios civis foi, todavia, alvo de acesa controvérsia pelo potencial uso de violência descontrolada contra utilizadores lícitos do mar (por exemplo pescadores, que amiúde se confundiam com os piratas, sobretudo

por utilizarem o mesmo tipo de embarcações). Outro argumento contra a utilização dessas equipas esteve relacionado com o facto de várias empresas dedicadas a essa atividade ainda precisarem de desenvolver regras de atuação claras e aconselhamento jurídico adequado sobre as consequências legais de abrir fogo contra suspeitos de crimes, perpetrados no mar, já que a morte ou lesão acidental como resultado de uma troca de tiros exporia os seus originadores a reivindicações de responsabilidade potencialmente incapacitantes ou mesmo a acusações criminais. Por outro lado, muitos Estados não permitiam, no seu enquadramento jurídico, que navios com grupos de segurança privada armada entrassem nas suas águas territoriais, entendendo que isso contrariava o “direito de passagem inofensiva” definido na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (Resolução da Assembleia da República nº 60-B/97, 1997). Por fim, estas equipas privadas eram geralmente muito dispendiosas e a sua utilização tinha associado o potencial de desencadear uma corrida ao armamento com os grupos de piratas – ainda que inadvertidamente –, podendo colocar potencialmente em risco ainda mais elevado os navios civis que era suposto protegerem, caso ocorressem trocas de disparos com as embarcações atacantes (Chalk, 2010).

O transporte marítimo internacional tinha, nestas circunstâncias, basicamente duas linhas de ação possíveis para fazer face aquele fenómeno: evitar a área de risco elevado, redireccionando os navios pelo Cabo da Boa Esperança; ou aceitar continuar a operar na área em causa, embora ciente da enorme ameaça dos grupos de piratas sedeados na costa somali. O redireccionamento podia ser uma opção viável para cargas de menor valor, como por exemplo o transporte de carga a granel. No entanto, para bens de consumo de alto valor ou itens necessários para fabricação *just-in-time*, o atraso adicional podia ser simplesmente inaceitável para o remetente (U. S. Department of Transportation, 2008).

Em síntese, é possível afirmar que a liberdade de navegação nos espaços marítimos do Corno de África foi claramente posta em causa pelos ataques de grupos de piratas oriundos da Somália. Os armadores que optaram por manter a utilização da rota do Canal do Suez pelos seus navios, tiveram, todavia, que incrementar francamente a sua segurança física. Uma opção possível consistia no uso de equipas de segurança privada que pudessem oferecer valor dissuasor suficiente perante os grupos de piratas. Porém, e como ficou patente neste capítulo, os custos potenciais de contratação dessas empresas poderiam superar largamente os benefícios, pelo que a respetiva utilização foi vista com alguma parcimónia, sobretudo por alguns Estados de bandeira dos navios mercantes. Aos custos (elevados) de quem optava por esta solução, somavam-se os que resultavam da implementação de medidas de segurança física adicionais a bordo e do aumento dos prémios de seguros dos navios em trânsito por aquela região. Conclui-se afirmando que a liberdade de navegação ao largo da Somália foi mais um dos objetos de referência colocados em causa pela pirataria somali no dealbar deste século.

4. A importância da pirataria somali na (in)segurança de marítimos e populações

Os perigos associados à pirataria marítima são complexos e multifacetados. No nível mais básico, os ataques constituem uma ameaça direta à vida e ao bem-estar dos cidadãos

de vários Estados que constituem as tripulações dos navios civis. Além do risco de morte ou de ferimentos, muitos dos marítimos que foram submetidos a ataques de piratas sofreram traumas mentais consideráveis, o que levou mesmo a que alguns deles tivessem optado por não regressar ao mar (Chalk, 2009).

Por outro lado, importa ter presente as difíceis condições de vida da maioria da população somali, que se agravaram na sequência do tsunami que no final de dezembro de 2004 se abateu sobre a região. Devastou, em particular, a costa da Puntlândia entre Hafun e Garacad e provocou a ruína de inúmeras famílias. Nestas circunstâncias, a ajuda humanitária de emergência era fundamental para evitar uma verdadeira catástrofe e para isso era necessário garantir a inexistência de ataques bem-sucedidos de grupos de piratas aos navios mercantes que procediam ao transporte desse apoio (Lang, 2011).

Neste capítulo será abordada a influência da pirataria com origem na Somália na (in)segurança das pessoas – tanto dos tripulantes dos navios civis em cativeiro quanto das populações somalis necessitadas de ajuda alimentar de emergência.

Assim, importa ter presente que só entre dezembro de 2008 e dezembro de 2010 os diferentes grupos de piratas somalis mantiveram 1900 pessoas reféns, oriundas de 105 navios civis sequestrados, tendo o período médio de cativeiro sido de 120 dias. Algumas vítimas – que amiúde eram usadas como escravos e, simultaneamente, escudos humanos para prevenir tentativas de resgate dos navios sob controlo de piratas por forças especiais dos Estados envolvidos no combate aquele fenómeno – sofreram traumas tão profundos que mesmo depois de libertadas preferiram não testemunhar sobre os excessos, de índole diversa, cometidos pelos piratas durante o período do seu cativeiro (Lang, 2011).

A Tabela 1 mostra, de acordo com dados da *Internacional Maritime Organization* (IMO) – agência especializada da ONU dedicada exclusivamente às questões marítimas –, os crimes perpetrados pelos grupos de piratas contra os tripulantes de navios civis em trânsito pelos espaços marítimos do Corno de África, nos anos 2008 e 2009.

Tabela 1 – Crimes cometidos contra marítimos em 2008 e 2009

Crimes cometidos por piratas contra marítimos	2008	2009
Marítimos assassinados	6	8
Marítimos feridos	42	59
Marítimos reféns	774	746
Marítimos desaparecidos	38	9

Fonte: Adaptado a partir de IMO (2010).

O *International Maritime Bureau* (IMB) – divisão especializada da *International Chamber of Commerce* (ICC) – foi edificado em 1981 para atuar como um ponto focal na luta contra todos os tipos de crimes marítimos (ICC, 2022). Nos anos de maior atividade dos piratas somalis (2008 a 2012), produzia relatórios detalhados sobre os respetivos ataques e disponibilizava-os ao público – através do *Piracy Reporting Centre* (PRC), que mantinha uma vigilância permanente sobre as rotas marítimas globais. Os relatórios em causa classificavam aqueles

ataques em quatro categorias – os que eram simplesmente tentados, os que ocorriam com utilização de disparos de armas de fogo mas sem abordagem, os que originaram abordagem mas sem sequestro e os que resultaram em sequestro efetivo – mas não contabilizavam toda a gama de crimes cometidos contra as pessoas feitas reféns, durante o seu período de cativeiro.

Nestas circunstâncias, o OBP optou por reestruturar o formato de relatório de modo a incluir a violência cometida nesses períodos, dividindo os tipos de trauma que os marítimos enfrentavam em diferentes categorias, de complexidade e perigosidade crescente, de acordo com a Figura 5.



Figura 5 – Categorias de violência contra marítimos

Fonte: Adaptado a partir de OBP (2010b).

Tendo como referência o ano 2010 – no qual ocorreu o maior número de incidentes de pirataria no Corno de África –, observar-se-á, em seguida, o grau de violência dos piratas em cada uma das categorias elencadas na Figura 5. O menos violento – correspondente aos marítimos simplesmente atacados – registou, naquele ano, 119 navios civis com 2.753 tripulantes alvos dos piratas (OBP, 2010b). A Tabela 2 mostra os perigos físicos e psicológicos primários que, segundo o OBP, poderiam advir para os marítimos embarcados em resultado de tais ataques.

Tabela 2 – Perigos para os marítimos em resultado de ataques de piratas

Perigos físicos primários	Perigos psicológicos primários
Utilização de armas de fogo e explosivos pelos grupos de piratas	Experiência de ameaça durante o ataque
Abuso ou violência caso os piratas obtivessem acesso aos navios	Medo e incerteza sobre o sucesso dos piratas no ataque
	Potencial exposição à experiência de combate com utilização de armas de fogo

Fonte: Adaptado a partir de OBP (2010b).

A segunda categoria na escala da violência – tripulação reunida na cidadela dos navios – estava relacionada com a necessidade de, em caso de ataque bem sucedido, os marítimos correrem o risco de virem a ter um encontro direto com piratas. Em linha com o estipulado nas *Best Management Practices* (BMP) – um manual que identifica práticas diversas para serem adotadas pela navegação mercante em trânsito por áreas de risco elevado de ataques de pirataria –, devia ser definido um espaço seguro – a referida cidadela – onde a tripulação pudesse esconder-se e aguardar uma eventual intervenção de meios do poder militar no mar de Estados em missão na região. Nesse ano de 2010, o OBP identificou 342 tripulantes de 19

navios civis que se refugiaram nas respetivas cidadelas em resultado de ataques concretizados por grupos de piratas (OBP, 2010b). A Tabela 3 identifica os perigos físicos e psicológicos primários daí resultantes.

Tabela 3 – Perigos para os marítimos refugiados nas cidadelas dos navios face a ataques de piratas

Perigos físicos primários	Perigos psicológicos primários
Inalação de fumos em resultado de tentativas de piratas entrarem na cidadela	Prolongamento da experiência de ameaça vivenciada durante o ataque
Abuso ou violência caso os piratas conseguissem aceder à cidadela	Medo acrescido sobre o sucesso dos piratas no ataque e ações subsequentes

Fonte: Adaptado a partir de OBP (2010b).

A categoria seguinte reunia os marítimos que eram capturados e feitos reféns pelos piratas somalis. Corresponde ao terceiro grau da Figura 5. Em 2010, segundo dados do OBP, 53 navios civis foram sequestrados pelos diferentes grupos de piratas oriundos da Somália e 1090 tripulantes foram mantidos em cativeiro a aguardar o desenvolvimento de negociações entre os piratas e os armadores para acerto do pagamento dos resgates para a sua libertação (OBP, 2010b). A Tabela 4 elenca os principais perigos físicos e psicológicos primários para os marítimos feitos reféns, elencados pelo OBP.

Tabela 4 – Perigos para os marítimos mantidos em cativeiro por grupos de piratas

Perigos físicos primários	Perigos psicológicos primários
Violência física exercida pelos piratas	Inexistência de controlo sobre a própria vida
Má nutrição	Sentido de perigo permanente e duradouro
Falta de acesso a medicamentos ou cuidados básicos de saúde	Incapacidade de contactar a família por períodos prolongados de tempo

Fonte: Adaptado a partir de OBP (2010b).

O último patamar da Figura 5 é o de maior grau de violência associada e está relacionado com o número de marítimos que eram abusados ou utilizados como escudos humanos. Os abusos eram tanto de ordem física (que variavam deste a privação de água ou de alimentos até espancamentos) quanto psicológica (como intimidações com recurso a armas de fogo ou através da implementação de períodos de confinamento solitário). Dados do OBP referem que, nesse ano de 2010, 488 marítimos de 21 navios sofreram abusos diversos e 516 foram mesmo forçados a colaborar com os piratas – como escudos humanos. A Tabela 5 resume os principais perigos físicos e psicológicos daí resultantes.

Tabela 5 – Perigos para os marítimos abusados e utilizados como escudos humanos por piratas

Perigos físicos primários	Perigos psicológicos primários
Abusos físicos e psicológicos exercidos pelos piratas	Ameaças de morte ou execuções simuladas
Tortura e risco de suicídio	Sentimento de culpa em virtude de colaboração forçada com os piratas
Exposição ao perigo decorrente de eventuais intervenções de forças militares	

Fonte: Adaptado a partir de OBP (2010b).

Centrando agora a análise no território somali, importa começar por sublinhar que a pobreza e o desemprego eram comuns na Somália desde a queda do regime de Siad Barre, em 1991. O Banco Mundial estimou que nos primeiros anos deste século pelo menos 40% das pessoas viviam em pobreza extrema (com menos de um dólar por dia) e perto de 75% das famílias sobreviviam com apenas dois dólares por dia (Gilpin, 2009). A grande maioria dos jovens somalis não tinha qualquer ocupação. De acordo com o relatório anual de 2007 do WFP, em novembro desse ano as Nações Unidas classificaram a situação na Somália como a mais grave crise humanitária de África. As condições de vida da maioria da população, refere ainda o relatório, tinham-se degradado de tal forma que só uma ajuda humanitária de emergência poderia evitar uma catástrofe de dimensões inimagináveis (WFP, 2007).

No final de 2007 tinham sido disponibilizadas pelo WFP 82.000 toneladas de mantimentos que serviram para alimentar cerca de um milhão e meio de somalis. Em 2008 a ajuda alimentar às populações somalis mais do que triplicou quando comparada com 2007 (260.000 toneladas), tendo servido para auxiliar mais de 3 250 000 somalis (WFP, 2008). No entanto, os ataques de grupos de piratas aos navios fretados pelo WFP para o transporte de produtos alimentares de primeira necessidade vieram colocar em causa a ajuda suprarreferida, até porque cerca de 90% desses produtos chegava aos portos somalis por via marítima.

Neste âmbito, o sequestro, em junho de 2005, de um navio mercante fretado pelo WFP – o Motor Vessel (MV) *Semlow* – ao largo da costa Leste da Somália, levou mesmo aquela agência das Nações Unidas a reagir e a suspender todas as remessas de ajuda alimentar para a Somália devido à insustentável insegurança das suas águas (BBC, 2005). Mais tarde, no início de 2007, navios fretados pelo WFP voltaram a constar na lista de alvos preferenciais dos grupos de piratas. O MV *Rozen*, por exemplo, foi atacado na costa Nordeste da Somália, em fevereiro desse ano, e mantido em poder dos piratas, juntamente com todos os seus tripulantes, por 34 dias. (ICC, 2007). A diretora executiva do WFP, Josette Sheeran, em maio de 2007, exortou a comunidade internacional a intervir na proteção dos navios. Esse apelo viria a ter um desfecho favorável já que em novembro desse ano foi possível passar a dispor de navios militares para escoltarem navios fretados pelo WFP em trânsito do porto de Mombaça, no Quênia, para diversos portos da Somália (WFP, 2007).

É possível afirmar, em síntese, que a pirataria somali na primeira década do presente século foi uma ameaça bastante significativa para a segurança das tripulações dos navios civis

em trânsito pelos espaços marítimos do Corno de África e para muitas populações somalis que se debatiam com a quase total ausência de recursos e estavam fortemente dependentes da ajuda alimentar de emergência disponibilizada pelo WFP. Conclui-se, referindo que tanto os marítimos que utilizavam o mar de forma lícita – fossem tripulantes de navios mercantes, pescadores ou praticantes de atividades lúdicas – como as populações somalis, em terra, assumiram-se como objetos de referência que foram colocados em causa pela ameaça corporizada pelos diferentes grupos de piratas com origem na Somália.

5. O efeito da pirataria somali na (in)segurança do meio marinho no Corno de África

Neste capítulo será analisado o impacto da pirataria somali na (in)segurança ambiental na região do Corno de África, procurando determinar, em concreto, o seu potencial para desencadear uma grande catástrofe naqueles espaços marítimos.

Neste sentido, é relevante ter presentes as eventuais consequências resultantes de um ataque de piratas a um navio que pudesse, em função dessa ação criminosa, vir a ser deixado à deriva numa via de comunicação marítima congestionada. O cenário verdadeiramente dramático consistia numa colisão, no mar, sobretudo em espaços confinados, próximos de terra, envolvendo um navio de transporte de hidrocarbonetos carregado. O derrame de petróleo (ou de produtos derivados) não apenas causaria danos irreparáveis aos recursos *offshore* e à vida marinha, em geral, mas também degradaria seriamente longas extensões de espaços costeiros férteis se tais produtos fossem deixados à deriva, afetando seriamente qualquer Estado que dependesse do oceano como fonte primária de proteína para consumo interno ou para exportação (Chalk, 2009).

Importa referir, ainda, a propósito, que os Estados do Golfo Pérsico dependiam da passagem segura da navegação através do Estreito de Bab-El-Mandeb, uma vez que, no auge da pirataria somali, aproximadamente 57 superpetroleiros desses países transitavam por aquele *chokepoint* todos os dias, o que totalizava mais de 21.000 por ano (Aljamra, 2019).

Também um relatório da *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD), de 2014, deu conta do potencial de poluição decorrente de ataques de pirataria a esta tipologia de navios, o que representava uma ameaça séria para os ecossistemas marinhos e a biodiversidade, sendo que se tais incidentes envolvessem navios que transportassem substâncias perigosas e nocivas (por exemplo, produtos químicos), o risco potencial também incluía a perda de vidas humanas devido a eventuais explosões a bordo. Um derrame de hidrocarbonetos que pudesse resultar de ataques de grupos de piratas podia causar danos significativos aos espaços marítimos de vários países, independentemente do seu tamanho, e comprometer as oportunidades económicas e os meios de subsistência resultantes da exploração dos oceanos (por exemplo, a pesca, mas também o turismo e atividades lúdicas realizadas no mar) (UNCTAD, 2014).

O Quadro 4 revela o montante de navios de transporte de petróleo, de gás e de produtos químicos que foram alvo de ataques de grupos de piratas entre os anos de 2008 e de 2012, a grande maioria dos quais ocorreu nos espaços marítimos do Corno de África.

Quadro 4 – Navios de transporte de petróleo e gás vítimas de ataques de pirataria entre 2008 e 2012

	2008	2009	2010	2011	2012
Transporte de petróleo	30	41	43	61	32
Transporte de produtos químicos	55	69	96	100	76
Transporte de <i>Liquefied Natural Gas</i> (LNG)	0	1	1	0	2
Transporte de <i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG)	6	5	7	6	10

Fonte: Adaptado a partir de IMB (2011) e IMB (2014).

Se se considerar apenas 2011 – um dos anos em que mais incidentes de pirataria com origem na Somália foram registados –, e de acordo com a informação recolhida de relatórios do IMB, é possível elencar o número total de ataques concretizados e apenas tentados contra navios de transporte de petróleo e gás nos diferentes espaços marítimos do Corno de África. O Quadro 5 mostra os valores em causa.

Quadro 5 – Navios de transporte de petróleo e gás vítimas de ataques de piratas somalis em 2011

		Petróleo	Produtos químicos	LNG	LPG
Ataques efetivos	Costa Leste da Somália	5	6	0	0
	Golfo de Áden e Sul do Mar Vermelho	3	1	0	0
Ataques tentados mas não concretizados	Costa Leste da Somália	22	20	0	2
	Golfo de Áden e Sul do Mar Vermelho	10	18	0	2
TOTAL		40	45	0	4

Fonte: Adaptado a partir de IMB (2012) e IMB (2014).

Os espaços marítimos do Corno de África – em particular o Golfo de Áden e as áreas adjacentes ao Estreito de Bab el-Mandeb – são particularmente vulneráveis a riscos ambientais, devido, sobretudo, ao tráfego intenso de navios de transporte de petróleo e de produtos químicos. A título de exemplo, em abril de 2008 um ataque ao petroleiro japonês *Takayama* ao largo da costa da Somália resultou na perfuração de tanques de combustível do navio, tendo ocorrido um derrame para o mar (UNCTAD, 2014); em julho de 2011 um ataque ao petroleiro *Brillante Virtuoso*, de pavilhão da Libéria, no Golfo de Áden, a escassas 20 milhas marítimas do Iémen, resultou num incêndio de média dimensão a bordo (IMB, 2012). Embora os danos tenham sido limitados, estes incidentes, em particular o que resultou em derrame de combustível, trouxeram à colação os riscos inerentes a estes tipos de ocorrências que, no limite, podiam resultar em graves catástrofes ambientais.

Por outro lado, era prática corrente, nos anos de maior frequência de ataques de piratas somalis, as tripulações pararem o seguimento dos navios e refugiarem-se nos interiores, em compartimentos seguros – usualmente nos diferentes espaços de máquinas – assim que

os atacantes logravam concretizar as abordagens. A título de exemplo, tal ocorreu com os 23 membros da tripulação do petroleiro *Moscow University*, com bandeira da Libéria, que se trancaram na casa dos motores propulsores, a 5 de maio de 2010, quando o navio navegava a leste da Ilha de Socotra, em pleno Golfo de Áden. No mesmo ano, em 12 de outubro, os 21 tripulantes de um petroleiro das Ilhas Marshall – *Ardmore Seafarer* – ao largo da costa Leste da Somália optaram por se refugiar no interior da cidadela do navio, depois de pararem os respetivos motores. Aí permaneceram durante mais de 24 horas com os piratas a tentarem, por todos os meios e ao longo desse período de tempo, manobrar o navio, sem sucesso, todavia, acabando por abandonar o petroleiro (IMB, 2011). Estes dois exemplos, entre tantos outros ocorridos nos anos 2008 a 2012, evidenciam o perigo para a navegação marítima – mas também para o meio ambiente marinho – se um superpetroleiro fosse deixado à deriva em espaços tão exíguos como são, por exemplo, as áreas contíguas ao Estreito de Bab el-Mandeb, com elevado risco de colisão (com outros navios em trânsito pelos mesmos espaços) ou de encalhe em águas pouco profundas.

Por fim, será abordado o impacto da pirataria somali em setores do meio marinho tão relevantes para a generalidade dos Estados do Oceano Índico Ocidental como são a pesca e o turismo.

Importa começar por referir que qualquer situação de insegurança marítima tem necessariamente influência no setor da pesca de Estados ribeirinhos, sobretudo se as suas economias estiverem fortemente dependentes dos recursos vivos do mar, como acontece com a generalidade dos países da costa Oriental de África. Segundo dados da UNCTAD (2014, p. 31), no início deste século a indústria pesqueira em África gerava, em média, cerca 10 biliões de US\$ anualmente, fosse por meio do comércio interno, das exportações globais ou de licenças de pesca emitidas para operadores estrangeiros. Desde 2006, no entanto, os países da África Oriental sentiram um declínio acentuado nas suas receitas provenientes desta indústria, estimando-se que a captura de atum nas zonas afetadas tenha caído 26,8% e as exportações de pescado tenham diminuído 23,8% (UNCTAD, 2014, p. 32). A título de exemplo, na primeira década do presente século esta indústria foi responsável por mais de 90% das exportações das Seychelles e por mais de 20% das exportações de Madagáscar (UNCTAD, 2014, p. 32).

Por outro lado, e de acordo com um relatório do *African Development Bank* (AfDB), de 2011, a ameaça de ataques de piratas levou muitos pesqueiros a evitar alguns dos pontos de pesca mais ricos do Oceano Índico, o que trouxe preocupações acrescidas a vários países da região, como as Seychelles ou as Maurícias (Mbekeani & Ncube, 2011). Ainda segundo o mesmo relatório do AfDB, o turismo e a pesca representavam 65% do produto interno bruto (PIB) das Seychelles e empregavam 36% da força de trabalho do país. As indústrias da pesca, em particular de atum, e a reexportação de combustível para embarcações, serviços portuários, eletricidade e água para as frotas de pesca estrangeiras, representavam cerca de 40% das receitas externas. O AfDB estimou que o custo da pirataria para as Seychelles (sem contabilizar outras ameaças às atividades marítimas, como a poluição ou o comércio ilegal) foi, em 2009, aproximadamente 4% do PIB (Mbekeani & Ncube, 2011, p. 6). Mas diversos outros países da região registaram,

de igual modo, um acentuado declínio no setor pesqueiro, como foi o caso do Iémen que teve uma perda estimada de 150 milhões US\$ só em 2010 (UNCTAD, 2014, p. 32).

A ameaça da pirataria levou, ainda, à redução dos navios de cruzeiro que contribuíam para o turismo em países insulares – como as Maurícias e as Seychelles –, mas também o Quênia sofreu os efeitos daquele fenómeno, já que menos paquetes passaram a demandar o porto de Mombaça (Mbekeani & Ncube, 2011). Por outro lado, o turismo nos diferentes Estados ribeirinhos da costa Oriental de África e até do Golfo Pérsico foi, de uma forma geral, fortemente afetado pelos ataques de piratas somalis – a iates, a navios de cruzeiro e a embarcações utilizadas no apoio à prática de mergulho e outras atividades lúdicas. A atratividade em toda esta vasta região como destino de férias ficou fortemente comprometida, com as chegadas de turistas aos diferentes Estados a diminuírem cerca de 6,5% no total. A título de exemplo, no Quênia – onde o turismo representa aproximadamente 12% do PIB –, o *Kenya Tourist Board* calculou que o número de turistas que visitaram Mombaça, em navios de cruzeiro, só entre janeiro e abril de 2010, tinha diminuído 95% e em todo o ano de 2011 a perda potencial de receitas resultantes do impacto da pirataria nesta indústria foi estimada entre 129 e 795 milhões de US\$ (UNCTAD, 2014, pp. 33-34).

Em síntese, foi possível verificar o impacto da pirataria somali no meio ambiente marinho do Corno de África, refletido no potencial concreto para causar uma catástrofe ambiental em resultado dos inúmeros ataques perpetrados a navios utilizados no transporte de petróleo e gás – em particular através de granadas lançadas por foguetes. Mas também na possibilidade de alguns desses navios deixados à deriva nos espaços envolventes do Estreito de Bab el-Mandeb poderem provocar danos avultados à vida marinha, em virtude de potenciais colisões no mar ou encalhes em zonas próximas de costa. Finalmente, a pirataria somali teve um impacto muito significativo nas importantes indústrias da pesca e do turismo em praticamente todos os Estados da costa Oriental de África, e até em alguns Estados da Península Arábica, com quebras de receitas muito significativas. É possível afirmar, em conclusão, que a segurança ambiental no Corno de África e a segurança económica de muitos Estados do Oceano Índico Ocidental constituíram-se como relevantes objetos de referência colocados em causa pela pirataria somali no dealbar do século XXI.

6. Conclusões

O presente artigo tinha como propósito analisar as razões que elevaram a pirataria somali, nos primeiros anos deste século, a problema de segurança internacional.

Na resposta à pergunta de partida, utilizaram-se os princípios teóricos da Escola de Copenhaga por defender o alargamento do conceito de segurança a setores além do tradicional político-militar; ampliar a definição de atores para lá dos Estados e prever a existência de novas ameaças. A Escola de Copenhaga esteve na origem da formulação da teoria da securitização que os seus autores definiram como sendo um movimento que levava a política para lá das normas instituídas e enquadrava uma dada questão como um género peculiar de política (ou acima dela). Essa questão era patenteada como uma ameaça existencial, que exigia ações de emergência e justificava intervenções que extravasavam os limites habituais do procedimento político.

No entanto, sem objetos de referência verdadeiramente não existem ameaças e discussões sobre segurança, por não haver algo para proteger. Ou seja, a segurança pressupõe a existência de objetos de referência. Neste sentido, importa sublinhar que tradicionalmente, quando se falava de segurança internacional, os Estados eram os únicos objetos de referência. Mas a abertura na agenda de segurança ocorrida no pós Guerra Fria, ampliou o leque de objetos de referência. Assim, o presente estudo focou-se naqueles que foram colocados em causa pela pirataria somali – que se assumiu como ameaça existencial – e que implicou o emprego do instrumento militar como medida de emergência para lhe fazer face.

Nestas circunstâncias, este estudo permitiu concluir que a pirataria somali afetou, ao longo de vários anos do corrente século, o comércio marítimo internacional, o que levou a que diversos navios mercantes em trânsito da Ásia e da Oceânia para a Europa e para a América do Norte tivessem começado a demandar a rota do Cabo da Boa Esperança, ao invés de utilizarem o Canal do Suez, o que conduziu a navegações bem mais longas, implicando um substancial aumento do custo dos fretes. Sendo a rota marítima Canal do Suez – Estreito de Bab el-Mandeb absolutamente vital para o comércio marítimo internacional, em particular de energia, qualquer interrupção da circulação de petróleo ou de produtos derivados por aqueles espaços marítimos e subsequente ausência (ou atraso) do seu fornecimento aos consumidores finais (países, empresas e pessoas) traria consequências sérias ao nível da segurança energética global, pela imprevisibilidade que resultaria da escassez de produtos nos mercados e pela certamente generalizada subida acentuada dos preços pelos quais os produtos seriam transacionados.

Por outro lado, a liberdade de navegação nos espaços marítimos do Corno de África ficou seriamente comprometida com o recrudescimento dos ataques de grupos de piratas com origem na Somália e levou mesmo a que tivessem sido implementadas diversas iniciativas para tentativamente mitigar os seus efeitos, com custos diretos e indiretos bastante significativos, em especial entre 2008 a 2012 – os anos de maior afirmação do fenómeno.

A pirataria somali colocou igualmente em causa a segurança de passageiros e de marítimos das tripulações dos navios civis, de pescadores e de todos os que utilizavam o mar de forma lícita. Contribuiu, além disso, com os seus ataques frequentes e sequestros de navios do WFP, para a insegurança humana de perto de três milhões e meio de pessoas que, na Somália, estavam absolutamente dependentes desse apoio alimentar de emergência para sobreviverem.

O impacto da pirataria somali também se fez sentir relativamente a potenciais catástrofes ambientais resultantes de derrames de hidrocarbonetos. O elevado número de navios de transporte de petróleo e gás, mas também de produtos químicos, que transitavam nos espaços marítimos do Corno de África, em particular através do Golfo de Áden, e que foram vítimas de ataques – fossem apenas tentados ou efetivamente concretizados – de diversos grupos de piratas, trouxe um potencial acrescido de derrames daqueles produtos com subsequentes resultados nefastos ao nível do ambiente marinho envolvente. Por fim, o impacto económico para variadíssimos Estados de toda a costa Oriental de África (e até mesmo do Golfo Pérsico) que resultou da atividade de pirataria com origem na Somália – sobretudo nas indústrias

da pesca e do turismo – foi muito significativo com perdas substanciais de receitas no auge daquele fenómeno.

Conclui-se, referindo que a pirataria marítima somali se assumiu como inequívoca ameaça existencial para diversos (e muito relevantes) objetos de referência, tendo posto em causa a segurança marítima de todo o Oceano Índico Ocidental, a segurança humana dos tripulantes dos navios mercantes em trânsito pela região, mas também das populações somalis necessitadas de ajuda alimentar de emergência, e a segurança económica de inúmeros Estados da região que se viram privados de importantes fontes de receitas em virtude do decréscimo significativo de atividades de pesca e do turismo relacionado com o mar. Por fim, a pirataria somali assumiu-se como ameaça potencial para a segurança energética global e para a segurança ambiental do Corno de África, por ter colocado em causa a passagem segura de inúmeros navios de transporte de hidrocarbonetos e de produtos químicos pelo Golfo de Áden e Estreito de Bab el-Mandeb.

Julga-se, deste modo, ter respondido à pergunta de partida e, com isso, defendido a nossa tese de que foi a natureza especial dos objetos de referência colocados em causa pela pirataria somali, nos primeiros anos deste século, que a levou a ser considerada como relevante questão de segurança internacional e uma ameaça existencial, pelos decisores políticos, motivando a reação vigorosa e sem precedentes da comunidade internacional.

Referências bibliográficas

- Aljamra, H. (2019). *Bab-El-Mandeb, Gateway to the Red Sea: the World's Most Dangerous Strait*. Retirado de <https://insidearabia.com/bab-el-mandeb-gateway-to-the-red-sea-the-worlds-most-dangerous-strait/>
- Bailey, R., & Wellesley, L. (2017). *Chokepoints and Vulnerabilities in Global Food Trade*. The Royal Institute of International Affairs. London: Chatham House.
- BBC. (2005). *Somali aid suspended after hijack*. Retirado de <http://news.bbc.co.uk/2/hi/africa/4649825.stm>
- Buzan, B. (1983). *People, States & Fear*. Brighton: Wheatsheaf Books Ltd.
- Buzan, B., & Wæver, O. (2003). *Regions and Powers. The Structure of International Security*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Buzan, B., Wæver, O., & Wilde, J. (1998). *Security: A New Framework for Analysis*. London: Lynne Rienner Publishers, Inc.
- Caponiti, J. (2009). *International Piracy*. Retirado de U. S. Department of Transportation: <https://www.transportation.gov/testimony/international-piracy>
- Chalk, P. (2009). *Maritime Piracy. Reasons, Dangers and Solutions*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.
- Chalk, P. (2010, setembro). Piracy in the Horn of Africa. *CTC Sentinel*, 3(9), 11-14. Retirado de <https://ctc.usma.edu/wp-content/uploads/2010/10/CTCSentinel-Vol3Iss94.pdf>
- Cunningham, N. (2018). *The 4 Key Chokepoints For Oil*. Retirado de <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/The-4-Key-Chokepoints-For-Oil.html>

- EIA. (2017). *World Oil Transit Chokepoints*. Retirado de US Energy Information Administration:
https://www.eia.gov/international/content/analysis/special_topics/World_Oil_Transit_Chokepoints/wotc.pdf
- Gilpin, R. (2009). *Counting the Costs of Somali Piracy*. Retirado de <https://www.usip.org/publications/2009/07/counting-costs-somali-piracy>
- Global Security. (2017). *Pirates*. Retirado de <https://www.globalsecurity.org/military/world/para/pirates.htm>
- ICC. (2007). *Piracy attacks spike in Somali waters*. Retirado de <https://iccwbo.org/media-wall/news-speeches/piracy-attacks-spike-in-somali-waters/>
- ICC. (2022). *International Maritime Bureau*. Retirado de <https://www.icc-ccs.org/icc/imb>
- IMB. (2011). *Piracy and Armed Robbery Against Ships – Annual Report 2010*. London: International Chamber of Commerce.
- IMB. (2012). *Piracy and Armed Robbery Against Ships – Annual Report 2011*. London: International Chamber of Commerce.
- IMB. (2014). *Piracy and Armed Robbery Against Ships – Annual Report 2013*. London: International Chamber of Commerce.
- IMO. (2010). *Reports on Acts of Piracy and Armed Robbery Against Ships - Annual Report 2009*. London: International Maritime Organization.
- Industry Report. (2010). *The Maritime Security Market 2010-2020: Piracy, Shipping & Seaports*. Retirado de <https://industryreport.wordpress.com/2010/04/15/the-maritime-security-market-2010-2020-piracy-shipping-seaports/>
- Lang, J. (2011). *Report of the Special Adviser to the Secretary-General on Legal Issues Related to Piracy off the Coast of Somalia*. New York: United Nations.
- Maritime Cyprus. (2015). *Anti-Piracy update: Updated chart for HRA available to download*. Retirado de <https://www.maritimecyprus.com/2015/12/18/anti-piracy-update-updated-chart-for-hra-available-to-download/>
- Mbekeani, K. K., & Ncube, M. (2011, 14 de julho). Economic Impact of Maritime Piracy. Africa Economic Brief. *African Development Bank (AfDB)*, 12(10), Abidjan: African Development Bank. Retirado de https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/Maritime%20Piracy_Maritime%20Piracy.pdf
- Mcsweeney, B. (1996). Identity and security: Buzan and the Copenhagen school. *Review of International Studies*, 22, 81-93.
- OBP. (2010a). *The Economic Cost of Maritime Piracy – 2010*. Broomfield: One Earth Future Foundation.
- OBP. (2010b). *The Human Cost of Somali Piracy – 2010*. Broomfield: One Earth Future Foundation.
- Popescu, A. I. (2017). Control of Key Maritime Straits – China’s Global Strategic Objective. *International Journal of Economics and Business Administration*, V(1), 92-119.
- Resolução da Assembleia da República nº 60-B/97, de 14 de outubro (1997). *Aprova, par ratificação, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar e o*

- Acordo Relativo à Aplicação da Parte XI da mesma Convenção*. Diário da República, Série I-A 238, 5486-(3). Lisboa: Assembleia da República.
- Santos, L. B., & Lima, J. V. (Coords.) (2019). *Orientações Metodológicas para a Elaboração de Trabalhos de Investigação* (2.Ed. revista e atualizada). Cadernos do IUM, 8. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- The World Bank. (2013). *The Pirates of Somalia: Ending the Threat, Rebuilding a Nation*. Washington DC: World Bank.
- U. S. Department of Transportation. (2008). *Economic Impact of Piracy in the Gulf of Aden on Global Trade*. Retirado de <https://www.hsdl.org/?view&did=232008>
- UNCTAD. (2014). *Maritime Piracy, Part I: An Overview of Trends, Costs and Trade-Related Implications*. New York: United Nations.
- Wæver, O. (1995). Securitization and desecuritization. Em R. D. Lipschutz, *On Security*. Nova Iorque: Columbia University Press.
- Waltz, K. N. (1979). *Theory of International Politics*. Berkeley, California, USA: Addison-Wesley Publishing Company.
- WFP. (2007). *World Food Programme – Annual Report 2007*. Rome: United Nations World Food Programme. Retirado de <https://www.wfp.org/publications/wfp-annual-report-2007>
- WFP. (2008). *World Food Programme – Annual Report 2008*. Rome: United Nations World Food Programme. Retirado de <https://www.wfp.org/publications/wfp-annual-report-2008>
- Williams, P. D. (2008). *Security Studies*. Oxford: Routledge.

SOMALI PIRACY: FROM THREAT TO REGIONAL SHIPPING TO INTERNATIONAL SECURITY PROBLEM

PIRATARIA SOMALI: DE PERIGO À NAVEGAÇÃO REGIONAL A PROBLEMA DE SEGURANÇA INTERNACIONAL

António Gonçalves Alexandre

Captain (Reserves) in the Portuguese Navy
Degree in Military Sciences by the Naval School
Researcher at the Research and Development Centre of the
Military University Institute
1449-027 LISBON
amgalexandre527@hotmail.com

Abstract

This article begins by asking why piracy off the coast of Somalia went from being considered a “mere” threat to regional shipping in the Horn of Africa to an international security problem. At the turn of this century, Barry Buzan, Ole Wæver and Jaap de Wilde, the leading theorists of the “Copenhagen School of security studies”, argued that an international security problem occurs when an issue is framed as an existential threat to referent objects and is used to justify emergency measures and actions outside the normal limits of political procedure. The referent objects analysed in this article are: international maritime transport, freedom of navigation, the security of the crews of civilian ships transiting the Horn of Africa, humanitarian aid to Somali populations and the region’s marine environment. The findings revealed that Somali piracy did, in fact, pose an existential threat to all referent objects, and that this led to an unprecedented response by the international community and legitimised the use of force by States and regional organizations as an extreme measure to tackle the problem.

Keywords: Maritime piracy; Somali piracy; maritime transport; freedom of navigation; international security.

Resumo

A pergunta de partida deste artigo está relacionada com o que terá levado a pirataria marítima somali a emergir de “simples” perigo à navegação regional, no Corno de África, a problema de segurança internacional? Barry Buzan, Ole Wæver e Jaap de Wilde, principais teóricos da “Escola de Copenhaga de estudos de segurança”, consideraram, no final do século passado, que um problema de segurança internacional ocorria quando uma determinada

How to cite this article: Alexandre, A. G. (2022). Somali Piracy: from Threat to Regional Shipping to International Security Problem. *Revista de Ciências Militares*, May, X(1), 39-61. Retrieved from <https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/Lista%20Pt/Lista%20de%20publica%C3%A7%C3%B5es%20Revista%20De%20Ci%C3%AAs%20Militares.pdf>

questão era apresentada como ameaça existencial a objetos de referência, exigindo medidas de emergência e justificando ações fora dos limites normais do procedimento político. Os objetos de referência analisados no presente artigo foram o transporte marítimo internacional, a liberdade de navegação, a segurança de tripulantes de navios civis em trânsito pelos espaços marítimos do Corno de África, a ajuda humanitária às populações somalis e o meio ambiente marinho naquela região. As conclusões mostram que a pirataria somali se constituiu, de facto, como ameaça existencial a todos os objetos de referência supra elencados, o que conduziu à intervenção, sem precedentes, da comunidade internacional, legitimando o uso da força de Estados e organizações regionais como medida extrema para lhe fazer face.

Palavras-chave: *Pirataria marítima; pirataria somali; transporte marítimo; liberdade de navegação; segurança internacional.*

1. Introduction

Of the multiple piracy hotspots that emerged in the post-Cold War era, none has caused more concern than the phenomenon of Somali piracy, which has put several interests at risk and elicited a firm response from the international community.

As shown by the numerous research papers and scientific articles on the issue, Somali piracy has become a relevant topic of academic research, particularly since the beginning of the 21st century. It has contributed to the general discourse and debate across different areas of International Relations, including area studies, maritime studies, international law and criminology, among others.

This article will analyse the security dimension of the issue to determine why the international community acted in such an assertive manner to contain this phenomenon, which threatened security in the Western Indian Ocean at the beginning of the 21st century.

The key concept of this study is, therefore, security. First, the concept will be defined through the lens of the leading theorists of the Copenhagen School¹, whose principles are particularly suited to analyse the topic, as the theory proposes extending the concept of security beyond its traditional political and military scope and the broadening the definition of actors to entities other than States.

Buzan (1983) wrote that two perspectives dominated security thinking in international relations for most of the 20th century: those who favoured an approach to security problems that was based on power, who followed the traditional realist school; and those who defended an approach based on peace, who were more aligned with the idealist school. This generally led to highly polarised and conflicting positions. Still according to Buzan, the concept of security was secondary to this discussion. It was either considered an effect of power, inasmuch as an

¹ For Mcsweeney (1996, p. 81), the publication of Barry Buzan's book *People, States and Fears* in 1983 opened up a new field of security studies, which became known as the "Copenhagen School of security studies".

actor with sufficient power to achieve a dominant position would obtain security as a result, or, alternatively, as a consequence of peace, because enduring peace would mean security for all. However, for Buzan, the concept of security was much more powerful and useful than this status quo suggested, and deserved the same attention as the concepts of power and peace (Buzan, 1983).

Later, in 1998, in *Security: A New Framework for Analysis*, Buzan, Wæver and Wilde proposed a different approach to security studies, which looked at specific security dynamics in five sectors (military, political, economic, environmental and societal), arguing that security is a specific type of politics applied to a range of issues and, consequently, rejecting the traditional practice of restricting the concept to a single sector (political and military) (Buzan, Wæver, & Wilde, 1998). This new book reflected the widespread belief – in the mid-1990s – that the international system of the post-Cold War era would be much more decentralized and regionalized.

As a result, two distinct visions emerged within security studies: the new vision defended by the current who believed the concept should be widened and focused on People; and the traditionalist vision, which focused primarily on the military and the State.

Those who defended the new vision questioned the focus on the military and the State in the conceptualisation of security and attempted to broaden its scope by extending the concept to issues and objects beyond the traditional political military sphere. The traditionalist view of security, on the other hand, was both military and State-centred. For traditionalists, military conflict remained the defining key to security. A key argument often used by traditionalists was that progressively widening the concept of security could weaken its intellectual coherence by making it so encompassing that it would lose its essential meaning (Buzan, Wæver, & Wilde, 1998).

A few years later, Buzan and Wæver (2003, pp. 6-7) identified what they considered to be the three main theoretical perspectives on the structure of international security in the post-Cold War era: neorealism, globalism and regionalism. According to the authors, the neorealist perspective was widely understood because it was State-centred and based on the assumption that power is polarized. The globalist perspective was generally considered the antithesis of realism (and neorealism) in terms of how it sees the international system structure², and it was based on international, transnational and cultural political economy approaches. Buzan and Wæver (2003, p. 10) chose the regionalist perspective, as they considered that, in the post-Cold War world, the regional level would be a locus of conflict and cooperation for States and a topic of interest for researchers investigating contemporary security issues.

But what makes an issue a security problem in international relations? International security is firmly rooted in the traditions of state power and the use of exceptional measures is legitimised by the nature of the threats to that security. These threats have been used to justify the use of force, providing a reason for States to act and develop policies to deal with threats to their existence (Buzan, Wæver, & Wilde, 1998). Traditionally, when politicians call

² Term coined by Kenneth Waltz (1979) to define the parts of a system and how they differ from one another.

for 'security', there is an implicit sense of urgency that is used to justify the right to use any means necessary to eliminate a threat (Wæver, 1995, p. 8). Therefore, an issue is considered an international security problem if it can be claimed to be more important than others and must be given absolute priority. It is in this sense that it becomes an existential threat (Buzan & Wæver, 2003, pp. 23-24).

On the other hand, another question emerges: security for whom? One important aspect to bear in mind is that threats and discussions about security require a referent object because, without one, there is nothing to protect. Therefore, referent objects are necessary. For decades, the dominant opinion was that, where international security was concerned, States were the only referent objects (Williams, 2008). However, the widening of the security agenda in the post-Cold War introduced a new range of referent objects. For example, people, organizations and ecosystems.

In this case, the fact that freedom of navigation was compromised affected international shipping. Many merchant ships began using the shipping route that connects Europe to North America and Asia via the Cape of Good Hope as an alternative to the Suez Canal route, essentially because it was safer (however, it was also longer, which entailed a substantial increase in freight costs). On the other hand, pirate attacks against merchant ships chartered by the World Food Programme (WFP) to deliver emergency food aid to vulnerable people in Somalia caused them significant harm by depriving them of essential goods and thus affected their security. The upsurge in Somali piracy worsened the already extremely precarious security situation in the region and threatened the free movement of people and goods, bringing to the forefront of the international agenda issues such as the security and well-being of the country's citizens, especially those whose livelihoods depended on the sea. This led the international community to take steps to address the situation.

This study addresses the threat posed by Somali piracy off the Horn of Africa, from 1993 (the year when the first incidents were reported) to 2015 (the year when the phenomenon was contained). The study analyses the sectors that were most affected by the actions of these pirate groups: international shipping, freedom of navigation, people (seafarers and Somali citizens) and the marine environment.

The thesis put forth in this article is that the nature of the referent objects affected by the threat is the reason why decision makers considered it an existential threat and a relevant international security problem.

Therefore, the study will examine the referent objects threatened by Somali piracy in the Horn of Africa region between 1993 and 2015. The referent objects that will be analysed are: international shipping, freedom of navigation in the region, the safety of the crews of civilian ships transiting the region, the security of Somali citizens in need of emergency humanitarian aid, the security of the marine environment, which is highly vulnerable to any spill of oil or petroleum products that may occur as a consequence of pirate attacks, and the economic security of many Western Indian Ocean countries, which rely heavily on the fishing and maritime tourism industries.

The study uses mainly inductive reasoning and a qualitative research strategy, and the research method was a literature and document review (Santos & Lima, 2019).

In addition to this introduction, the article is organized into four chapters and a conclusions section. The second chapter addresses the influence of Somali piracy on the referent object “international shipping”. The third chapter examines the effect of the phenomenon of Somali piracy on the referent object “freedom of navigation in the waters of the Horn of Africa”. The fourth chapter analyses the referent object defined as “the security of the people affected by Somali piracy”, that is, seafarers who use the sea lawfully and Somali citizens in need of international food aid. The fifth chapter examines how the (in) security created by oil spills that may result from pirate attacks on the oil tankers that cross those waters every day affects the referent object defined as “the marine environment”, and analyses the impact of piracy on activities such as fishing and tourism, vital sectors for the coastal States of the Western Indian Ocean.

2. The impact of Somali piracy on international shipping

Throughout the ages, and in all areas of the world where maritime trade existed, piracy has always been close behind. This chapter analyses the impact of Somali piracy on international shipping off the Horn of Africa in the first years of the 21st century.

One important aspect to bear in mind is that piracy is, above all, an economic phenomenon, and profit is the main goal of those who practice it. This economic dimension explains how piracy manifests and evolves, in the broad sense, and to distinguish it from maritime terrorism, which mainly aims to undermine the oceanic environment for political, ideological or religious aims (Chalk, 2009).

Furthermore, piracy has a direct economic impact in terms of fraud, stolen cargo and travel delays, and may also hinder the trading ability of coastal countries. According to Peter Chalk, the cost of Somali piracy to the maritime industry was estimated to be between \$1 billion and \$16 billion in 2009 alone. However, the real numbers could be much higher, especially if one accounts for the expenses of implementing the considerable efforts to mitigate the phenomenon, “given the unprecedented character of the international response to Somali based piracy” (Chalk, 2009, p. 1).

A 2013 report by the World Bank stated that the cost of Somali piracy on the global economy was so high that international mobilisation to eradicate piracy in the Horn of Africa not only benefitted global security, but also had a significant economic impact (The World Bank, 2013). One of the main findings of the report was that the distortion on trade caused by piracy had a high absolute cost. According to the same report, when the shortest shipping route between two countries is “infected” by pirates, the cost of maritime trade between them increases by between 0.75 and 1.49 percentage points (with a mean estimate of about 1.1) in total trade costs. In absolute terms, this had a significant impact: in 2010, about \$1.62 trillion in global trade was carried through sea lanes affected by piracy. Somali piracy cost the global economy \$18 billion that year alone, albeit with a considerable margin of error (\$6 billion). If piracy continued to impact global trade as it had done that year, similar amounts would inevitably be lost every year (The World Bank, 2013).

These numbers are somewhat in line with other forecasts, particularly those from the Oceans Beyond Piracy (OBP) programme of the One Earth Future (OEF) foundation. In 2010, a report on “The Economic Cost of Maritime Piracy” published by this organization mentioned that it was difficult to assess the total cost of piracy, and that the data presented in the report mainly analysed direct costs (OBP, 2010a). However, there were also had secondary costs to consider, such as the impact of piracy on foreign investment in some coastal countries, or its impact on price inflation. The OBP report estimated the total cost of piracy off the Horn of Africa in 2010 at between \$7 and \$12 billion.

Another report on “The Maritime Security Market 2010-2020: Piracy, Shipping & Seaports” stated that global spending on maritime security in 2010 totalled \$15.4 billion, and that this was due to the increasing frequency of piracy attacks against assets with high commercial value, such as cargo ships and oil and gas tankers (Industry Report, 2010).

While there are some discrepancies in the data presented by these reports, they clearly show that the phenomenon of maritime piracy had a significant cost to the global economy in 2010 (one of the most difficult years for the Horn of Africa region).

Between 2008 and 2012, maritime trade with East African countries was severely affected. The shortest of various shipping routes from Liverpool, UK, to Mombasa, Kenya, with 6,363 nautical miles (one nautical mile is equivalent to 1852 metres), went through the Strait of Gibraltar and the Suez Canal. However, this route exposed merchant ships to the threat of Somali piracy. The second option would be to use the Cape of Good Hope route (8,981 nautical miles), which would significantly increase the length of the trip. Despite being almost 30% longer, this shipping route was not threatened by Somali pirate groups, as at that time the phenomenon mainly disrupted shipping off the east coast of Somalia, the Gulf of Aden, the Red Sea and the West Arabian Sea, even though there was an attack as far south as the Mozambique Channel on 28 December 2010 (Global Security, 2017). Figure 1 shows the two route options.



Figure 1 – Shipping routes between Liverpool and Mombasa

Source: The World Bank (2013).

Figure 2 shows another example, comparing two shipping lanes between Marseille, France, and Sydney, Australia. The Suez Canal route is 10,381 nautical miles, while the route through the Cape of Good Hope is almost 20% longer (12,217 nautical miles).



Figure 2 – Shipping routes between Marseille and Sydney

Source: The World Bank (2013).

Naturally, the costs of transportation through these alternative routes were higher. In a report delivered on 24 January 2011 to the United Nations Security Council (UNSC), Jack Lang, then special adviser to the Secretary-General of the United Nations on legal issues related to piracy off the coast of Somalia, stated that using the Cape of Good Hope route as an alternative to the Suez Canal route would add, on average, about 10 days to shipping times and increase fuel costs from \$800,000 to \$2.7 million per trip, depending on the size and characteristics of the vessels (Lang, 2011).

The World Bank's 2013 report mentioned above included a classification of the sea lanes that cross the western Indian Ocean, dividing them according to the areas potentially affected by Somali piracy: the "narrow" definition included the Gulf of Aden, the Red Sea, the east coast of Somalia and the western half of the Arabian Sea (the areas where the overwhelming majority of attacks occurred); whereas the "broad" definition expanded the shipping routes potentially affected by the phenomenon to include – in addition to those in the narrow definition – the entire Arabian Sea and the southern countries of the east coast of Africa. That is, it includes all shipping routes to (and from) East Africa, the Persian Gulf, Pakistan and the west coast of India. Based on this classification, the report stated that 11.2% of international trade that used the shipping lanes in the "narrow" definition had been affected by Somali piracy. If the area is expanded, as in the "broad" definition, the percentage of affected trade rises to 15.2%. (The World Bank, 2013, pp. 18-19).

At that time 22,000-25,000 ships/year travelled through the Suez Canal, many of which also crossed the Bab el-Mandeb Strait, which connects the Red Sea to the Gulf of Aden (and the Indian Ocean). Furthermore, a large part of the energy exports from the Persian Gulf that

were carried through the Suez Canal, and the Suez-Mediterranean (SUMED) pipeline passed through that strait. In 2011, 3.3 million barrels of oil were transported through the Bab-el-Mandeb Strait every day (Lang, 2011, p.17). Nick Cunningham (2018) considered it one of four critical chokepoints³ for the global oil trade – the other three being the Strait of Hormuz, the Strait of Malacca and the Suez Canal. Also in 2011, according to data from the U.S. Energy Information Administration (EIA), 62.5% of oil and petroleum products was transported by sea and about 6% of that amount travelled through the Bab el-Mandeb Strait (EIA, 2017).

This meant that ensuring free circulation along that critical sea route was extremely important to the international community in economic terms. In addition to having high costs for the international oil and gas shipping industry, piracy incidents could even threaten global energy security (by partially interrupting or even blocking the circulation of those products through the Bab el-Mandeb Strait).

On the other hand, global food security – which relies heavily on international trade in various crops, such as maize, wheat, rice or soybeans, as well as agricultural fertilisers – is highly dependent on the security of shipping routes, in particular those crossing chokepoints. According to a 2017 Chatham House report, a serious disruption to one of these chokepoints would likely lead to shortages and price spikes, with systemic consequences that could extend beyond food markets. Less severe disruptions would, at the very least, increase delays and shipping costs, limiting the markets' responsiveness, increasing volatility and causing a spike in prices (Bailey & Wellesley, 2017).



Figure 3 – Critical chokepoints for global food security

Source: Bailey and Wellesley (2017).

³ Bottlenecks in marine areas that cause natural maritime traffic congestion through major waterways. The geostrategic and geoeconomic value of these points lies in the fact that, if they are blocked, ships are forced to use alternative – and usually more costly – shipping routes, and when they are taken over by a hostile power, additional resources (and costs) must be allocated to regain control of those areas and ensure that all nations can use them (Popescu, 2017).

The same Chatham House report identified 14 chokepoints critical to global food security, including the Bab el-Mandeb Strait, as shown in Figure 3. This confirmed that the threat posed by groups of Somali pirates operating from Puntland (north-eastern Somalia) had to be addressed, in order to guarantee the security of merchant ships passing through that strait.

At the beginning of the 21st century, piracy off the coast of Somalia had a strong impact on international shipping in the Horn of Africa region. As a significant portion of the world's trade – and especially energy – flows through those sea lanes, the phenomenon could potentially disrupt global trade and pose a concrete threat to global energy security. Therefore, international shipping was one of the referent objects whose existence was threatened by Somali piracy.

3. The impact of Somali piracy on freedom of navigation in the Western Indian Ocean

In February 2009, in a statement to the subcommittee on Coast Guard and Maritime Transportation of the committee on Transportation and Infrastructure of the House of Representatives, James Caponiti, the deputy acting administrator of the maritime administration office of the U.S. Department of Transportation, stated that piracy attacks threatened freedom of navigation and the flow of trade off the Horn of Africa, and were responsible for disrupting the delivery of critical humanitarian supplies to Somalia (Caponiti, 2009).

According to Caponiti, the Gulf of Aden was one of the world's busiest sea lanes at the time. This made many ships that crossed those waters, particularly the most vulnerable ones – the easiest to intercept and board –, potential targets for pirate groups. In most cases, these were ships with low freeboards (the distance between the upper deck and the waterline), with medium to high tonnage, travelling at speeds below 15 knots⁴ (Chalk, 2010). In the first years of the 21st century, about 80% of the ships transiting through the Gulf of Aden carried cargo to and from Europe, East Africa, South Asia and the Far East. However, a significant percentage of that cargo was also transported to and from the US (Caponiti, 2009).

This chapter will analyse freedom of navigation in the sea lanes of the Horn of Africa, which is essential to nations, businesses and people on all continents because a large part of the trade in energy, but also cereals, chemicals, manufactured goods, metals and minerals is transported by sea (Bailey & Wellesley, 2017).

According to the OBP report cited in the previous chapter, in 2010, approximately 80% of the world's trade was carried by sea, which represented nearly 93,000 merchant ships, 1.25 million seafarers and nearly six billion tonnes of cargo. The same report states that maritime trade had roughly doubled every decade since the end of World War II. The OBP also identified the main direct costs of piracy, which include: ransoms paid for the release of crew members and hijacked ships; higher insurance premiums due to the fact that the Horn of Africa sea lanes were considered “war zones” by the insurance industry; the increase in

⁴ One knot = one nautical mile / hour = 1,852 metres / hour.

the area occupied by security and deterrent equipment on board merchant ships; the use of alternative routes (which was discussed in the previous chapter); military counter-piracy operations carried out in the region; the cost of piracy prosecutions; and the budgets of organizations dedicated to reducing piracy off Somalia (OBP, 2010a).

One of the most significant direct costs of piracy were the ransoms sought by Somali pirates, to the point that this was one of the factors that clearly differentiated this hot spot from others. In fact, in other regions where the phenomenon occurred, pirates usually attempted to rob the ships (and the crew members on board) or steal the cargo, rather than seizing the ships and taking the crew members hostage until a ransom was negotiated and paid. However, the modus operandi of Somali pirates – which will be discussed in detail in the next chapter – was especially hazardous to the physical integrity of the crew members that were held hostage, even putting their lives at risk. For example, the average ransom in 2010 was \$5.4 million (OBP, 2010a). In 2009 and 2010, the total cost of ransoms paid by shipowners was \$415 million, as shown in Table 1.

Table 1 – Cost of ransoms in 2009 and 2010

	Average cost per ransom	Total number of hijackings in the Horn of Africa	Total cost of ransoms
2009	\$3.4 million	52	\$177 million
2010	\$5.4 million	44	\$238 million
	Total cost in 2009 and 2010		\$415 million

Source: Adapted from OBP (2010a).

In response to the growing threat of pirate groups operating off the Horn of Africa and its impact on the cost of ransoms, the marine insurance industry sharply increased insurance rates and premiums, especially in areas that were considered at high risk for piracy attacks. Figure 4 shows the high risk zone defined by the United Kingdom Maritime Trade Operations (UKMTO) in 2015, which was significantly larger during the years when Somali piracy was at its peak (2008 to 2012). All ships transiting the area had to pay significantly higher insurance premiums.

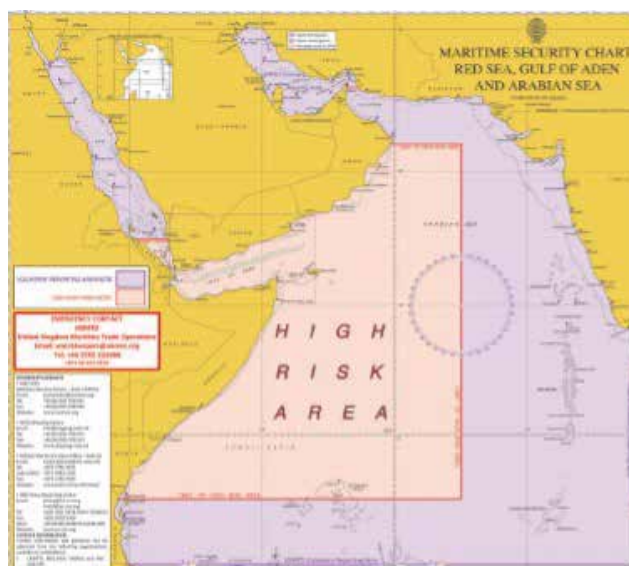


Figure 4 – Admiralty Maritime Security Chart Q6099 outlining the high risk zone

Source: Maritime Cyprus (2015).

Shipping insurance was divided into four main areas: war risk, kidnap and ransom, cargo, and hull insurance. War risk insurance was an additional charge for any ship travelling through an area at high risk for piracy attacks. The cost of war risk premiums increased 300 times in 2010, from \$500 per ship per trip to \$150,000. Kidnap and ransom premiums are estimated to have increased tenfold between 2008 and 2009. On average, cargo insurance premiums increased four times and hull insurance premiums doubled (OBP, 2010a). As an example, Table 2 shows the estimated cost of the largest insurance premiums for ships travelling through the Horn of Africa in 2010, war risks and kidnap and ransom.

Table 2 – Cost of insurance premium surcharges for ships transiting the Horn of Africa in 2010

	2010
War risk premium surcharge	\$4.05 billion
Kidnap and ransom surcharge	\$0.54 billion
Estimated total insurance costs (if all ships transiting the Gulf of Aden purchased them)	\$4.59 billion

Source: Adapted from OBP (2010a).

In the model provided by the OBP, the costs in Table 2 were obtained by calculating the average number of merchant ships transiting the Horn of Africa sea lanes every year (30,000), and subtracting 10% (which the OBP estimated to be the average percentage of ships that chose the Cape of Good Hope route over the Suez Canal route).

But shipowners have also made efforts to protect their ships and crews from pirate attacks by purchasing security equipment and / or contracting security personnel before entering

a high-risk zone. The model followed by the OBP estimated that if a civilian ship acquired all required security equipment and specialised personnel, it would pay on average about \$134,000 per trip through the Horn of Africa (OBP, 2010a). Table 3 lists the security equipment most frequently used by merchant ships travelling through the high-risk areas off the coast of Somalia in 2009 and 2010, as well as additional costs, including the cost of hiring private security teams.

Table 3 – Cost of deterrent equipment and private security teams

Equipment	Cost
Private armed security	\$80,000
Sonic deterrent systems	\$1,250
Barbed wire barriers	\$12,000
Sandbags	\$1,200
Electric fences	\$40,000
Total per ship, per transit	\$134,450
Total cost of security per year (if all ships travelling the Gulf of Aden purchase these services)	\$3.6 billion

Source: Adapted from OBP (2010a).

However, the use of private security teams on board civilian vessels was highly controversial due to the potential for violence against people who used the sea illegally (fishermen, for example, were often confused with pirates because they used the same type of vessels). Another argument against the use of security teams was the fact that several companies that provided this type of service did not have clear rules of engagement and adequate legal counsel on the legal consequences of using firearms against suspects of crimes committed at sea. For example, an accidental death or injury resulting from an exchange of fire would expose those responsible to potentially crippling liability claims or even criminal charges. On the other hand, the laws of many States do not allow ships with armed private security teams on board to enter their territorial waters, on the grounds that it did not fall under the “right of innocent passage” defined in the United Nations Convention on the Law of the Sea (Portuguese Parliament Resolution No. 60-B/97, 1997). Finally, these private teams were usually very expensive and using them could trigger an arms race with the pirate groups which could, even if inadvertently, put the civilian vessels they were hired to protect at even greater risk should there be an exchange of fire with the attacking vessels (Chalk, 2010).

Against this background, the international shipping industry essentially had two possible courses of action to deal with the phenomenon: avoid the high-risk area by using the Cape of Good Hope routes; or continue operating in the area, while being aware of the serious threat of pirate attacks by groups based on the Somali coast. Opting for an alternative route could be a viable option for lower value cargo, such as bulk commodities. However, in the case of high-value consumer goods or items for just-in-time manufacturing, the additional delay may simply be unacceptable to the shipper (U.S. Department of Transportation, 2008).

Therefore, freedom of navigation in the Horn of Africa was clearly threatened by the attacks of pirate groups off Somalia. Shipowners who continued to use the Suez Canal route had to greatly increase their physical security. One option was to hire private security teams to deter pirate groups. However, as discussed in this chapter, the potential costs of hiring such companies could be much greater than the benefits, so this option was met with reservations, especially by some flag States of merchant vessels. Not only was it expensive, but there were additional costs with the security equipment to be installed on board and the high insurance premiums for ships travelling through the region. Thus, freedom of navigation off the coast of Somalia was another referent object threatened by Somali piracy at the beginning of the 21st century.

4. The impact of Somali piracy on the (in) security of seafarers and citizens

The risks associated with maritime piracy are complex and multifaceted. At the most basic level, pirate attacks pose a direct threat to the lives and well-being of citizens of several States, that is, the crews of civilian ships. In addition to the risk of death or injury, many seafarers who were victims of pirate attacks have suffered considerable mental trauma, and some even chose not to return to sea (Chalk, 2009).

Another aspect to bear in mind is that most Somali citizens face difficult living conditions that became even more dire after the tsunami that hit the region in late December 2004. It devastated the Puntland coast, particularly the area between Hafun and Garacad, and ruined numerous families. Therefore, emergency humanitarian aid was critical to avoid a catastrophe, and that meant preventing pirates from attacking the merchant ships carrying that aid (Lang, 2011).

This chapter will address the impact of piracy off Somalia on the (in) security of people, including the captured crews of civilian ships and the Somali citizens in need of emergency food aid.

It is worth noting that, between December 2008 and December 2010 alone, different groups of Somali pirates held 1,900 people hostage from 105 hijacked civilian ships, for an average period of 120 days. Some victims – who were often used both as slaves and as human shields to prevent the special forces of the States involved in combating the phenomenon from attempting to take back the ships – suffered such deep traumas that even after being released, they preferred not to testify about the various excesses committed by the pirates during their captivity (Lang, 2011).

Table 4 shows – according to data from the International Maritime Organization (IMO), a UN agency that specialises in maritime issues – the crimes committed by pirate groups against the crews of civilian ships travelling the waters of the Horn of Africa in 2008 and 2009.

Table 4 – Criminal acts against seafarers in 2008 and 2009

Crimes committed by pirates against crews	2008	2009
Killed crew members	6	8
Injured crew members	42	59
Crew members held hostage	774	746
Missing crew members	38	9

Source: Adapted from IMO (2010).

The International Maritime Bureau (IMB) – a specialised division of the International Chamber of Commerce (ICC) – was created in 1981 to serve as a focal point in the fight against all types of maritime crime (ICC, 2022). During the peak of Somali pirate activity (2008 to 2012), it produced detailed reports on attacks and made them available to the public through the Piracy Reporting Centre (PRC), which continuously monitors global shipping lanes. The reports classified the attacks into four categories – those that were simply attempted, attacks in which firearms were used but the ship was not boarded, attacks in which the ship was boarded but not hijacked, and attacks in which the ship was hijacked. However, these categories did not account for the full range of crimes committed against hostages during their captivity.

Therefore, the OBP decided to restructure the report to include the acts of violence committed during these periods, classifying the types of trauma that crew members suffered into different categories of increasing complexity and risk, according to Figure 5.



Figure 5 – Categories of violence against crew members

Source: Adapted from OBP (2010b).

The level of violence committed by pirates operating in the Horn of Africa in 2010 – the year with the highest number of piracy incidents – in each of the categories listed in Figure 5 is shown below. The least violent – crew members who were simply attacked – revealed 119 civilian ships with 2,753 crew members targeted by pirates that year (OBP, 2010b). Table 5 shows the main physical and psychological risks that, according to the OBP, crew members of these ships could face as a result of an attack.

Table 5 – Risks to crew members as a result of pirate attacks

Main physical risks	Main psychological risks
Use of firearms and explosives by pirate groups	The threat experienced during the attack
Abuse or violence if pirates board the ship	Fear and uncertainty about the possibility that an attack might succeed
	Exposure to combat with firearms

Source: Adapted from OBP (2010b).

The second category on the scale of violence – crew members forced to take shelter in the ship citadel – was linked to the risk of crew members being in direct contact with pirates in the event of a successful attack. According to the Best Management Practices (BMP) manual, which defines procedures for the crews of merchant ships travelling through areas at high risk of piracy, there should be a designated fortified space – the citadel – where the crew can hide and wait for the intervention by naval forces deployed in the region. In 2010, the OBP recorded 342 crew members from 19 civilian ships who sheltered in the ship citadels from attacks by pirate groups (OBP, 2010b). Table 6 identifies the main physical and psychological risks that this entailed.

Table 6 – Risks faced by crew members hiding from a pirate attack in the ship citadel

Main physical risks	Main psychological risks
Smoke inhalation as a result of pirates' attempts to breach the citadel	Continuation of the threat experienced during the attack
Abuse or violence if pirates breach the citadel	Increased fear about the possibility that the attack will be successful, and about the pirates' actions should that happen

Source: Adapted from OBP (2010b).

The next category corresponds to the third level of Figure 5 and refers to seafarers who were captured and held hostage by Somali pirates. According to OBP data, in 2010, 53 civilian ships were hijacked by Somali pirate groups and 1090 crew members were held hostage while the pirates negotiated the ransoms to be paid for their release with the shipowners (OBP, 2010b). Table 7 shows the OBP list of main physical and psychological risks to seafarers who are held hostage.

Table 7 – Risks for seafarers held hostage by pirate groups

Main physical risks	Main psychological risks
Acts of violence by pirates	Lack of control over one's own life
Poor nutrition	Sense of permanent and lasting danger
Lack of access to medication or basic health care	Inability to contact family for long periods of time

Source: Adapted from OBP (2010b).

The last level of Figure 5 corresponds to the highest level of violence and refers to the number of crew members who were abused or used as human shields. The abuses were both physical (ranging from being denied water or food to beatings) and psychological (such as intimidation using firearms or solitary confinement). The OBP data show that, in 2010, 488 crew members from 21 ships suffered various abuses and 516 were even forced to collaborate with the pirates as human shields. Table 8 summarises the main physical and psychological risks that resulted from this.

Table 8 – Risks for crew members that suffer abuses and are used as human shields by pirates

Main physical risks	Main psychological risks
Physical and psychological abuse by pirates	Death threats or mock executions
Torture and risk of suicide	Guilt due to being forced to collaborate with pirates
Exposure to danger during an intervention by military forces	

Source: Adapted from OBP (2010b).

The next section will focus on the Somali territory. First, it is important to bear in mind that poverty and unemployment have been commonplace in Somalia since the fall of the Siad Barre regime in 1991. The World Bank estimated that, in the first years of the 21st century, at least 40% of the population lived in extreme poverty (on less than one dollar a day) and approximately 75% of families survived on just two dollars a day (Gilpin, 2009). The vast majority of young Somalis were unemployed. According to the 2007 annual report of the WFP, in November that year the United Nations described the situation in Somalia as the most serious humanitarian crisis in Africa. Furthermore, the living conditions of the majority of the population had deteriorated to such an extent that only emergency humanitarian aid could prevent a catastrophe of unimaginable proportions (WFP, 2007).

By late 2007, the WFP had provided 82,000 tons of supplies to feed an estimated 1.5 million Somali citizens. In 2008, food aid to Somalia more than tripled compared to 2007 (260,000 tons), reaching more than 3,250,000 people (WFP, 2008). However, pirate attacks on the ships chartered by the WFP to transport essential goods threatened these efforts, especially because about 90% of these products reached the Somali ports by sea.

On June 2005, a WFP-chartered merchant vessel – the Motor Vessel (MV) *Semlow* – was hijacked off the east coast of Somalia. The UN agency responded by suspending all food aid shipments to Somalia, as the insecurity in those waters made navigation unsustainable (BBC, 2005). Later, in early 2007, the ships chartered by the WFP were again on the list of preferred targets of pirate groups. In February that year, the MV *Rozen* was attacked off the north-east coast of Somalia and hijacked by pirates, who held the crew captive for 34 days (ICC, 2007). In May 2007, WFP Executive Director Josette Sheeran called on the international community to intervene to protect the ships. The response was positive: in November of

that year, military vessels began escorting the ships chartered by the WFP from the port of Mombasa, Kenya, to various ports in Somalia (WFP, 2007).

In the first decade of this century, Somali piracy was a very significant threat to the security of the crews of civilian ships transiting the Horn of Africa, as well as to the security of many Somali citizens who struggled with an almost complete lack of resources and were dependent on the emergency food aid provided by the WFP. In conclusion, both seafarers who used the sea lawfully – the crew members of merchant vessels, fishermen or recreational users – and the Somali people on shore became referent objects that were threatened by the groups of pirates operating off Somalia.

5. The impact of Somali piracy on the (in) security of the marine environment in the Horn of Africa

This chapter will analyse the impact of Somali piracy on environmental (in) security in the Horn of Africa to determine, specifically, how it could lead to a major catastrophe in those waters.

One thing to bear in mind is that, after an attack by pirates, a ship could be left adrift in a congested sea lane as a result of this criminal act. The most dramatic consequence of this scenario would be a collision at sea involving a loaded hydrocarbon carrier, especially in narrow sea lanes and close to shore. Any spill of oil (or petroleum products) would not only cause irreparable damage to offshore resources and marine life in general, it would seriously deteriorate long stretches of fertile coastal areas if those products are not collected. This would have serious consequences for countries that rely on the ocean as their main source of protein for domestic consumption or export (Chalk, 2009).

Furthermore, the Persian Gulf countries depended on the safe passage of ships through the Bab-El-Mandeb Strait. At the peak of Somali pirate activity, approximately 57 supertankers from those countries passed through that chokepoint every day, that is, more than 21,000 per year (Aljamra, 2019).

Additionally, a 2014 report by the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) warned about the potential pollution that could result from pirate attacks on this type of ship, which posed a serious threat to marine ecosystems and biodiversity. If an incident involved ships carrying hazardous and noxious substances (e.g. chemicals), the risks included the loss of crew members' lives due to possible explosions. An oil spill that resulted from attacks by pirate groups could cause serious damage to the marine areas of several countries, regardless of their size, and jeopardise economic opportunities and livelihoods that depended on the oceans (such as fishing, but also tourism and recreational marine activities) (UNCTAD, 2014).

Table 9 shows the number of oil, gas and chemicals carriers that were targeted by pirate groups between 2008 and 2012, the vast majority of which occurred in the waters of the Horn of Africa.

Table 9 – Oil and gas carriers targeted by pirate attacks between 2008 and 2012

	2008	2009	2010	2011	2012
Oil carriers	30	41	43	61	32
Chemicals carriers	55	69	96	100	76
Liquefied Natural Gas (LNG) carriers	0	1	1	0	2
Liquefied Petroleum Gas (LPG) carriers	6	5	7	6	10

Source: Adapted from IMB (2011) and IMB (2014).

The IMB reports list the total number of successful and attempted attacks against oil and gas tankers in the Horn of Africa sea lanes in 2011 – one of the years in which more incidents of Somali piracy were recorded. These numbers are shown in Table 10.

Table 10 – Oil and gas carriers targeted by Somali pirate attacks in 2011

		Oil	Chemicals	LNG	LPG
Successful attacks	East coast of Somalia	5	6	0	0
	Gulf of Aden and Southern Red Sea	3	1	0	0
Attempted (unsuccessful) attacks	East coast of Somalia	22	20	0	2
	Gulf of Aden and Southern Red Sea	10	18	0	2
TOTAL		40	45	0	4

Source: Adapted from IMB (2012) and IMB (2014).

The Horn of Africa sea lanes – particularly the Gulf of Aden and the areas adjacent to the Bab el-Mandeb Strait – are especially vulnerable to environmental risks due to the heavy traffic of tankers carrying oil and chemical products. For example, in April 2008, during an attack on the Japanese oil tanker *Takayama* off the coast of Somalia, the ship's fuel tanks were hit and spilled into the sea (UNCTAD, 2014); in July 2011, a tanker flying the Liberian flag, *Brillante Virtuoso*, was attacked while crossing the Gulf of Aden, just over 20 nautical miles from Yemen, resulting in a medium-sized fire on board (IMB, 2012). Even though the damage was contained, these incidents, especially the fuel spill, highlighted the risks involved in these types of events, which could ultimately lead to serious environmental disasters.

On the other hand, in the years when Somali pirate attacks were most frequent, it was common practice for crews to halt the ship and take shelter inside safe compartments – usually an area in the engine room – once the attackers boarded the ship. For example, the 23 crew members of the Liberian-flagged tanker *Moscow University* locked themselves in the engine room on 5 May 2010, while the ship was in transit east of Socotra Island in the Gulf of Aden. That same year, on 12 October, the 21 crew members of a Marshall Islands tanker – *the Ardmore Seafarer* – travelling off the east coast of Somalia sheltered in the ship's citadel after halting the engines. They remained there for over 24 hours, during which the pirates did their best to manoeuvre the vessel, without success, and eventually abandoned the tanker (IMB, 2011).

These two examples, and many others from 2008 to 2012, show the risks to maritime navigation – but also to the marine environment – if a supertanker were abandoned in a narrow sea lane, such as the areas adjacent to the Bab el-Mandeb Strait, where there is a high risk of collision (with other ships transiting the same areas) or of the ship being stranded in shallow waters.

The final section will address the impact of Somali piracy on the sectors that depend on the marine environment, which are vital for most Western Indian Ocean countries, that is, fishing and tourism.

Any situation of maritime insecurity has an impact on the fishing sector of coastal countries, especially if their economies rely heavily on the sea's living resources, which is the case of most countries on the east coast of Africa. According to UNCTAD (2014, p. 31), at the beginning of the 21st century, the fishing industry in Africa generated an average of about \$10 billion annually. This includes domestic trade, global exports and fishing licences issued to foreign operators. However, since 2006, East African countries have experienced a sharp decline in revenue from this industry, with tuna catches in affected areas estimated to have fallen by 26.8% and fish exports by 23.8% (UNCTAD, 2014, p. 32). For example, in the first decade of the 21st century, this industry accounted for over 90% of Seychelles' exports and over 20% of Madagascar's exports (UNCTAD, 2014, p. 32).

On the other hand, according to a 2011 report by the African Development Bank (AfDB), the threat of pirate attacks had led many fishermen to avoid some of the richest fisheries in the Indian Ocean, which posed additional problems for several countries in the region, such as the Seychelles or Mauritius (Mbekeani & Ncube, 2011). Still according to the same report, tourism and fishing made up 65% of Seychelles' gross domestic product (GDP) and employed 36% of the country's workforce. The fishing industries, particularly tuna fishing, the reexport of vessel fuel, and the port services, electricity and water used by foreign fishing fleets represented about 40% of external revenue. The AfDB estimated that, in 2009, the cost of piracy to the Seychelles (not including other threats to maritime activities, such as pollution or illegal trade) was approximately 4% of the GDP (Mbekeani & Ncube, 2011, p. 6). But several other countries in the region have also witnessed a sharp decline in their fishing sectors. For example, Yemen had estimated losses of \$150 million in 2010 alone (UNCTAD, 2014, p. 32).

The threat of piracy has reduced the number of cruise ships that brought tourists to island countries such as Mauritius and the Seychelles, but Kenya has also felt the effects of piracy, as fewer liners used the Mombasa port (Mbekeani & Ncube, 2011). On the other hand, the attacks by Somali pirates on yachts, cruise ships and vessels used for diving and other recreational activities had a negative impact on tourism for the countries of the East African coast and even for the Persian Gulf countries. This vast region's attractiveness as a holiday destination significantly decreased, and tourist arrivals in the different countries declined by about 6.5%. In Kenya – where tourism represents approximately 12% of the GDP – the Kenya Tourist Board estimated that the number of tourists visiting Mombasa on cruise ships had declined by 95% between January and April of 2010, and that, in 2011, the potential loss of revenue caused by the impact of piracy on this industry could be between \$129 million and \$795 million (UNCTAD, 2014, pp. 33-34).

This section analysed the impact of Somali piracy on the marine environment of the Horn of Africa, specifically, the potential environmental catastrophe that could result from the numerous attacks on oil and gas carriers – especially attacks using rocket propelled grenades. Another possible consequence is that a ship abandoned in the Bab el-Mandeb Strait could cause serious damage to marine life in the event of a collision or if the ship is stranded in an area close to shore. Finally, Somali piracy has had a very significant impact on the vital fishing and tourism sectors of virtually every country on the east coast of Africa, and even in some countries of the Arabian Peninsula, which have seen their revenue decrease substantially. Thus, environmental security in the Horn of Africa and the economic security of many Western Indian Ocean countries are important referent objects threatened by Somali piracy at the beginning of the 21st century.

6. Conclusions

This article examined the reasons that made Somali piracy an international security problem in the first years of the 21st century.

To answer this question, the study used the theoretical principles of the Copenhagen School, which proposes extending the concept of security to sectors beyond its traditional political and military scope, broadening the definition of actors to entities other than States and predicting the emergence of new threats. The Copenhagen School was the basis of securitisation theory, which its authors defined as a movement that took politics beyond established norms and framed an issue as a specific type of politics (or as above it). That issue was described as an existential threat that demanded urgent action and justified interventions that went beyond the usual limits of political procedure.

However, threats and discussions about security require referent objects because without them, there is nothing to protect. In other words, security presupposes the existence of referent objects. Traditionally, when talking about international security, States were considered the only referent objects. But the widening of the security agenda in the post-Cold War introduced a broader range of referent objects. This study analysed the referent objects whose existence was threatened by Somali piracy, which justified the use of military forces as an emergency measure to tackle the problem.

The study found that, for several years at the beginning of the 21st century, Somali piracy affected international shipping, and that several merchant ships travelling from Asia and Oceania to Europe and North America opted for using the Cape of Good Hope route instead of the Suez Canal, which entailed much longer trips and substantially higher freight costs. The Suez Canal – Bab el-Mandeb Strait route is vital for international shipping, and particularly for the energy trade. As such, any interruption in the flow of oil or petroleum products through those sea lanes could lead to shortages or delays in the delivery of goods to end consumers (countries, companies and people), and the unpredictability that would result from the shortage of goods in the markets and from a predictable generalised spike in trade prices would have serious consequences for global energy security.

On the other hand, freedom of navigation in the Horn of Africa sea lanes was severely compromised by the upsurge in pirate attacks off the coast of Somalia, and the measures implemented to mitigate the problem had substantial direct and indirect costs, especially between 2008 and 2012 – the years in which the phenomenon was most prevalent.

Somali piracy also threatened the security of passengers and crew members of civilian ships, fishing vessels, and all those who use the sea lawfully. The fact that WFP vessels were frequently attacked and hijacked also contributed to the insecurity of nearly three and a half million people in Somalia, who relied on this emergency food aid to survive.

Another consequence of Somali piracy is the potential for environmental disasters caused by oil spills. The large number of tankers carrying oil, gas and chemicals that used the Horn of Africa sea lanes, especially those that run through the Gulf of Aden, and were targeted by pirate attacks – both failed and successful – increased the risk that those products could spill into the ocean, with harmful consequences for the surrounding marine environment. Finally, for many countries in the East African coast (and even some in the Persian Gulf), the economic impact of pirate activity off Somalia was very significant – especially for the fishing and tourism industries – and led to substantial losses of revenue at the height of the phenomenon.

Somali piracy was an undeniable existential threat to several (very relevant) referent objects, posing risks to maritime security across the entire Western Indian Ocean, the security of the crews of merchant ships transiting the area, as well as of the Somali people in need of emergency food aid, and the economic security of many countries in the region, which had been deprived of important sources of revenue due to the significant decrease in fishing activities and tourism activities that depend on the sea. Finally, Somali piracy was a potential threat to global energy security and to the environmental security of the Horn of Africa because it threatened the safe passage of numerous ships carrying hydrocarbons and chemicals through the Gulf of Aden and the Bab el-Mandeb Strait.

The above analysis should have sufficiently answered the question posed at the beginning of this article and supported the thesis that it was the specific character of the referent objects threatened by Somali piracy in the first years of the 21st century that led decision makers to consider it a relevant international security problem and an existential threat, eliciting a vigorous and unprecedented response from the international community.

References

- Aljamra, H. (2019). *Bab-El-Mandeb, Gateway to the Red Sea: the World's Most Dangerous Strait*. Retrieved from <https://insidearabia.com/bab-el-mandeb-gateway-to-the-red-sea-the-worlds-most-dangerous-strait/>
- Bailey, R., & Wellesley, L. (2017). *Chokepoints and Vulnerabilities in Global Food Trade*. The Royal Institute of International Affairs. London: Chatham House.
- BBC. (2005). *Somali aid suspended after hijack*. Retrieved from <http://news.bbc.co.uk/2/hi/africa/4649825.stm>

- Buzan, B. (1983). *People, States & Fear*. Brighton: Wheatsheaf Books Ltd.
- Buzan, B., & Wæver, O. (2003). *Regions and Powers. The Structure of International Security*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Buzan, B., Wæver, O., & Wilde, J. (1998). *Security: A New Framework for Analysis*. London: Lynne Rienner Publishers, Inc.
- Caponiti, J. (2009). *International Piracy*. Retrieved from U. S. Department of Transportation: <https://www.transportation.gov/testimony/international-piracy>
- Chalk, P. (2009). *Maritime Piracy. Reasons, Dangers and Solutions*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.
- Chalk, P. (2010, September). Piracy in the Horn of Africa. *CTC Sentinel*, 3(9), 11-14. Retrieved from <https://ctc.usma.edu/wp-content/uploads/2010/10/CTCSentinel-Vol3Iss94.pdf>
- Cunningham, N. (2018). *The 4 Key Chokepoints For Oil*. Retrieved from <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/The-4-Key-Chokepoints-For-Oil.html>
- EIA. (2017). *World Oil Transit Chokepoints*. US Energy Information Administration. Retrieved from https://www.eia.gov/international/content/analysis/special_topics/World_Oil_Transit_Chokepoints/wotc.pdf
- Gilpin, R. (2009). *Counting the Costs of Somali Piracy*. Retrieved from <https://www.usip.org/publications/2009/07/counting-costs-somali-piracy>
- Global Security. (2017). *Pirates*. Retrieved from <https://www.globalsecurity.org/military/world/para/pirates.htm>
- ICC. (2007). *Piracy attacks spike in Somali waters*. Retrieved from <https://iccwbo.org/media-wall/news-speeches/piracy-attacks-spike-in-somali-waters/>
- ICC. (2022). *International Maritime Bureau*. Retrieved from <https://www.icc-ccs.org/icc/imb>
- IMB. (2011). *Piracy and Armed Robbery Against Ships – Annual Report 2010*. London: International Chamber of Commerce.
- IMB. (2012). *Piracy and Armed Robbery Against Ships – Annual Report 2011*. London: International Chamber of Commerce.
- IMB. (2014). *Piracy and Armed Robbery Against Ships – Annual Report 2013*. London: International Chamber of Commerce.
- IMO. (2010). *Reports on Acts of Piracy and Armed Robbery Against Ships – Annual Report 2009*. London: International Maritime Organization.
- Industry Report. (2010). *The Maritime Security Market 2010-2020: Piracy, Shipping & Seaports*. Retrieved from <https://industryreport.wordpress.com/2010/04/15/the-maritime-security-market-2010-2020-piracy-shipping-seaports/>
- Lang, J. (2011). *Report of the Special Adviser to the Secretary-General on Legal Issues Related to Piracy off the Coast of Somalia*. New York: United Nations.
- Maritime Cyprus. (2015). *Anti-Piracy update: Updated chart for HRA available to download*. Retrieved from <https://www.maritimecyprus.com/2015/12/18/anti-piracy-update-updated-chart-for-hra-available-to-download/>
- Mbekeani, K. K., & Ncube, M. (2011, 14 July). *Economic Impact of Maritime Piracy. Africa Economic Brief. African Development Bank (AfDB)*, 12(10), Abidjan: African Development

- Bank. Retrieved from https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/Maritime%20Piracy_Maritime%20Piracy.pdf
- Mcsweeney, B. (1996). Identity and security: Buzan and the Copenhagen school. *Review of International Studies*, 22, 81-93.
- OBP. (2010a). *The Economic Cost of Maritime Piracy – 2010*. Broomfield: One Earth Future Foundation.
- OBP. (2010b). *The Human Cost of Somali Piracy – 2010*. Broomfield: One Earth Future Foundation.
- Popescu, A. I. (2017). Control of Key Maritime Straits – China's Global Strategic Objective. *International Journal of Economics and Business Administration*, V(1), 92-119.
- Portuguese Parliament Resolution No. 60-B/97, of 14 October (1997). *Approves, for ratification, the United Nations Convention on the Law of the Sea and the Agreement relating to the Implementation of Part XI thereof*. Journal of the Republic, Series I-A, 238, 5486-(3). Lisbon: Portuguese Parliament.
- Santos, L. B., & Lima, J. V. (Coords.) (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação (2nd Ed., revised and updated)*. IUM Notebooks, 8. Lisbon: Military University Institute.
- The World Bank. (2013). *The Pirates of Somalia: Ending the Threat, Rebuilding a Nation*. Washington DC: World Bank.
- U. S. Department of Transportation. (2008). *Economic Impact of Piracy in the Gulf of Aden on Global Trade*. Retrieved from <https://www.hsdl.org/?view&did=232008>
- UNCTAD. (2014). *Maritime Piracy, Part I: An Overview of Trends, Costs and Trade-Related Implications*. New York: United Nations.
- Wæver, O. (1995). Securitization and desecuritization. In R. D. Lipschutz, *On Security*. New York: Columbia University Press.
- Waltz, K. N. (1979). *Theory of International Politics*. Berkeley, California, USA: Addison-Wesley Publishing Company.
- WFP. (2007). *World Food Programme – Annual Report 2007*. Rome: United Nations World Food Programme. Retrieved from <https://www.wfp.org/publications/wfp-annual-report-2007>
- WFP. (2008). *World Food Programme – Annual Report 2008*. Rome: United Nations World Food Programme. Retrieved from <https://www.wfp.org/publications/wfp-annual-report-2008>
- Williams, P. D. (2008). *Security Studies*. Oxford: Routledge.

GESTÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS NUMA VERTENTE DE ECONOMIA CIRCULAR EM CONTEXTO MILITAR¹

CHEMICALS MANAGEMENT IN THE MILITARY FROM THE PERSPECTIVE OF THE CIRCULAR ECONOMY

Ana Luísa Viana de Meneses

Capitão Técnica de Manutenção de Material Aéreo
Licenciada em Engenharia Mecânica pelo Instituto Superior Técnico
Comandante da Esquadilha de Inspeção e Reparação de Motores da BA5
2415-215 Leiria
almeneses@emfa.pt

Bruno António Serrasqueiro Serrano

Major Engenheiro Aeronáutico
Master em Business Administration pelo Instituto Superior de Economia e Gestão
Deputy of the Airworthiness Certification Office from the Engineering and Programs Directorate (DEP)
Lecturer at the Air Force Academy
baserrano@emfa.pt

Resumo

O novo plano de ação para a economia circular estimula a adoção de novas práticas de gestão através da inovação ao nível dos produtos, permitindo simultaneamente a redução da procura de recursos naturais com a reutilização dos materiais. Uma realidade refletida na manutenção aeronáutica e no uso que faz de produtos químicos em ações de manutenção planeadas e inopinadas. Este estudo procura propor formas de otimizar a *praxis* de gestão de produtos químicos na manutenção aeronáutica, numa vertente de economia circular, na Força Aérea (FA). Pauta-se por um raciocínio indutivo, estratégia de investigação qualitativa com reforço quantitativo e estudo de caso como desenho de pesquisa, e baseia-se em dados das entrevistas semiestruturadas conduzidas a 21 *experts* nestas matérias da FA e das congéneres portuguesas as quais executam manutenção de aeronaves em Portugal. Dos resultados obtidos, concluiu-se que poderá ser uma mais-valia implementar seis medidas associadas ao processo de gestão dos produtos químicos, de onde se destacam a gestão centralizada daqueles produtos nas Esquadras de Abastecimento de todas as Bases Aéreas, a disponibilização das Fichas de Dados de Segurança no portal da *intranet*, e a criação de um modelo de reutilização dos químicos antes destes serem considerados como resíduos.

Como citar este artigo: Meneses, A. L. V., & Serrano, B. A. S. (2022). Gestão de Produtos Químicos numa Vertente de Economia Circular em Contexto Militar. *Revista de Ciências Militares*, maio, X(1), 63-97. Retirado de <https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/Lista%20Pt/Lista%20de%20publica%C3%A7%C3%B5es%20Revista%20De%20Ci%C3%A7ncias%20Militares.pdf>

¹ Artigo elaborado a partir do trabalho de investigação individual realizado no âmbito do Curso de Promoção a Oficial Superior 2021/2022, cuja defesa ocorreu em fevereiro de 2022, no Instituto Universitário Militar. A versão integral encontra-se disponível nos Repositórios Científicos de Acesso Aberto em Portugal (RCAAP).

Palavras-chave: Logística; produtos químicos; economia circular; manutenção de aeronaves.

Abstract

The new circular economy action plan encourages the adoption of new management practices through product innovation at the product level, while allowing for a reduction in the demand for natural resources with the reuse of materials. This has an impact on aircraft maintenance and on the chemical products used in planned and unplanned maintenance tasks. This study proposes measures to optimise the management of aircraft maintenance chemicals in the Portuguese Air Force (PoAF), from a circular economy perspective. The study uses inductive reasoning, a qualitative research strategy with quantitative elements and a case study research design to analyse the data obtained from semi-structured interviews conducted with 21 experts on the topic, from the PoAF and from Portuguese companies that perform aircraft maintenance in Portugal. The findings revealed six measures that can be implemented to optimise the chemical products management process, the most important of which are: centralising the management of those products in the Supply Squadrons of all Air Bases, publishing the Safety Data Sheets on the intranet portal, and creating a protocol to reuse chemicals before they are considered waste.

Keywords: Logistics; chemical products; circular economy; aircraft maintenance.

1. Introdução

A Diretiva N.º 08/2019 do Chefe do Estado-Maior da Força Aérea (CEMFA), apresenta como objetivo operacional “Estimular uma Política Ambiental sustentável”, com foco na “[...] gestão de resíduos; melhoria contínua e prevenção da poluição” (p. 14).

Em 7 de janeiro de 2020 foi publicado o Despacho n.º 149/2020 do Ministério da Defesa Nacional (MDN) que homologou a Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional (DN), a qual “tem como finalidade a definição de uma estratégia que integre as questões ambientais, economia circular e sustentabilidade energética” (p. 46), e de entre os objetivos estratégicos definidos há a realçar, numa vertente da economia circular, o de “Contribuir para a gestão eficiente e uso sustentável dos recursos.” e o operacional de “Adquirir produtos e desenvolver processos com menor utilização de recursos, enquadrados nos princípios da economia circular” (p. 50).

Em março de 2020 foi apresentado o novo Plano de Ação para a Economia Circular (PAEC), definindo economia circular como “um modelo de produção e de consumo que envolve a partilha, o aluguer, a reutilização, a reparação, a renovação e a reciclagem de materiais e produtos existentes” (Parlamento Europeu (PE), 2021a, 6.º parágrafo). Este modelo, implica a redução do desperdício ou dos resíduos ao mínimo (PE, 2021b).

Do PAEC, destacam-se, no âmbito deste trabalho as intenções de “reforçar a política de resíduos para incentivar a prevenção e a circularidade dos resíduos [...] e promover a circularidade num ambiente livre de substâncias tóxicas” (Comissão Europeia (CE), 2020a, pp.13-14).

O PE tem vindo a sublinhar a importância da transição para uma economia verdadeiramente circular e com impacto neutro no clima, devendo ser dada prioridade à redução da produção de resíduos sobre a reciclagem (PE, 2021b).

A Agência Europeia dos Produtos Químicos (*European Chemicals Agency* [ECHA]), é a entidade responsável por implementar “o direito da UE relativo aos produtos químicos para proteger a saúde e o ambiente” (ECHA, 2021a, 1.º parágrafo). O Regulamento relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de produtos químicos (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals* [REACH]) estabelece os procedimentos para a recolha e avaliação de informações sobre as propriedades e os perigos das substâncias (REACH, 2021). O REACH incentiva “a transição para produtos químicos seguros desde a conceção, promovendo a substituição gradual das substâncias perigosas com o intuito de melhorar a proteção dos cidadãos e do ambiente” (CE, 2020a, pp. 13-14).

Neste enquadramento, e centrando a análise na manutenção aeronáutica, tem-se que os produtos químicos utilizados têm na sua composição determinadas substâncias, com propriedades PBT (Persistente, Bioacumulável e Tóxico) ou mPmB (muito Persistente e muito Bioacumulável), e que conforme indicado no Relatório do Estado do Ambiente (2021), os tornam perigosos para a saúde humana e para o ambiente, carecendo dum controlo efetivo.

As ineficiências no processo de gestão de produtos químicos para manutenção de aeronaves têm, geralmente, impacto direto na disponibilidade dos referidos produtos, o que se pode tornar crítico para a realização dos trabalhos de manutenção de aeronaves (D.J. Paiva, entrevista por *e-mail*, 12 de novembro de 2021).

Assim, a disponibilidade, ou a falta desta, repercute-se no êxito da atividade de manutenção de aeronaves, e, conseqüentemente, no grau de prontidão dos sistemas de armas (R.M. Leal, entrevista por *e-mail*, 8 de novembro de 2021).

Efetivamente, as ineficiências da gestão logística associadas à disponibilidade de produtos químicos para a manutenção de aeronaves poderão pôr em risco a missão atribuída à Força Aérea (FA) (T.J. Silva, entrevista por *e-mail*, 11 de novembro de 2021).

Face ao exposto considera-se pertinente a realização de um estudo sobre a gestão dos químicos na FA, através do mapeamento dos processos e meios, de modo a identificar a causa dos problemas e das deficiências existentes, para que no âmbito de uma economia circular seja possível a otimização dos processos através da implementação de medidas concretas que visem a redução de desperdício e a melhoria da disponibilidade dos químicos (J.A. Tavares, entrevista por *e-mail*, 8 de novembro de 2021).

O objeto da investigação deste trabalho é a gestão dos produtos químicos numa vertente de economia circular, procurando responder ao desafio de otimização da gestão dos mesmos. A investigação será delimitada, à luz do preconizado por Santos e Lima (2019, p. 42), nos seguintes âmbitos:

- Temporalmente, ao período compreendido entre 2017 e 2021, focando-se em soluções para os problemas da atualidade;
- Espacialmente, à recolha e análise de informação confinada à FA;
- De conteúdo, à análise dos produtos químicos utilizados na manutenção de aeronaves.

Neste enquadramento, este estudo tem como objetivo geral (OG) *Propor formas de otimizar a gestão dos produtos químicos da FA, utilizados na manutenção de aeronaves, no âmbito de uma economia circular*. Para atingir o OG concorrem os seguintes objetivos específicos (OE):

OE1: Analisar a *praxis* da FA em matéria de gestão dos produtos químicos utilizados na manutenção aeronáutica militar, numa vertente de economia circular.

OE2: Analisar a *praxis* de outras congéneres em matéria de gestão de produtos químicos utilizados em manutenção aeronáutica.

Um conjunto de objetivos refletidos na Questão Central (QC) de investigação, *Como se poderá otimizar a gestão dos produtos químicos da FA, utilizados na manutenção de aeronaves, no âmbito de uma economia circular?*

2. Enquadramento teórico e conceptual

Apresentam-se neste capítulo o estado da arte à luz dos dois conceitos estruturantes desta investigação, produtos químicos e economia circular, bem como o modelo de análise.

2.1. Revisão da literatura e conceitos estruturantes

2.1.1. Produtos químicos

Os produtos químicos fazem parte de praticamente todos os aparelhos do quotidiano, estão também presentes enquanto elementos constitutivos de tecnologias, matérias e produtos diversos, sendo por isso indispensáveis à sociedade. Na manutenção aeronáutica a utilização de produtos químicos está prevista nas publicações técnicas, sendo a sua disponibilidade fundamental para a realização das ações de manutenção.

Neste seção será clarificado o conceito de produtos químicos e respetiva classificação abordando a legislação europeia e o enquadramento da FA neste âmbito. Uma vez que esta investigação versa sobre a gestão dos produtos químicos utilizados na manutenção aeronáutica, no final serão também abordados os conceitos de manutenção aeronáutica e de gestão de stocks.

2.1.1.1. Conceito

Um químico é uma substância que não inclui nenhum organismo vivo, e pode ser categorizado em pesticida ou químico industrial (*Secretariat of the Rotterdam Convention* (SRC, 2020).

No sentido mais restrito entende-se por produtos químicos “[...] uma panóplia alargada de artigos, nomeadamente: solventes, produtos de limpeza, preventivos de corrosão, tintas e produtos associados, vernizes, colas, adesivos, selantes, silicones, óleos e agentes lubrificantes, massas lubrificantes e fluidos hidráulicos” (Circular n.º 2/DAT/2019, de 17 de janeiro de 2019, 2019, p.1).

“Para que mais facilmente as pessoas possam reconhecer os perigos associados aos produtos químicos estes são classificados de acordo com as suas propriedades perigosas” (ECHA, 2016, p.5).

O Regulamento (CE) n.º 1272/2008 (Classificação, Rotulagem e Embalagem – CRE) harmoniza a anterior legislação da União Europeia (UE) com o Sistema Global Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals* [GHS]), um sistema da Organização das Nações Unidas (ONU) destinado a identificar produtos químicos perigosos e a informar os utilizadores sobre esses perigos (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2021).

2.1.1.2. Legislação

Em 2007 a UE adotou o Regulamento REACH que veio impor aos produtores e importadores de produtos químicos a obrigação de testar e registar as substâncias, bem como garantir que estas são seguras para os utilizadores (ECHA, 2021c). Anteriormente ao REACH a obrigação de demonstrar que uma determinada substância era perigosa era das autoridades públicas, com o REACH os fornecedores são obrigados a provar que os produtos são seguros (ECHA, 2021b).

Em 14 de outubro de 2020 a CE adotou a estratégia para a sustentabilidade dos produtos químicos. Esta estratégia é parte dum compromisso fundamental do Pacto Ecológico Europeu (PEC), e tem como objetivos a proteção dos cidadãos e do ambiente dos produtos químicos nocivos, alcançando um ambiente livre de substâncias tóxicas, simultaneamente impulsionando a inovação e promovendo a utilização de produtos químicos mais seguros e sustentáveis (CE, 2020b).

Um quadro regulamentar mais exigente, tem levado a que as empresas da UE tenham vindo a substituir cada vez mais “as substâncias químicas e os processos de fabrico perigosos por tecnologias mais seguras e ecológicas” (ECHA, 2021d, 1.º parágrafo). Estas ações estão enquadradas com o objetivo operacional contemplado na Diretiva de Defesa Nacional relativo à aquisição de produtos e desenvolvimento de processos com um menor gasto de recursos. Este tipo de substituição pode “ter um impacto positivo significativo na implementação de uma economia circular” (ECHA, 2021d, 1.º parágrafo).

2.1.1.3. Catalogação de produtos químicos

Os produtos químicos e o restante material nas Forças Armadas (FFAA) são catalogados de acordo com o Sistema Uniforme de Catalogação de Material (SUC), segundo classes, conforme preconizado no RFA-415-1(C) (2019), este sistema é o resultado do acordo de uniformização da Organização do Tratado do Atlântico Norte (*North Atlantic Treaty Organization* [NATO]) sobre a utilização da classificação de abastecimentos e do sistema de identificação de artigos.

Qualquer artigo controlado pelo Abastecimento da FA tem um número atribuído que se designa por NNA (Número Nacional de Abastecimento) (RFA-415-1 (C), 2019). Quando um determinado artigo ainda não possui NNA atribuído, o Centro Nacional de Catalogação (CNC²) atribui-lhe um número provisório a que se dá a designação de NAP (Número de Abastecimento Provisório) (RFA-415-1 (C), 2019).

No âmbito deste trabalho foram apenas considerados os produtos químicos com as classes constantes no Quadro 1, por serem estas as aplicáveis à manutenção aeronáutica.

² É a entidade responsável, em Portugal, pela catalogação dos artigos (Diretiva n.º 1/CLAF/2021, 2021).

Quadro 1 – Classes dos produtos químicos utilizados na manutenção de aeronaves

Descrição dos produtos	Classes
Solventes	6810
Generalidade dos produtos químicos, produtos de limpeza	6850
Produtos de limpeza e polimento	7930
Tintas e produtos associados	8010
Selantes	8030
Adesivos, colas, silicones	8040
Lubrificantes (óleos, fluidos hidráulicos, massas)	9150

Fonte: Adaptado a partir de Circular n.º 2/DAT/2019 (2019).

2.1.1.4. Manutenção aeronáutica

Na manutenção aeronáutica, os produtos químicos são utilizados numa grande variedade de ações de manutenção, desde as mais simples de linha da frente, como as lavagens e lubrificações, até às mais complexas e profundas como o fabrico de componentes, ou modificações estruturais.

A Agência Europeia para a Segurança da Aviação (*European Aviation Safety Agency* [EASA]) define manutenção como sendo “qualquer revisão, reparação, inspeção, substituição, modificação ou retificação de avarias, bem como qualquer combinação destas operações, executada numa aeronave ou num componente da aeronave” (CE, 2014, p. 3).

Na FA a manutenção das aeronaves está estruturada de acordo com os níveis de manutenção onde as tarefas são cumpridas, níveis organizacional, intermédio e *depot*, correspondentes respetivamente aos 1.º, 2.º e 3.º escalões de manutenção. “Essas tarefas estarão enquadradas na manutenção programada – inspeções antes de voo, depois do voo, entre voos, periódicas e revisão geral – ou não programada (inopinada).” (MFA 500-3, 2009, p.17).



Figura 1 – Escalões de manutenção

Fonte: MFA 500-3 (2009, p. 1-5).

Para a execução das ações de manutenção nas aeronaves é necessário ter disponíveis, uma variedade de itens, dos quais se destacam, no âmbito desta investigação, os componentes spares³, e os produtos químicos, em relação aos quais é necessário constituir stocks dos artigos utilizados.

2.1.1.5. Gestão de *stocks*

O *stock* de materiais é usado para satisfazer a procura dos produtos pelos clientes, ou para suportar a produção de serviços ou bens (Krajewski et al., 2010). De acordo com Christopher (2016) o nível de *stock* que desencadeia uma nova encomenda, é designado por ponto de encomenda, este é o nível de stock necessário para fazer face às necessidades até que o produto possa ser novamente fornecido.

As vantagens da manutenção de *stocks* são a diminuição dos custos relacionados com a aquisição dos produtos, através duma maior quantidade encomendada, bem como os custos relacionados com o transporte e pagamento, garantindo-se através do *stock* de segurança, disponibilidade dos produtos para entrega imediata ao cliente (Krajewski et al., 2010). As desvantagens na manutenção de inventários são os custos associados ao inventário, quer com a sua manutenção, quer os relacionados com a sua perda, quando os produtos ficam obsoletos (Krajewski et al., 2010).

Para o controlo do inventário podem ser utilizadas diversas metodologias, algumas das quais estão exemplificadas na Figura 2.

FIFO <i>First In First Out</i>	LIFO <i>Last In First Out</i>	FEFO <i>First Expired First Out</i>
• Primeiro a entrar, primeiro a sair. • Os produtos que estão há mais tempo em armazém, são os primeiros a ser fornecidos.	• Último a entrar, primeiro a sair.	• Primeiro a expirar, primeiro a sair. • Os produtos com menor validade, independentemente da data de entrada em armazém são os primeiros a ser fornecidos.

Figura 2 – Metodologias de controlo de inventário

Fonte: Adaptado a partir de Pinto (2014).

Para Carvalho (2012), os produtos não podem ter prazo de validade, para aplicar a metodologia LIFO, pois os materiais armazenados mais recentemente são os primeiros a ser fornecidos.

³ Designação cuja tradução é sobressalentes, referindo-se aos materiais que se constituem como reserva aos que se encontram em uso.

2.1.2. Economia circular

Ao investigar-se a economia circular, aplicada a um sistema de gestão dos produtos químicos é fundamental identificar claramente o conceito de economia circular, nas suas vertentes de aumento da eficiência e redução dos resíduos produzidos no ciclo dos produtos, e a forma de se relacionar com a logística enquanto ciência do planeamento e da execução.

2.1.2.1. Conceito

No plano de ação para uma economia circular em Portugal, esta é entendida como uma economia “[...] que promove ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos por ela dinamizados, através de produtos, processos e modelos de negócio assentes na desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais” (Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017, 2017, p.55).

A Economia Circular ultrapassa o âmbito e foco estrito das ações de gestão de resíduos e de reciclagem [...] Materializa-se na minimização da extração de recursos, maximização da reutilização, aumento da eficiência e desenvolvimento de novos modelos de negócios. (Eco.nomia, 2021a, 3.º parágrafo)

Numa economia circular, “quando um produto chega ao fim do seu ciclo de vida, os seus materiais são mantidos dentro da economia sempre que possível, podendo ser utilizados uma e outra vez, o que permite assim criar mais valor” (Leitão, 2015).

Na Figura 3 está desenhada a infografia da economia circular que demonstra o ciclo de vida de um produto, desde as matérias-primas que lhe dão origem, até à sua reciclagem e/ou eventual desperdício (resíduos).



Figura 3 – Infografia sobre a economia circular

Fonte: PE (2021b).

A forma circular no ciclo de vida do produto funciona de forma contínua em toda a cadeia de valor desde a conceção do produto (o seu *design*), passando pela adoção de processos de produção mais limpa (incluindo a re-transformação dos produtos), a procura por sistemas de distribuição mais sustentáveis através da organização de serviços de logística, maximizando a vida útil do produto, colocando o foco na reparação e reutilização dos produtos, na recolha dos resíduos de forma eficiente e reciclagem dos materiais. (Eco.nomia, 2021b).

A economia circular é definida como “[...] um conceito estratégico que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia” (Eco.nomia, 2021a, 1.º parágrafo).

Os três princípios da economia circular, previstos no plano de ação para a economia circular em Portugal são:

Conceber produtos, serviços e modelos de negócio que previnam a produção de resíduos; manter produtos e materiais em utilização, no seu valor económico e utilidade mais elevados, pelo máximo de tempo possível; fomentar a regeneração dos recursos materiais utilizados e dos sistemas naturais subjacentes. (Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017, 2017, p.56).

Numa economia circular, em que é promovido o uso eficiente dos recursos constantes nela, a diminuição dos desperdícios ao longo do ciclo de vida dos produtos é fundamental (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

2.1.2.3 Logística

Na FA a logística é expressa segundo o documento “*NATO Logistics Handbook*”, como a ciência de planear e executar o movimento e a manutenção das forças (MFA 500-3, 2009).

Uma das funções logísticas, mais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho, é a função de (re)abastecimento, que inclui a determinação dos níveis de *stock*, provisionamento, distribuição e reposição dos materiais (NATO, 2012).

A logística, numa lógica de cliente, “pretende conseguir o produto certo, para o cliente certo, na quantidade certa, na condição certa, no lugar certo, no tempo certo e ao custo certo (os sete certos da Logística)” (Carvalho, 2012, p.25).

O planeamento constitui a função básica da gestão, consiste na análise sistemática das componentes de uma organização e do que a envolve, com vista a estabelecer os objetivos a alcançar (Gama, 2012).

Neste capítulo foram abordados os produtos químicos utilizados na manutenção de aeronaves, a sua forma de classificação e importância para a manutenção aeronáutica bem como a gestão de *stocks*. Posteriormente foi ainda explanado o conceito de economia circular, os seus princípios e a forma como a gestão logística e a cadeia de abastecimento interagem com o conceito constituindo-se como partes fundamentais do contributo para uma economia circular. A otimização da gestão logística é uma parte fundamental para que se consiga obter um máximo de eficiência no processo, contribuindo assim para uma economia cada vez mais circular.

2.2. Modelo de análise

No Quadro 2 apresenta-se o modelo de análise que pautou esta investigação.

Quadro 2 – Modelo de análise

Objetivo Geral	Propor formas de otimizar a gestão dos produtos químicos na FA, utilizados na manutenção de aeronaves, no âmbito de uma economia circular.			
Objetivos Específicos	Questão Central	Como se poderá otimizar a gestão dos produtos químicos da FA, utilizados na manutenção de aeronaves, no âmbito de uma economia circular?		
	Questões Derivadas	Conceitos	Dimensões	Técnicas de recolha de dados
OE1 Analisar a <i>praxis</i> da FA em matéria de gestão dos produtos químicos utilizados na manutenção aeronáutica militar numa vertente de economia circular.	QD1 Qual é a <i>praxis</i> da FA em matéria de gestão dos produtos químicos utilizados na manutenção aeronáutica militar, numa vertente de economia circular?	Produtos químicos	REACH e Legislação	Análise documental e entrevistas semiestruturadas
			Catálogo e Classes	
			Manutenção aeronáutica	
			Gestão de <i>stocks</i>	
			Abate	
		Economia circular	Redução de desperdícios	
			Gestão dos resíduos	
OE2 Analisar a <i>praxis</i> de outras congéneres em matéria de gestão de produtos químicos utilizados em manutenção aeronáutica.	QD2 Qual é a <i>praxis</i> de outras congéneres em matéria de gestão de produtos químicos utilizados em manutenção aeronáutica?	Produtos químicos	Logística	Entrevistas semiestruturadas
			Aquisição	
			Gestão de <i>stocks</i>	

3. Metodologia e método

Descrevem-se, neste capítulo, a metodologia e o método que nortearam a condução da presente investigação.

3.1. Metodologia

Este estudo pauta-se por um raciocínio indutivo, assente numa estratégia de investigação qualitativa e num desenho de pesquisa do tipo do estudo de caso (Santos & Lima, 2019).

3.2. Método

3.2.1. Participantes e procedimento

Participantes. Integraram esta investigação 21 *experts* – 19 oficiais e dois civis (Quadro 2), distribuídos desde a fase exploratória (E) e de pré-teste (PT), à de “teste” (T) e validação/aprofundamento/reconfirmação.

Quadro 3 – Identificação dos entrevistados

Cargo	Titular	E	PT	T						
				Área de expertise						
				FA				MP	OGMA	OAC
				DAT	EA	OFM	GQA			
Esquadilha de Helicópteros da Marinha Portuguesa	Capitão-tenente Rui Lopes							√		
Comandante da Esquadra de Manutenção de Aeronaves da BA5	Major Luís Silva	√				√				
Chefe do Gabinete de Qualidade de Ambiente da BA11	Major Sandra Ribeiro						√			
Comandante da Esquadra de Abastecimento (BA5)	Major Samuel Costa	√	√		√					
Comandante da Esquadra de Abastecimento (BA11)	Major Carlos Nascimento				√					
Comandante da Esquadra de Material Aéreo da BA5	Major José Tavares	√	√			√				
Chefe do Gabinete de Qualidade de Ambiente da BA6	Major Ana Santos	√					√			
Comandante da Esquadra de Abastecimento (BA6)	Capitão Sérgio Campão				√					
Comandante da Esquadra de Material Aéreo da BA11	Capitão Dinis Paiva	√				√				
Oficial de Manutenção da E504	Capitão Estevão Reis					√				
Oficial de Manutenção da E751	Capitão Natércia Teixeira					√				
Oficial de Manutenção da E502	Capitão Tiago Silva	√				√				
Oficial de Manutenção da E501	Capitão Rute Leal	√				√				

[Cont.]

Oficial de Manutenção da E601	Capitão Vaz Te					√				
Adjunto para os Lubrificantes e Químicos na DAT	Capitão Ricardo Correia	√	√	√						
Oficial de Manutenção da E552	Tenente Rui Nogueira					√				
Oficial de Ambiente da BA5	Tenente Filipe Delgado	√	√				√			
Oficial de Ambiente da BA1	Tenente Ruben Gomes						√			
Responsável pela Logística da OGMA	Engenheira Inês Serrano	√							√	
Responsável pela Qualidade de um Operador Aéreo Comercial (OAC)	Engenheira Ana Matos	√								√

Procedimento. A fim de validar os guiões das entrevistas semiestruturadas, foram realizados quatro pré-testes, tendo os entrevistados desta fase sido contactados por telefone e, após obtida a sua anuência para integrarem o estudo, acolhidos os respetivos guiões de entrevista por *email*. Uma vez integrado o *feedback* recebido, foi realizado um primeiro contacto (telefónico ou por *email*) aos potenciais entrevistados, a apresentar o tema e o guião da entrevista semiestruturada, a saber da sua disponibilidade para serem entrevistados e a assegurar as garantias de anonimato e de confidencialidade, de que apenas o Operador Aéreo Comercial (OAC) não abdicou. Após obtida a sua anuência para participar nesta investigação, foi realizada a entrevista. A todos foi-lhes, posteriormente, pedido que validassem as suas respostas citadas no trabalho.

3.2.2 Instrumentos de recolha de dados

Foram construídos cinco guiões de entrevistas semiestruturadas. Um destinado ao *expert* da Direção de Abastecimento e Transportes (DAT), constituído por um leque de questões centradas no conhecimento, mais aprofundado, da forma como a FA está internamente organizada em matéria de gestão dos produtos químicos. Três guiões foram reservados a cada uma das áreas de *expertise* das Bases Aéreas (BA): Esquadra de Abastecimento (EA), Oficial de Manutenção (OFM) e Gabinete de Qualidade e Ambiente (GQA). Um outro guião foi destinado às outras congéneres de manutenção aeronáutica (OGMA, OAC e Esquadrilha de Helicópteros da Marinha (EHMP)), que contém um conjunto de perguntas comuns, catalisadoras de uma análise comparativa, para possibilitar a ponte para a realidade da FA. Estas entrevistas foram complementadas, no caso apenas da FA, pelo tratamento dos dados recolhidos junto da DAT.

Foi utilizada uma metodologia qualitativa da análise de conteúdo das entrevistas semiestruturadas similar à de Fachada (2015), onde se identificaram, fundamentalmente, categorias *à priori*.

4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados

Neste capítulo, é analisada a informação recolhida e respondidas as Questões Derivadas (QD) e Central (QC).

4.1. Praxis da FA em matéria de gestão dos produtos químicos utilizados na manutenção aeronáutica militar, numa vertente de economia circular

As regras de planeamento, fornecimento e consumo dos produtos químicos, utilizados na manutenção dos sistemas de armas na FA encontram-se na Circular n.º 2 da DAT de 17 de janeiro de 2019. Esta Circular estabelece que a responsabilidade da aquisição, fornecimento e apoio técnico, relativo à utilização dos produtos químicos aplicados em aeronaves é da DAT.

4.1.1. Planeamento de produtos químicos

A Circular n.º 2/DAT/19 de 17 de janeiro estabelece o ciclo de planeamento anual para determinação das necessidades de produtos químicos, considerando que o seu ciclo de fornecimento é de março a março (S.J. Costa, entrevista por *e-mail*, 6 de novembro de 2021). Este planeamento compreende os produtos com as classes identificadas no Quadro 1 e rege-se pela circular acima identificada (R.A. Correia, entrevista por *e-mail*, 17 de novembro de 2021).

Na FA foi implementado o Sistema Integrado de Gestão (SIG), um sistema de informação que permite o consumo descentralizado nos locais onde o material é necessário, sendo centralizada a aquisição de material, que permite efetuar toda a gestão e controlo dos produtos químicos (S.J. Costa, *op. cit.*). A centralização da aquisição de material permite, “facilitar e consolidar a prática de aquisição de bens para diversas organizações, (e) surge como uma nova abordagem à crescente importância das compras no meio empresarial.” (Aperta et al., 2015, p.15).

As manutenções de aeronaves efetuam o planeamento de produtos químicos de acordo com uma estimativa baseada em diversos fatores: média dos consumos nos últimos anos, previsão de manutenção para o período a que respeita, regime de esforço planeado e planeamento de destacamentos (E.R. Reis, entrevista por *e-mail*, 8 de novembro de 2021). O planeamento dos químicos é variável, dependendo do utilizador e da tarefa (R.M. Nogueira, entrevista por *e-mail*, 7 de janeiro de 2022).

Conforme referido por S.J. Costa (*op. cit.*), após a análise e consolidação de todos os pontos identificados o planeamento é remetido à DAT. Toda a informação recebida das BA pela DAT é alvo de análise por esta, nomeadamente quanto: às quantidades planeadas de cada produto e identificação dos pedidos, incluindo uma verificação adicional quanto aos dados do produto de forma a garantir que não existem vários pedidos para o mesmo produto (R.A. Correia, *op. cit.*). Os OFM trabalham com P/N⁴ (*Part Number*), enquanto as EA e a DAT requerem os NNA dos produtos, derivado da adoção pela FA do sistema NATO de identificação e catalogação (I.F. Té, entrevista por *e-mail*, 12 de novembro de 2021).

⁴ Identificação que um determinado fabricante dá ao seu artigo, também designado por referência do fabricante (RFA-415-1 (C), 2019).

Feita a validação pela DAT, esta emana diretivas no sentido de ser efetuado o carregamento dos planeamentos no SIG, a inserção é efetuada pelas subunidades requisitantes (através da reserva da subunidade) e pela EA (através da reserva central) (S.A. Campão, entrevista por e-mail, 17 de dezembro de 2021).

Entre os anos 2017 e 2021 foram planeados, em média, 540 produtos químicos diferentes, das classes constantes do Quadro 1. Em 2021 dos 536 produtos químicos planeados 99 foram planeados com recurso ao NAP, ou seja, cerca de 19% dos produtos planeados não tinham NNA atribuído aquando do seu planeamento.

As quantidades⁵ de produtos químicos planeados para o horizonte temporal 2017-2021 estão indicadas no Gráfico 1.

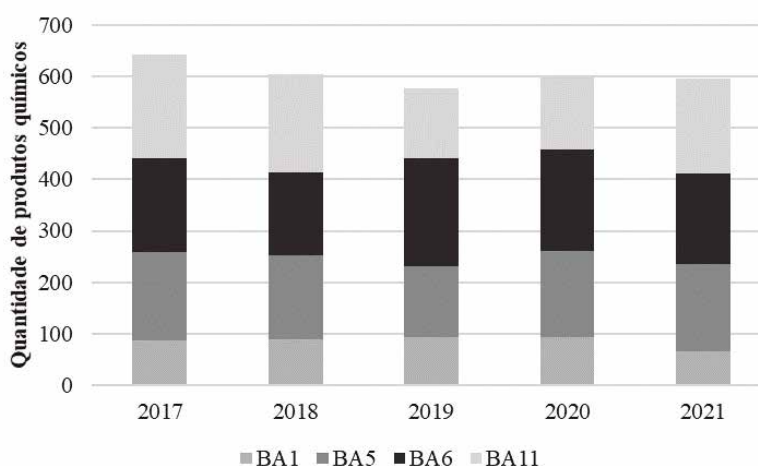


Gráfico 1 – Produtos químicos planeados anualmente pelas BA

Fonte: Construído a partir dos dados disponibilizados pela DAT (2021).

Considerando apenas os produtos químicos planeados para o ano de 2021, verificou-se que cerca de 60% dos produtos planeados são comuns a duas BA. O gráfico 2 especifica as percentagens de produtos químicos planeados apenas por uma BA.

⁵ Quando se faz menção a quantidade de produtos químicos refere-se ao número de produtos químicos diferentes, ou seja, à quantidade de NNA diferentes.

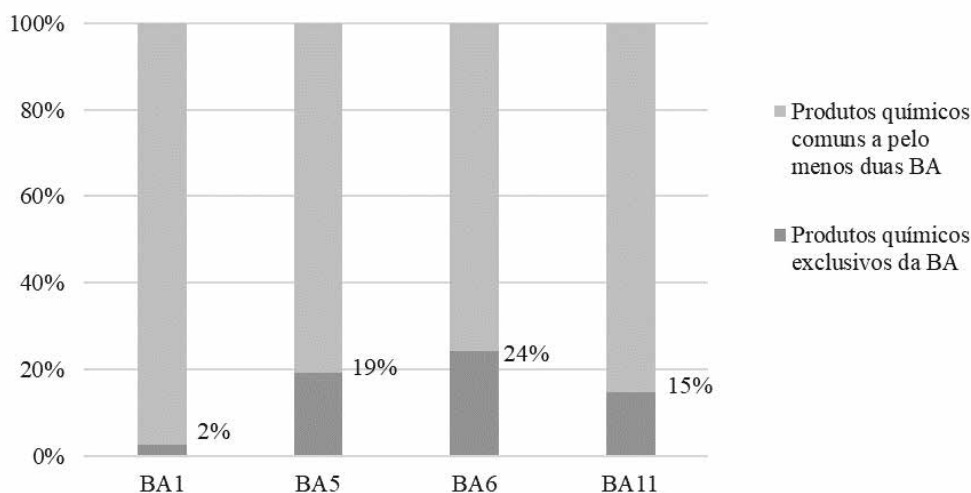


Gráfico 2 – Percentagem de produtos químicos utilizados exclusivamente por uma BA em 2021

Fonte: Construído a partir dos dados disponibilizados pela DAT (2021).

A BA1 é a BA que menos quantidade de produtos químicos planeou com utilização exclusiva naquela BA. As restantes BA apresentam percentagens de produtos químicos únicos planeados que variam entre os 15 (BA11) e os 24% (BA6). A maior parte dos produtos químicos planeados, são-no por pelo menos duas BA.

Relativamente às requisições inopinadas, numa primeira instância, de acordo com S.A. Campão (*op. cit.*) a EA verifica se o artigo está disponível noutra depósito dentro da BA, podendo surgir duas situações, existir disponibilidade, e nesse caso, a EA efetua a transferência entre depósitos, desde que não comprometa a operacionalidade do sistema de armas afetado, e alerta o Órgão Gestor da ação tomada e eventual necessidade futura de reposição do artigo. Ou não existir disponibilidade, e diante disso, a EA submete essa necessidade ao Órgão Gestor.

No caso da necessidade não ser satisfeita internamente, a DAT, conforme S.A. Campão (*op. cit.*) indica, irá verificar a existência do artigo noutra Unidade e caso exista, desde que não comprometa a operacionalidade do sistema de armas da Unidade de origem, procede à transferência do artigo.

Não sendo possível a transferência dentro da FA, procura-se um eventual empréstimo junto das congéneres (T.J. Silva, *op. cit.*). Quando este não é viável, avança-se para a aquisição, mediante disponibilidade financeira e autorização superior (R.A. Correia, *op. cit.*).

No horizonte temporal deste estudo 2017-2020, os valores despendidos na aquisição de produtos químicos para manutenção de aeronaves através de concurso público (CP) relativamente aos adquiridos com recurso a ajuste direto (AD), são os indicados no Gráfico 3.

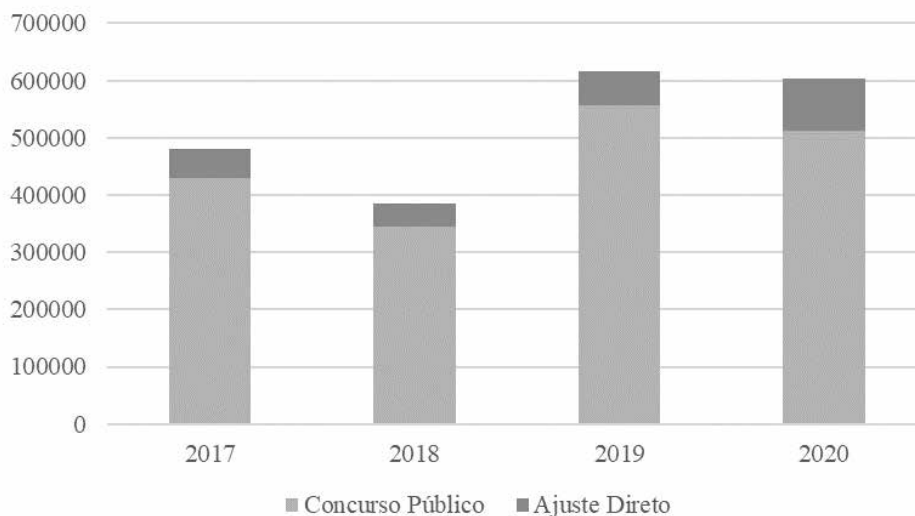


Gráfico 3 – Aquisição de produtos químicos (em Euros)

Fonte: Construído a partir dos dados disponibilizados pela DAT (2021).

A aquisição de produtos químicos através de ajuste direto representa cerca de 11% dos valores totais de aquisições destes produtos.

Os motivos que conduzem a requisições inopinadas são a ocorrência de avarias inopinadas, tarefas que surgem pela primeira vez ou novas inspeções não planeadas, o aumento não planeado da frequência de uma determinada inspeção, a ultrapassagem do PVU (Prazo de Vida Útil) dos produtos em armazém, ou a degradação dos químicos, bem como o planeamento efetuado ter sido em menor quantidade do que o necessário (N. V. Teixeira, entrevista por *e-mail*, 3 de dezembro de 2021).

Em termos de solução para colmatar as necessidades inopinadas, esta depende da especificidade do produto, dos processos aquisitivos em curso, e da capacidade de resposta do mercado (R.A. Correia, *op. cit.*).

4.1.2. Fornecimento de produtos químicos

Na FA a entrega de produtos químicos é realizada exclusivamente nas EA (Circular n.º 2/DAT/2019, 2019). Estes são rececionados ao longo do ano em função das condições contratuais estabelecidas pela DAT com os fornecedores, e com as limitações impostas por estes ou pelos próprios fabricantes (S.J. Costa, *op. cit.*).

A receção dos produtos químicos é efetuada fisicamente e em SIG, após o que a guia de remessa (GR) é digitalizada e enviada via *e-mail* para a DAT, posteriormente esta dará a Decisão de Utilização (DU), satisfazendo a reserva central.

De acordo com a Circular n.º 2/DAT/2019, as seguintes anomalias na receção do material carecem de indicações da DAT, e impedem que se dê um número de entrada de mercadoria (MIGO) em SIG:

- Material com validade inferior a 70% PVU;
- Material entregue sem Certificado de Conformidade (CoC);
- Informação omissa relativas a lotes e PVU;
- Outras situações que suscitem dúvidas no ato de receção.

“A BA5 é a única BA com gestão central de produtos químicos” (S.J. Costa, *op. cit.*). As manutenções apenas recebem os produtos químicos aquando da sua necessidade, tal como referido pelos OFM da BA5. Cada área de manutenção manifesta pontualmente as suas necessidades concretas através de reservas em SIG (S.J. Costa, *op. cit.*). Recebida essa reserva, esta é analisada face ao planeamento inicial, com o objetivo de perceber se a área tinha ou não planeado o artigo, dando sempre primazia a quem planeou o que implica aferir os impactos, quando quem requisita não tinha incluído o artigo no planeamento (S.J. Costa, *op. cit.*).

Nas restantes BA, os produtos químicos após serem rececionados pela EA são distribuídos às manutenções, de acordo com o planeamento efetuado por estas (C.A. Nascimento, entrevista por *e-mail*, 16 de novembro de 2021). A EA limita-se a efetuar a receção física quantitativa dos químicos, notificando a DAT da ação efetuada, e procedendo à transferência física dos artigos para a respetiva subunidade requisitante (S.A. Campão, *op. cit.*).

As manutenções aquando da receção dos produtos químicos confirmam o prazo de validade destes, o CoC e a Ficha de Dados de Segurança (FDS) (N. V. Teixeira, *op. cit.*). As FDS destinam-se aos trabalhadores que manuseiam os produtos químicos, bem como aos responsáveis pela segurança (ECHA, 2018). Sempre que a substância ou mistura esteja classificada como perigosa deve ser fornecida uma FDS, de igual forma caso esta seja PBT, mPmB, ou se estiver incluída na lista de substâncias candidatas para autorização, e em conformidade com o Regulamento REACH, deve ser fornecida a FDS (ECHA, 2018).

Na BA5 as FDS existem em papel no armazém dos químicos e no portal da EA (S.J. Costa, *op. cit.*). Muitos dos fornecedores da FA trazem as FDS em formato digital num dispositivo de armazenamento de dados, o elemento da EA que receciona os produtos faz uma cópia e é colocada no portal (S.J. Costa, *op. cit.*).

Nas BA6 e BA11 as FDS não estão disponíveis no portal interno. A EA da BA6 dispõe de um repositório na pasta de rede onde constam as FDS, esta é utilizada principalmente como salvaguarda no caso do fornecedor, não a entregar com o material, ou para o caso da eventualidade desta ser solicitada à EA (S.A. Campão, *op. cit.*).

S.A. Campão (*op. cit.*) considerou ser da maior importância que a facilidade de qualquer utilizador poder aceder às FDS no portal interno fosse estabelecida. Atentou ainda que a disponibilização das FDS quer às Unidades de Saúde, quer aos Gabinetes de Prevenção de Acidentes (GPA) seria meritório, na medida que estas entidades pudessem facilmente aceder às FDS, em caso de necessidade de socorro por acidente/incidente com algum produto químico (S.A. Campão, *op. cit.*).

4.1.3. Consumo dos produtos químicos

Na FA a responsabilidade do consumo dos produtos químicos é das Manutenções de aeronaves e das Esquadras de Material (Circular n.º 2/DAT/2019, 2019).

O consumo dos produtos químicos é apenas registado em SIG. As manutenções dos sistemas de armas usam um outro sistema de informação para registar as ações de manutenção. Aquando deste registo também é efetuado o controlo dos artigos que foram consumidos nas tarefas, sendo que este é apenas efetuado para os itens *spare*s, não abrangendo os produtos químicos (R.M. Leal, *op. cit.*). Aquando da consulta das ações de manutenção realizadas em aeronaves, ou componentes, não é possível discernir se naquela tarefa foram utilizados produtos químicos e quais as quantidades (R.M. Leal, *op. cit.*).

Os *stocks* de bancada existentes nas várias subunidades não estão refletidos em SIG, pois os produtos químicos após serem distribuídos às subunidades são abatidos naquele sistema, registando assim o seu consumo, pelo que a quantidade efetiva de produtos químicos existentes na FA não está plasmada no sistema (S.A. Campão, *op. cit.*).

Apenas a EA da BA5 tem capacidade de armazenagem de produtos químicos, com um armazém climatizado dedicado a estes (S.J. Costa, *op. cit.*). As EA da BA6 e da BA11 não dispõem de condições físicas e materiais adequadas ao cumprimento dos requisitos de armazenagem dos artigos desta natureza (C.A. Nascimento, *op. cit.*).

Os responsáveis pelo armazenamento dos produtos químicos nas BA têm instituídos procedimentos para que os produtos químicos com menor validade sejam os distribuídos primeiro. Na EA da BA5 está ainda implementado, no armazém de produtos químicos, um sistema de verificação visual das validades dos produtos (S.J. Costa, *op. cit.*).

Nas outras BA, em que os produtos químicos não são armazenados na EA, as manutenções têm instituídos procedimentos *ad-hoc* para garantir que os produtos químicos com menor validade sejam os primeiros a ser consumidos. Os utilizadores/distribuidores locais de produtos químicos procuram utilizar/distribuir os produtos com PVU menor, através da segregação dos produtos químicos em stock, recorrendo a uma metodologia do tipo FEFO, tendo ainda o cuidado de isolar os produtos que já ultrapassaram a sua validade (I.F. Té, *op. cit.*).

4.1.4. Abate

O abate de material por PVU ultrapassado ou ruína prematura carece de informação da EA para a DAT, de acordo com o Guião 07/LOG/09 Proposta e Auto de Abate de Existências.

As quantidades de resíduos químicos produzidos nas BA nos anos de 2017 a 2020, encontram-se no Gráfico 4.

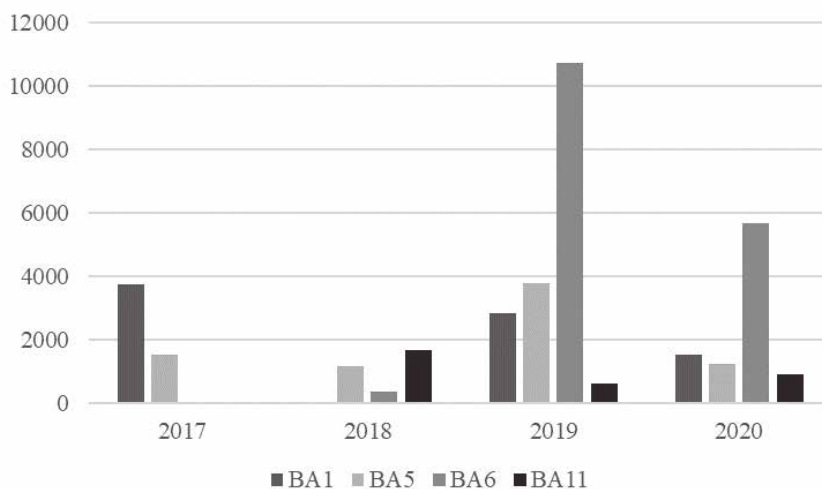


Gráfico 4 – Quantidades de resíduos de produtos químicos produzidos nas BA (em Kg)

Fonte: Construído a partir dos dados disponibilizados pelos GQA das BA (2021).

No segundo semestre de 2020, a Esquadra 101 foi deslocada da BA1 para a BA11, o que incrementou o uso de Produtos químicos na BA11 (S.D. Ribeiro, entrevista por *e-mail*, 5 de novembro de 2021). Em 2017, na plataforma do Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente (SILIAMB), não há registo do encaminhamento de resíduos, pelo que as BA6 e BA11 não apresentaram os valores referentes a esse ano.

Apesar de não existir na FA, qualquer norma ou procedimento, que implique a reutilização dos produtos químicos com PVU ultrapassado, procura-se internamente fazê-lo, cedendo esses produtos a outras subunidades para serem usufruídos por estas em atividades e tarefas compatíveis (A.R. Santos, *op. cit.*).

Quando a reutilização não é exequível, os produtos em fim de vida são encaminhados para o Parque de Armazenamento Temporário de Resíduos Industriais (PATRI), onde os produtos são segregados pela sua natureza e em equipamentos adequados, até serem encaminhados para tratamento, em empresas externas à FA (A.R. Santos, *op. cit.*).

No processo de tratamento, estes resíduos, mediante a sua tipologia, podem ser encaminhados para operações de valorização, conseguindo-se alguns benefícios em termos energéticos ou de recursos, ou operações de eliminação (F.M. Delgado, entrevista por *e-mail*, 3 de novembro de 2021). Toda a parcela não reutilizável que resulta destes processos é encaminhada para eliminação (F.M. Delgado, *op. cit.*).

4.1.5. Regulamento REACH na FA

A aplicação do regulamento REACH é transversal à Força Aérea, por determinação do Estado Português. Por essa razão as substâncias mais perigosas devem ser substituídas por

outras menos tóxicas, conforme estabelece o regulamento (F.M. Delgado, *op. cit.*). Até, à data, o REACH não está a ser cumprido integralmente (S.D. Ribeiro, *op. cit.*).

A BA6 fez um levantamento, em 2018, de todos os produtos químicos utilizados e seus compostos, de forma a identificar quais os produtos que na sua composição apresentavam elementos constantes da *Candidate List*⁶ e da *Authorisation List*⁷ (A.R. Santos, *op. cit.*). Da vasta gama de produtos, foram identificados apenas dois constantes da *Candidate List*, um fluido anticongelante e uma tinta (A.R. Santos, *op. cit.*).

A FA trabalha com diversas entidades para importação dos produtos químicos, todavia, sendo empresas portuguesas não conseguem importar artigos que estejam na lista do REACH (R.A. Correia, *op. cit.*). Não obstante, R.A. Correia (*op. cit.*) refere que os próprios fabricantes dos produtos químicos já estão a indicar produtos alternativos, que não se encontrem abrangidos pela REACH.

4.1.6. Síntese conclusiva e resposta à QD1

Do acima analisado, e em resposta à QD1, *Qual é a praxis da FA em matéria de gestão dos produtos químicos utilizados na manutenção aeronáutica militar, numa vertente de economia circular?*, conclui-se que a FA tem a aquisição dos produtos químicos centralizada na DAT. O seu consumo é descentralizado nas manutenções dos sistemas de armas. A praxis da FA em matéria de gestão dos produtos químicos é a indicada na Figura 4.

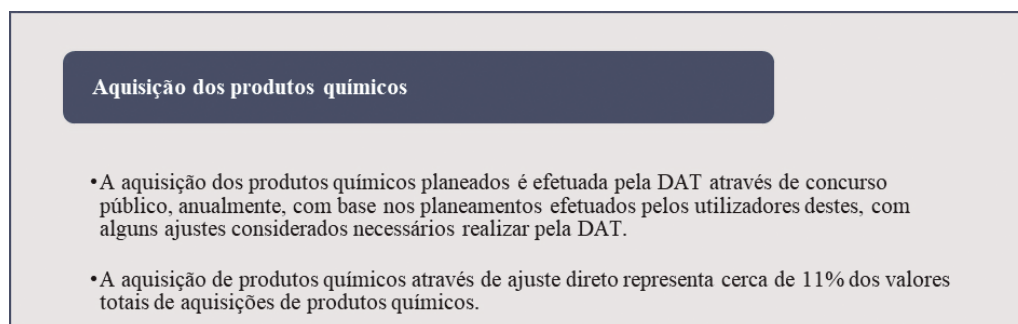


Figura 4 – Resposta à QD1

⁶ Lista de substâncias que suscitam elevada preocupação candidatas a autorização (publicada em conformidade com o artigo 59.º, n.º 10, do Regulamento REACH).

⁷ Lista de Substâncias Sujeitas a Autorização, incluídas no Anexo XIV do REACH.

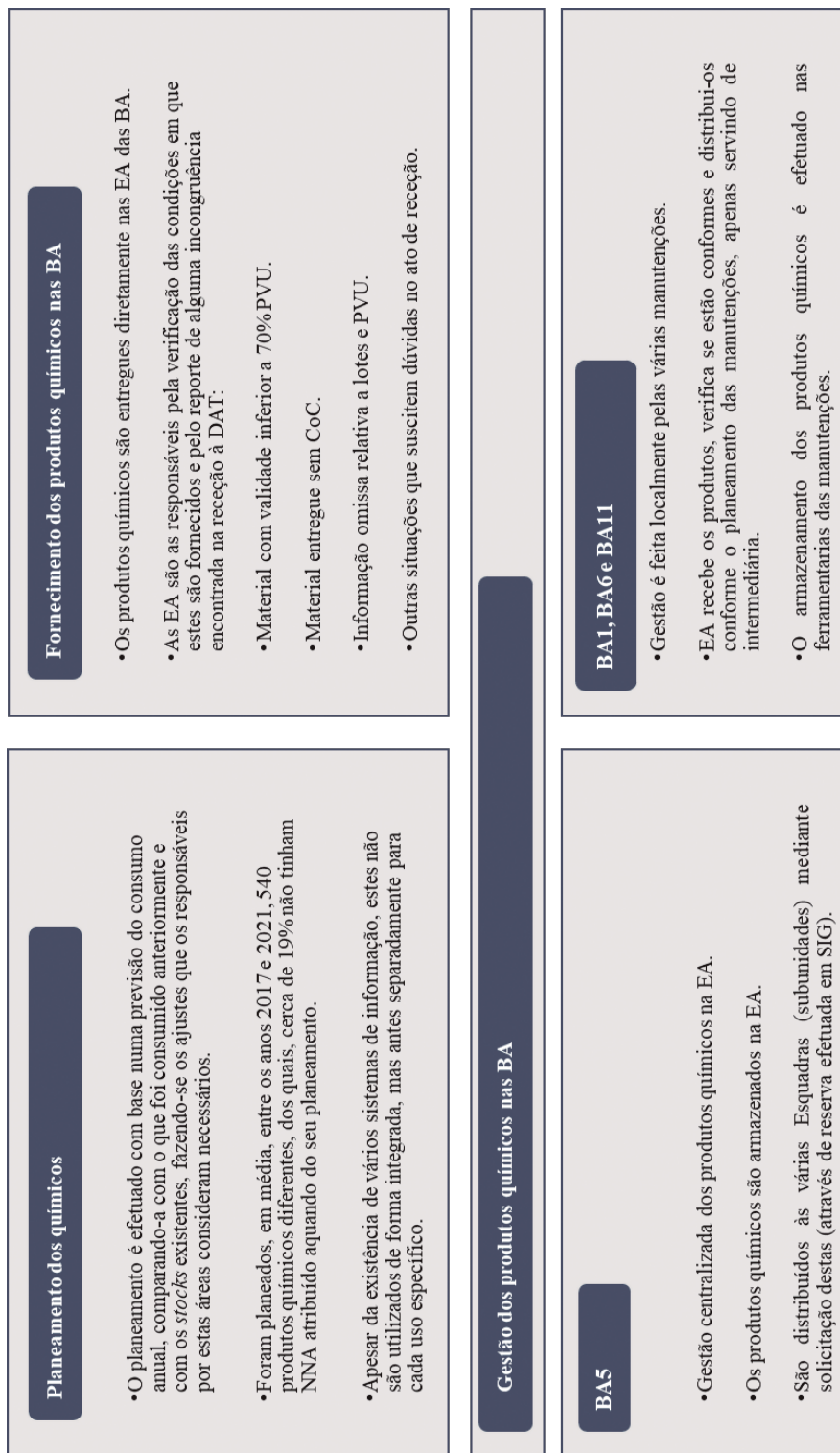


Figura 4 – Resposta à QD1

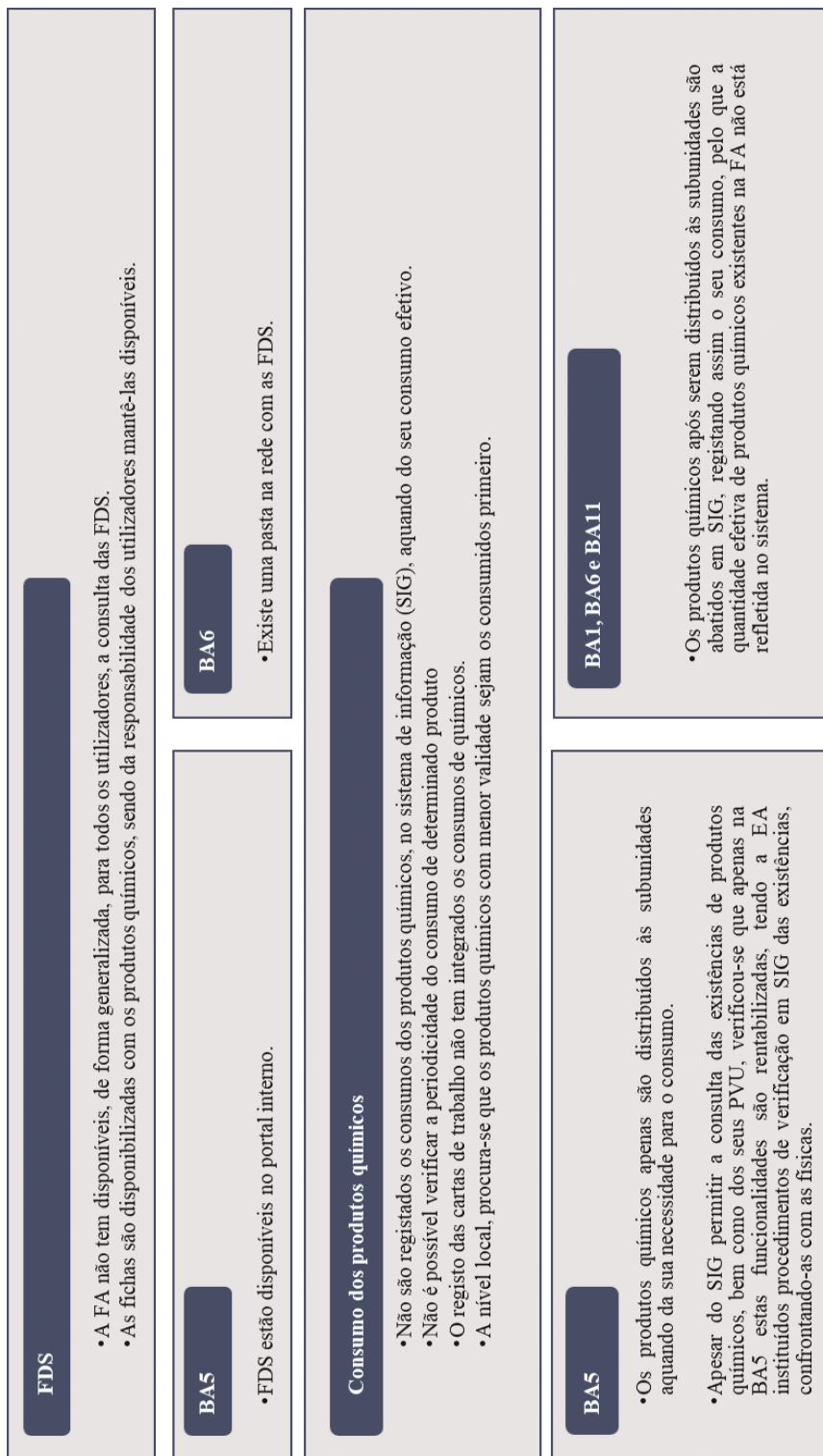


Figura 4 – Resposta à QD1

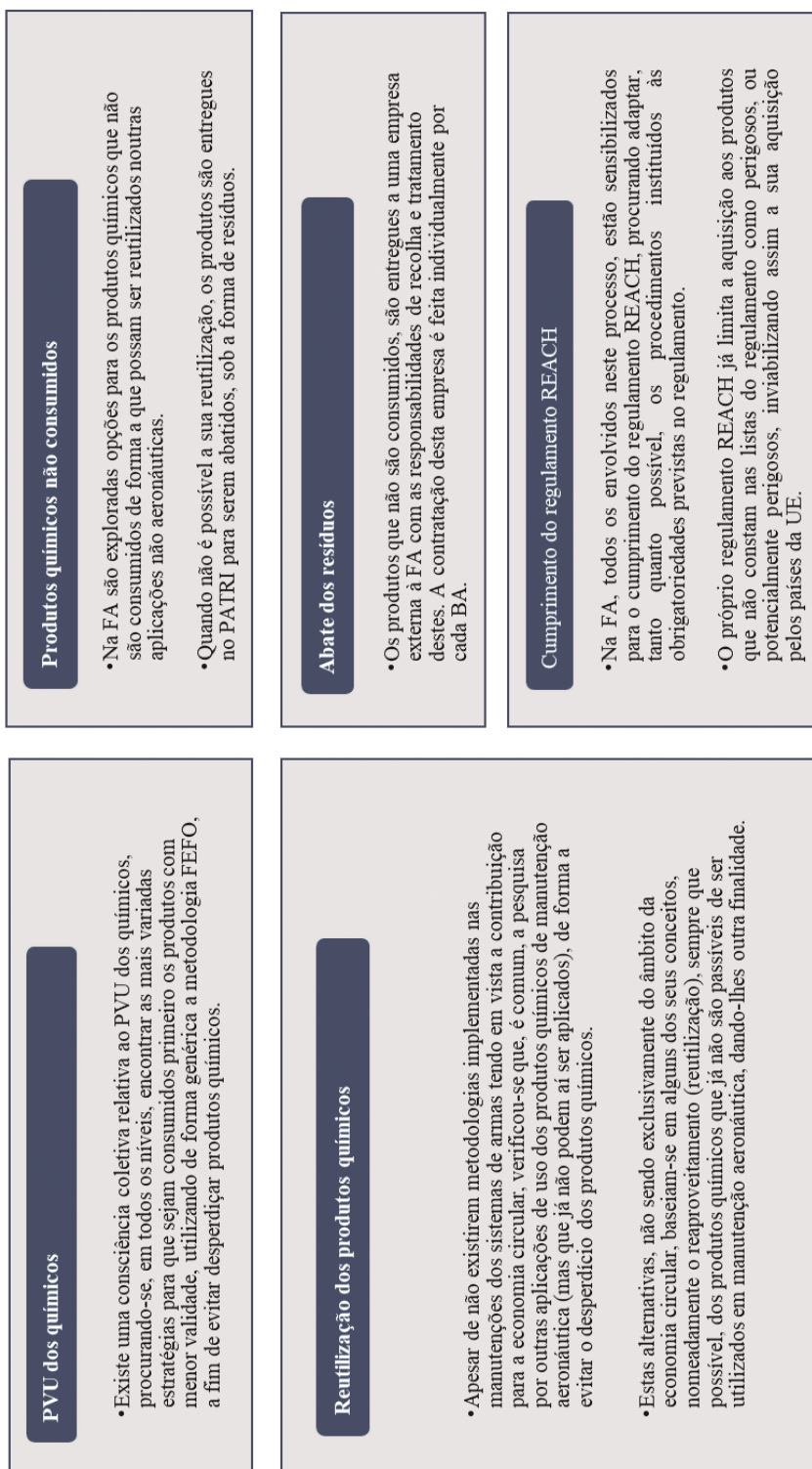


Figura 4 – Resposta à QD1

4.2. Praxis de outras congéneres em matéria de gestão de produtos químicos utilizados em manutenção aeronáutica

“Entendendo-se congénere num sentido lato – que complementa o ser semelhante e parecido, com a partilha de condições e de um mesmo género” (Serrano, 2020, p. 20) –, as congéneres aqui estudadas correspondem à OGMA, OAC e EHMP, pelo facto de realizarem manutenção aeronáutica que necessariamente exige utilização de produtos químicos.

4.2.1. OGMA

A OGMA dispõe de um sistema integrado de gestão empresarial (*Enterprise Resource Planning* [ERP]) que, liga todas as áreas da empresa melhorando a partilha de informação entre elas. Os sistemas ERP “são sistemas informáticos complexos, constituídos por um conjunto de módulos especializados, [que são integrados com recurso a uma] base de dados comum aos vários módulos” (Jacobs & Chase, 2010). Os sistemas ERP “permitem gerir os recursos de uma organização de forma integrada, automatizando a maioria dos departamentos ou funções, de modo a tornar a informação disponível em tempo real” (Jacobs & Chase, 2010).

O planeamento de produtos químicos é efetuado de acordo com as necessidades visíveis no sistema ERP da OGMA (I.M. Serrano, entrevista por *e-mail*, 11 de novembro de 2021). Estas, de acordo com I.M. Serrano (*op. cit.*) são carregadas pelas gamas associadas previamente ao projeto da aeronave em manutenção, assim antes da entrada de uma aeronave ou componente em manutenção as necessidades de materiais para a ação de manutenção a ser efetuada são previamente conhecidas, incluindo os produtos químicos requeridos.

Na gestão e política de inventários dos produtos químicos é usada a metodologia de *min-max*, uma metodologia de definição de pontos mínimos de *reorder quantity* e máximo de stocks (I.M. Serrano, *op. cit.*). De acordo com Reis (2017), *reorder quantity* é a quantidade económica de encomenda, ou seja, representa o número de unidades de um determinado produto que deverá ser encomendado de forma a reduzir ao máximo o custo de armazenagem, sem colocar em causa o *stock* de segurança necessário para que não haja ruturas desse material.

O sistema ERP controla as quantidades de produtos químicos existentes, bem como as suas validades (I.M. Serrano, *op. cit.*). Quando o nível de *stock* atinge um valor mínimo pré-determinado, é imediatamente despoletado um alerta e realizada uma encomenda (I.M. Serrano, *op. cit.*). A quantidade encomendada é calculada de acordo com o nível de *stock* existente, as previsões de consumo e a quantidade máxima de *stock*, também já definida *à priori* (I.M. Serrano, *op. cit.*).

O processo de aquisição é efetuado consoante as necessidades, várias vezes ao longo do ano e a diversas empresas fornecedoras (I.M. Serrano, *op. cit.*). Sendo a OGMA uma empresa privada com participação estatal não está sujeita aos mesmos constrangimentos que as entidades públicas, nomeadamente no que ao CCP diz respeito.

A equipa que gere os stocks procura fornecer primeiro os produtos com PVU menor, utilizando a metodologia FEFO (I.M. Serrano, *op. cit.*). O sistema ERP tem associado um alarme, que de acordo com I.M. Serrano (*op. cit.*), permite aos utilizadores serem previamente avisados de que um produto está a chegar ao fim do seu prazo de validade.

A equipa de gestão de inventário garante que os produtos com PVU ultrapassado deixam de estar disponíveis, sendo retirados do inventário de armazém, e posteriormente enviados para abate (I.M. Serrano, *op. cit.*). Relativamente aos produtos que já foram entregues no hangar de manutenção, estes são retirados de circulação pelas equipas de movimentação de material (I.M. Serrano, *op. cit.*).

4.2.2. Operador Aéreo Comercial (OAC)

No OAC existe um armazém central, que concentra a maior parte dos produtos químicos e várias ferramentarias que dispõem de stocks mais pequenos (A.P. Matos, entrevista por e-mail, 3 de dezembro de 2021).

O controlo dos materiais disponíveis, quer ao nível de quantidades existentes, quer ao nível dos PVU, é efetuado apenas sobre o *stock* existente no armazém central (A.P. Matos, *op. cit.*). Quando existe a necessidade de um determinado produto, as ferramentarias pedem ao armazém central o que precisam (A.P. Matos, *op. cit.*).

Todos os materiais têm definido individualmente um nível de *stock*, sendo este determinado, de acordo com A.P. Matos (*op. cit.*), com base no histórico de consumo e na quantidade mínima que deve existir em armazém. Sempre que o nível de *stock* é atingido é despoletado um pedido de compra (A.P. Matos, *op. cit.*).

Mensalmente e de acordo com um procedimento interno, A.P. Matos (*op. cit.*) refere que é elaborada a lista de materiais em armazém que caducam durante aquele mês, lista esta que posteriormente é analisada pelo suporte técnico do laboratório para verificação de diversos parâmetros e com base nos mesmos definir se o material é abatido ou se se procede a ensaios de revalidação para extensão da sua vida útil.

No armazém usam o sistema FEFO, em que é sempre consumido o produto com menor validade (A.P. Matos, *op. cit.*). De acordo com A.P. Matos (*op. cit.*) em termos de distribuição no armazém, os produtos com menor validade são sempre colocados à frente na prateleira, para mais facilmente serem os primeiros a serem consumidos.

Segundo A.P. Matos (*op. cit.*) as compras de produtos químicos são efetuadas de forma centralizada englobando toda o OAC, a maioria dos produtos são comprados diretamente a diversos fornecedores fixos, sendo alguns químicos adquiridos no mercado local.

Relativamente ao planeamento, é com base no nível de *stock* estabelecido, quantidades mínimas por produto, e nos consumos planeados desse mesmo produto (A.P. Matos, *op. cit.*).

“Basicamente, quando temos necessidade vamos ao mercado e compramos. Verificamos quem é que tem aquele produto ao melhor preço, e compramos o que necessitamos” (A.P. Matos, *op. cit.*).

Não obstante a relativa facilidade de aquisição de produtos químicos nos fornecedores disponíveis, por vezes têm necessidade de comprar em maior quantidade, quantidade imposta por alguns fornecedores, que exigem uma quantidade mínima de aquisição (A.P. Matos, *op. cit.*).

Quando os produtos químicos não são consumidos na totalidade, A.P. Matos (*op. cit.*) refere que dispõem de laboratórios com capacidade para efetuar alguns testes de revalidação

da validade dos produtos químicos, quando não é possível revalidar o PVU, estes passam a constituir-se como resíduos, sendo encaminhados para uma empresa externa que efetua a recolha e tratamento dos mesmos.

A.P. Matos (*op. cit.*) diz ainda que poderá ser possível o reaproveitamento dos produtos com PVU ultrapassado em outras utilizações que não aeronáuticas, ficando segregados nas várias ferramentarias, com uma etiqueta azul, podendo ser utilizados em equipamentos de apoio, ou pintura de outros equipamentos.

Aquando do planeamento é efetuado um estudo relativo à composição dos produtos adquiridos, com base na análise da FDS, de forma a verificar o seu enquadramento face ao REACH (A.P. Matos, *op. cit.*). Após esse estudo, conforme refere Matos (*op. cit.*), inicia-se a análise de um produto de substituição que não contenha as substâncias químicas classificadas pelo regulamento como perigosas e se possível é feita a sua substituição.

Por forma a otimizar a gestão de produtos químicos na manutenção aeronáutica no OAC, A.P. Matos (*op. cit.*) refere que uma das melhorias a implementar seria a centralização das partes contributivas para o processo de aquisição de materiais: área que define que materiais adquirir – definidos de acordo com os manuais de manutenção de material de voo, área de Segurança e Saúde no Trabalho e área de *procurement*, com profissionais especializados em negociação, visão estratégica de compras e otimização de processos e fornecedores.

Outra possível melhoria a implementar seria a criação ou aquisição de um software capaz de analisar a cada momento o estado de cumprimento da legislação REACH, incluindo as listas de SVHC⁸ e anexos XIV e XVII com atualização periódica, e com verificação automática de todas as substâncias contidas nos materiais em *stock* (A.P. Matos, *op. cit.*).

4.2.3. Esquadilha de Helicópteros da Marinha Portuguesa

O fornecimento de produtos químicos à EHMP é feito exclusivamente pelo fabricante, empresa Agusta Westland, ao abrigo do contrato celebrado entre este e a Marinha Portuguesa (MP) (R.M. Lopes, entrevista por telefone, 6 de dezembro de 2021).

Com base no número de horas previstas voar, nos destacamentos previstos, nos consumos ocorridos e existentes, é efetuado o planeamento anual dos produtos químicos, indicando as quantidades a ser fornecidas de cada item em cada um dos trimestres do ano (R.M. Lopes, *op. cit.*). Este planeamento de acordo com R.M. Lopes (*op. cit.*) é reajustado anualmente tendo em vista a otimização do mesmo.

No caso de necessidades inopinadas, é contactado o fornecedor. Quando este não consegue fornecer o material com urgência, recorre-se a aquisições ao mercado local ou em alternativa a pedidos de empréstimos (R.M. Lopes, *op. cit.*).

R.M. Lopes (*op. cit.*) refere a existência, no hangar de manutenção da EHMP, de um gabinete exclusivo para armazenamento dos produtos químicos e com todas as facilidades necessárias para cumprimento da legislação em vigor para o seu acondicionamento.

⁸ A lista SVHC corresponde à lista de substâncias candidatas ao Anexo XIV do regulamento REACH, ou seja, são substâncias que suscitam elevada preocupação.

As quantidades presentes em armazém, bem como as respetivas validades são controladas através da ficha de controlo do contrato, controlada pelo Departamento de Manutenção da EHMP (R.M. Lopes, *op. cit.*).

R.M. Lopes (*op. cit.*) entende que seria possível otimizar ainda mais o sistema de gestão de produtos químicos implementado na EHMP, recorrendo para isso à automatização dos procedimentos instituídos. Efetivamente, constituir-se-ia como uma mais-valia (R.M. Lopes, *op. cit.*), a implementação de programas de controlo de *stocks*, que pudessem compilar toda a informação relativa aos produtos químicos e que fizessem de forma automática a revisão do controlo das cartas de trabalho, atualizando os produtos químicos necessários ao seu cumprimento.

4.2.4. Síntese conclusiva e resposta à QD2

Do acima analisado, e em resposta à QD2, *Qual é a praxis das outras congéneres em matéria de gestão de produtos químicos utilizados em manutenção aeronáutica?*, conclui-se que a gestão dos produtos químicos efetuados pelas congéneres, aqui estudadas, é feita de forma diferente da FA e a Figura 5 apresenta a *praxis* das congéneres.

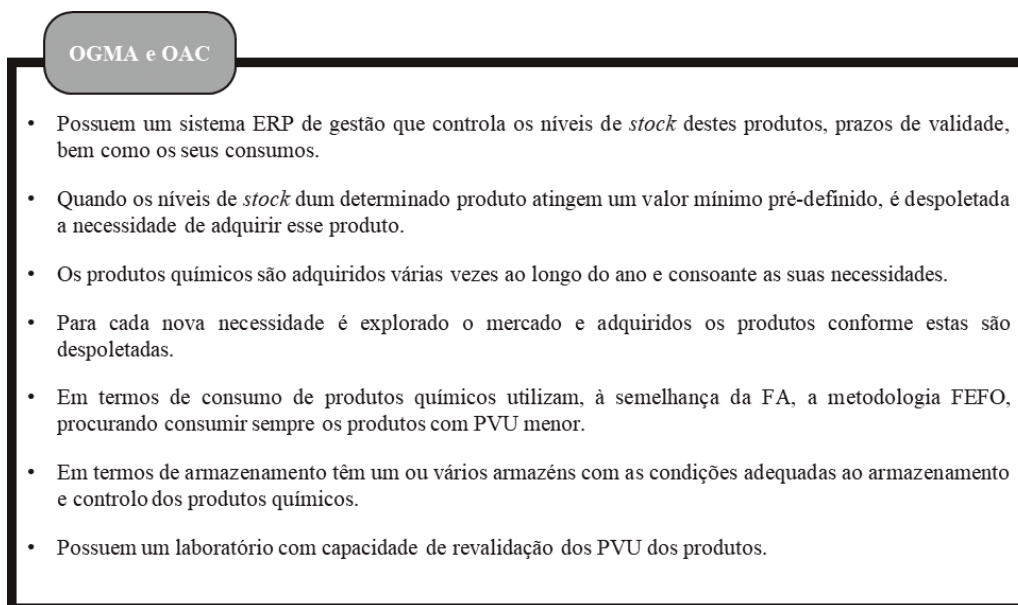


Figura 5 – Resposta à QD2

- A MP tem um contrato com o fabricante em que este é o responsável pelo fornecimento de todos os produtos químicos da manutenção, mediante um planeamento anual destes.
- O fornecimento dos químicos é efetuado de forma desfasada ao longo do ano, e de acordo com o planeamento que foi efetuado previamente.
- O planeamento dos produtos químicos tem sido ajustado de forma a que se adquiram apenas as quantidades suficientes, mas procurando evitar roturas de stock ao longo do ano.
- O consumo dos produtos químicos é efetuado de acordo com as necessidades, procurando consumir-se sempre os produtos com menor validade.
- A EHMP possui um armazém climatizado para acondicionamento dos produtos químicos.

Figura 5 – Resposta à QD2

4.3. Oportunidades de melhoria em matéria de gestão de produtos químicos na manutenção aeronáutica, numa vertente da economia circular, e resposta à QC

Do até aqui estudado, e em resposta à QC, *Como se poderá otimizar a gestão dos produtos químicos da FA, utilizados na manutenção de aeronaves, no âmbito de uma economia circular?*, conclui-se existirem vários processos na gestão de produtos químicos que poderão ser otimizados, através da implementação de seis medidas (Figura 6).

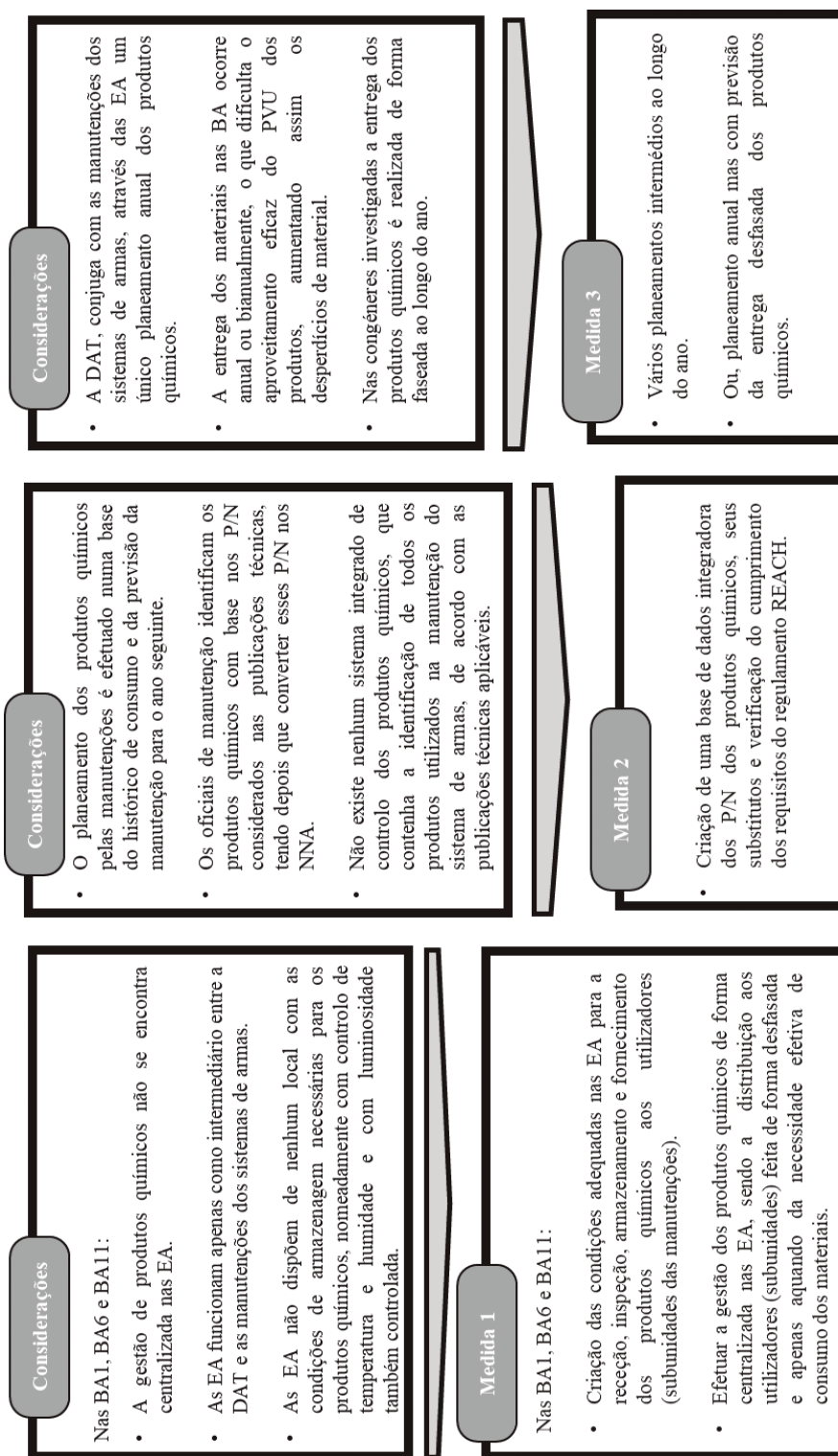


Figura 6 – Resposta à QC

Considerações

- As FDS são de extrema importância, quer para os utilizadores de produtos químicos, quer para todas as entidades envolvidas na resposta a um incidente/acidente com produtos químicos.
- As FDS são disponibilizadas aquando do fornecimento dos produtos químicos, mas não existe nenhum local onde estas estejam permanentemente disponíveis.

Considerações

- O SIG tem a valência de efetuar o controlo de *stocks*, mas não tem a capacidade de automaticamente calcular a quantidade de produtos químicos despendida por ação de manutenção.
- A previsão de consumos, e a atualização do que foi efetivamente gasto e do que se tem ainda em *stock*, não é realizada de forma automática.
- O OAC e a OGMA possuem um sistema ERP que controla os níveis de *stock*, prazo de validade e consumos em tempo real.

Considerações

- Não existe instituído qualquer procedimento de reutilização dos produtos químicos.
- Existe uma preocupação em reutilizar os produtos químicos noutras aplicações não aeronáuticas, com o intuito de diminuir os desperdícios.
- O OAC e a OGMA dispõem de laboratório para revalidação do PVU dos químicos.

Medida 4

- Disponibilizar as FDS no portal da intranet da FA, para que todos possam, em caso de necessidade, rapidamente ter acesso a estas.

Medida 5

- Desenvolvimento de um módulo de gestão de químicos no PLUS-MGM (Plataforma Única de Sistemas de Informação – Módulo de Gestão da Manutenção), com identificação dos químicos utilizados por cada carta de trabalho, fazendo posteriormente a ligação ao SIG.

Medida 6

- Definir um método de recolha de produtos químicos com PVU ultrapassado, passíveis de serem utilizados ao nível da FA e não apenas da UB.
- Estudar a possibilidade de uma parceria com uma empresa com laboratório certificado para revalidação do PVU.

Figura 6 – Resposta à QC

5. Conclusões

A Diretiva Ambiental para a DN em harmonia com o novo PAEC da UE, define uma estratégia para as FFAA que, integra a transição para uma economia circular. A economia circular funciona de forma cíclica, os materiais são reintroduzidos no sistema após serem utilizados, obtendo ganhos com a redução da quantidade de matérias-primas necessárias, diminuindo também os resíduos produzidos.

O regulamento na UE para o controlo, regulação e avaliação dos produtos químicos é o REACH, que verifica a composição de todos os produtos na UE e incentiva a substituição, desde a sua conceção, dos que contêm substâncias perigosas para a saúde humana, por outros menos lesivos.

Este estudo teve, assim, como objeto a gestão dos produtos químicos numa vertente de economia circular, procurando responder ao desafio de otimização da gestão dos mesmos. Foi delimitado espacialmente à recolha e análise de informação confinada à FA, temporalmente ao período compreendido entre 2017 e 2021, e a nível de conteúdo, aos produtos químicos utilizados na manutenção aeronáutica.

Assim, no estudo do OE1, *Analisar a praxis da FA em matéria de gestão dos produtos químicos utilizados na manutenção aeronáutica militar, numa vertente de economia circular*, e em resposta à associada QD1, concluiu-se – da análise conjugada do conteúdo das 18 entrevistas semiestruturadas realizadas a experts da FA (DAT, EA, OFM e GQA) e dos dados fornecidos pela DAT – que a FA efetua a aquisição dos produtos químicos centralmente a nível da DAT e o seu consumo é descentralizado ao nível das subunidades. A aquisição dos produtos químicos planeados pelas BA é efetuada pela DAT através de concurso público, anualmente. Para as requisições inopinadas, a DAT recorre ao ajuste direto. O fornecimento dos produtos químicos é feito diretamente às BA, sendo entregue às EA, enquanto entidade responsável por efetuar a sua receção. A BA5 é a única BA a fazer uma gestão centralizada dos produtos químicos. Na FA todos os envolvidos nos vários processos de gestão de produtos químicos estão sensibilizados para limitar o desperdício destes. Os GQA das BA, em cumprimento do regulamento REACH, subcontratam uma empresa, externa à FA, certificada, para recolha e encaminhamento dos desperdícios de produtos químicos, quando o seu reaproveitamento deixa de ser possível.

Respeitante ao OE2, *Analisar a praxis de outras congéneres em matéria de gestão de produtos químicos utilizados em manutenção aeronáutica*, e em resposta à correspondente QD2, tendo por base a análise das entrevistas realizadas a três experts das congéneres (OGMA, OAC e EHMP), concluiu-se que a OGMA e o OAC trabalham de forma semelhante, utilizando um sistema de gestão integrado, que também controla as quantidades de produtos químicos existentes em *stock*, e gerando alertas quando o nível baixa ou quando existem produtos prestes a expirar o seu PVU. São efetuadas várias aquisições anuais, consoante surgem as necessidades. A gestão de produtos químicos na EHMP funciona com recurso a um contrato entre a MP e o fabricante Agusta-Westland. O contrato estipula as quantidades de produtos químicos que devem ser fornecidas ao longo do ano, bem como a periodicidade

deste fornecimento. A aquisição dos produtos químicos para a EHMP é facilitada por apenas celebrar o contrato com uma única empresa, e esta ser responsável pelo fornecimento de todos os produtos químicos de que a manutenção tem necessidade.

Face ao exposto, e em resposta ao OG, *Propor formas de otimizar a gestão dos produtos químicos na FA, utilizados na manutenção de aeronaves, no âmbito de uma economia circular*, e à correspondente QC, foram propostas seis medidas que poderão contribuir para a otimização deste processo: gestão centralizada nas EA das BA1, BA6 e BA11 dos produtos químicos, tendo em consideração a necessidade de criação de armazéns de químicos nessas EA com as condições adequadas para o seu armazenamento, bem como de condições para a inspeção destes produtos; criação de um sistema integrador da identificação dos produtos químicos, que tenha a facilidade de se interligar com o sistema de controlo e gestão da manutenção que esteja em vigor e que seja facilmente atualizável; aumento do número de planeamentos dos produtos químicos, ou, em alternativa, proceder ao mesmo planeamento anual, mas com previsão da entrega desfasada dos produtos químicos, conforme o planeamento das necessidades; disponibilização de todas as FDS no portal da FA, de forma a estarem facilmente acessíveis a todos os utilizadores destes; integração das cartas de trabalho, atualmente registadas em PLUS-MGM com o SIG, de forma automática, com carregamento de ficheiros, por exemplo, permitindo um registo automático para tudo o que é planeado, incluindo as datas de necessidade; criação de um método de recolha destes produtos que sejam passíveis de ser utilizados noutras aplicações com PVU ultrapassado, de forma a que haja um conhecimento generalizado de que estes químicos estão disponíveis para serem reutilizados.

Neste seguimento, têm-se como principais **contributos para o conhecimento** o facto da FA ser agora conhecedora de evidências empíricas e cientificamente validadas de como pode otimizar a forma como executa a gestão dos produtos químicos, desde o seu planeamento até à sua reutilização, tendo em vista um contributo para uma economia cada vez mais circular.

Esta investigação apresenta uma **limitação**, ainda que não se tenha afigurado como condicionante das mais-valias das evidências encontradas. Em concreto, o facto de não ter sido explorado o custo monetário dos desperdícios, por o valor dos produtos químicos abatidos não ter sido disponibilizado pela DAT.

Relativamente a **estudos futuros**, sugere-se a investigação da possibilidade de estabelecer uma parceria com uma empresa com laboratório certificado para revalidação dos PVU dos químicos, aumentando assim a possibilidade de ser dada uma nova vida aos materiais, no âmbito duma economia circular.

Como **recomendações de ordem prática** sugere-se à FA, em geral, e às BA1, BA6 e BA11, em concreto, a implementação da gestão centralizada dos produtos químicos nas EA. Sugere-se, ainda, à DAT, a realização de planeamento dos produtos químicos com previsão de entregas desfasadas ao longo do ano, e a disponibilização, no portal das publicações técnicas, das FDS dos produtos químicos.

Referências bibliográficas

- Agência Europeia para Segurança e Saúde no Trabalho. (2021). CRE – Classificação, Rotulagem e Embalagem de substâncias e misturas. [Página online] Retirado de <https://osha.europa.eu/pt/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>
- Almeida, F., Coelho, A., Coelho, F. & Lisboa J. (2011). *Introdução à Gestão de Organizações*. (3a Edição). Porto: Vida Económica – Editorial, SA.
- Aperta, F., Borges, A., Cadilha, d., Dimas, F., Dinis, C., & Dimitrovová, K. (2015). Compras Centralizadas na Saúde. *Revista Portuguesa de Farmacoterapia*, 7(4), 14-19. doi:10.25756/rpf.v7i4.97
- Beckett, Clare (2006). *The 20 British Prime Ministers of the 20th Century: Thatcher*. Londres: Haus Publishing.
- Bicheno, J. (2008). *The Toolbox for Service Systems, England, Lean Enterprise Research Center*, Cardiff: PICSIE Books.
- Cabral, J. P. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção – Dos Conceitos à Prática*. (6a Edição). Lisboa: Lidel.
- Carvalho, J. C. (2004). *Logística*. Lisboa: Sílabo.
- Carvalho, J. C. (2012). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Lisboa: Sílabo.
- Chefe de Estado-Maior da Força Aérea. (2019, 17 de junho). *Diretiva N.º 08/2019 CEMFA Planeamento Estratégico da Força Aérea 2019/2022*. Alfragide: CEMFA.
- Chemicals in our life. (2021). Compreender o Regulamento REACH. [Página online] Retirado de <https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/chemicals-in-a-circular-economy>
- Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management*. (5.ª Edição). Nova Iorque: Pearson Education.
- Circular Economy Portugal. (2021). Sobre Economia Circular [Página online]. Retirado de https://www.circulareconomy.pt/?page_id=3184
- Circular n.º 2/DAT/2019, de 17 de janeiro (2019). *Gestão dos Produtos Químicos para Aplicação em Aeronaves*. Lisboa: Direção de Abastecimento e Transportes (DAT).
- Comissão Europeia. (17 de dezembro de 2014). *Regulamento (UE) N.º 1321/2014 da Comissão de 26 de novembro de 2014*. Jornal Oficial da União Europeia, L362.
- Comissão Europeia. (2020a, 11 de março). *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Um novo Plano de Ação para a Economia Circular - Para uma Europa mais limpa e competitiva*. Retirado de https://www.dgae.gov.pt/gestao-de-ficheiros-externos-dgae-ano-2020/anexo-1_novo-plano-acao-economia-circular-com-2020-98-f-pdf.aspx
- Comissão Europeia. (2020b, 14 de outubro). *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Estratégia para a sustentabilidade dos produtos químicos rumo a um ambiente sem substâncias tóxicas*. Retirado de https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:f815479a-0f01-11eb-bc0701aa75ed71a1.0023.02/DOC_1&format=PDF

- Comissão Europeia. (2020c, 14 de outubro). *Pacto Ecológico: Estratégia para os produtos químicos rumo a um ambiente sem substâncias tóxicas – Perguntas e respostas*. Retirado de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document /print/pt/qanda_20_1840/QANDA_20_1840_PT.pdf
- Despacho n.º 149/2020 de 7 de janeiro (2020). *Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional*. Diário da República, 2ª Série, 4, 46-51. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- Diretiva n.º 1/CLAFA/2021, de 13 de maio (2021). *Catálogo de Material – Cláusula Contratual de Catalogação*. Lisboa: Comando da Logística (CLAFA).
- ECHA. (2016). *Sugestões para utilizadores de produtos químicos no local de trabalho*. [Versão PDF] Retirado de https://echa.europa.eu/documents/10162/966058/tips_users_chemicals_workplace_pt.pdf/2df84a04-fbeb-4de3-b30b-aa332ebf2f3a
- ECHA. (2018). *Guia sobre fichas de dados de segurança e cenários de exposição*. [Versão PDF] Retirado de https://echa.europa.eu/documents/10162/2138220/sds_es_guide_pt.pdf
- ECHA. (2021a). Acerca da ECHA. [Página online] Retirado de <https://echa.europa.eu/pt/about-us>
- ECHA. (2021b). Compreender o Regulamento REACH. [Página online] Retirado de <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>
- ECHA. (2021c). Decisões de aplicação geral. [Página online] Retirado de <https://echa.europa.eu/pt/about-us/the-way-we-work/decisions-of-general-application>
- ECHA. (2021d). Substituição por produtos químicos mais seguros. [Página online] Retirado de <https://echa.europa.eu/pt/substitution-to-safer-chemicals>
- ECHA. (2021e). Harmonised classification and labelling previous consultations. [Página online] Retirado de <https://echa.europa.eu/pt/harmonised-classification-and-labelling-previous-consultations>
- Eco.nomia. (2021a). O que é a Economia Circular? [Página online] Retirado de <http://eco.nomia.pt/pt/economia-circular/estrategias>
- Eco.nomia. (2021b). Estratégias da economia circular. [Página online] Retirado de <https://eco.nomia.pt/pt/economia-circular/diagrama-de-sistemas>
- Ellen MacArthur Foundation. (2020). *The EU's Circular Economy Action Plan*. Retirado de <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/eu-case-study-june2020-en.pdf>
- Fachada, C. P. A. (2015). *O Piloto Aviador Militar: Traços Disposicionais, Características Adaptativas e História de Vida* (Tese de Doutoramento em Psicologia). Faculdade de Psicologia da Universidade de Lisboa [FPUL], Lisboa.
- Gama, A. P. (2012). *Performance empresarial – Conceito, abordagens e métodos de avaliação*. Porto: Porto Editora.
- Inês, P. D. (2018, setembro). *Os princípios da contratação Pública - O Princípio da concorrência*. (Tese de Mestrado em Administração Pública) Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Jacobs, F.R. & Chase, R. B. (2010). *Operations and Supply Chain Management*. Nova Iorque: McGraw-Hill.
- Krajewski L. J., Malhotra, M. K. & Ritzman, L. P. (2010). *Operations Management*. (9.ª Edição). New Jersey: Pearson Education.

- Leitão, A (2015). Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI.. *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*. 1 (2), 149-171. Retirado de <http://u3isjournal.isvoug.pt/index.php/PJFM>.
- MFA 500-3 (2019). *Manual da Força Aérea. Conceito Logístico dos Sistemas de Armas*. Alfragide: Força Aérea Portuguesa.
- NATO (2012). *NATO Logistics Handbook*. Bruxelas: NATO HQ.
- NP EN13306 (2017). *Terminologia da Manutenção*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.
- Organização das Nações Unidas. (2021). *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)* [versão PDF]. Retirado de https://unece.org/sites/default/files/2021-09/GHS_Rev9E_0.pdf
- Parlamento Europeu. (2021a). Como alcançar a economia circular na UE até 2050? [Página online] Retirado de <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20210128STO96607/como-alcancar-a-economia-circular-na-ue-ate-2050>
- Parlamento Europeu. (2021b). Economia circular. Definição importância e benefícios. [Página online] Retirado de <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/economy/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e-beneficios>
- Pinto, J. (2014). *Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras* (6.ª Edição). Lisboa: Lidel.
- Pozo, H. (2010). *Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais*. São Paulo: Atlas.
- Reis, R. L. (2017). *Manual de Logística – Teoria e Prática*. Lisboa: Editorial Presença.
- Relatório do Estado do Ambiente (2021). Riscos Ambientais – Substâncias e Produtos químicos. [Página online] Retirado de <https://rea.apambiente.pt/content/subst%C3%A2ncias-e-produtos-qu%C3%ADmicos>
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017 de 11 de dezembro de 2017 (2017). *Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal*. Diário da República, 1ª Série, 236, 6584(54)-6584(73). Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros.
- RFA 401-1 (1981), *Regulamento de Manutenção de Aeronaves da Força Aérea (REMAFA)*. Alfragide: Força Aérea Portuguesa.
- RFA 415-1 (C) (2019). *Regulamento de Abastecimento de Material da Força Aérea (RAMFA)*. Alfragide: Força Aérea Portuguesa.
- Santos, L.A.B., & Lima, J.M.M. (Coords.) (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* (2.ª ed., revista e atualizada). Cadernos do IUM, 8. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Secretariat of the Rotterdam Convention (SRC). (2020, Agosto). *Rotterdam Convention. On the prior informed consent procedure for certain hazardous chemicals and pesticides in international trade*. Texto e anexos revistos em 2019 da Convenção de Roterdão, Roterdão.
- Serrano, B.A.S. (2020, julho). *O financiamento de capacidades na Força Aérea*. (Trabalho de Investigação Individual do CPOS-FA 2019/2020 2.ª Ed.) Instituto Universitário Militar [IUM], Lisboa.

CHEMICALS MANAGEMENT IN THE MILITARY FROM THE PERSPECTIVE OF THE CIRCULAR ECONOMY¹

GESTÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS NUMA VERTENTE DE ECONOMIA CIRCULAR EM CONTEXTO MILITAR

Ana Luísa Viana de Meneses

Captain (Aviation Maintenance Technician)
Degree in Mechanical Engineering from *Instituto Superior Técnico*
Commander of the Engine Inspection and Repair Squadron (AB5)
2415-215 Leiria
almeneses@emfa.pt

Bruno António Serrasqueiro Serrano

Major (Aeronautical Engineer)
Master's degree in Business Administration by the Lisbon School of Economics and Management
Deputy of the Airworthiness Certification Office of the Engineering and Programs Directorate (DEP)
Lecturer at the Air Force Academy
baserrano@emfa.pt

Abstract

The new circular economy action plan encourages the adoption of new management practices through product innovation at the product level, while allowing for a reduction in the demand for natural resources with the reuse of materials. This has an impact on aircraft maintenance and on the chemical products used in planned and unplanned maintenance tasks. This study proposes measures to optimise the management of aircraft maintenance chemicals in the Portuguese Air Force (PoAF), from a circular economy perspective. The study uses inductive reasoning, a qualitative research strategy with quantitative elements and a case study research design to analyse the data obtained from semi-structured interviews conducted with 21 experts on the topic, from the PoAF and from Portuguese companies that perform aircraft maintenance in Portugal. The findings revealed six measures that can be implemented to optimise the chemical products management process, the most important of which are: centralising the management of those products in the Supply Squadrons of all Air Bases, publishing the Safety Data Sheets on the intranet portal, and creating a protocol to reuse chemicals before they are considered waste.

How to cite this article: Meneses, A. L. V., & Serrano, B. A. S. (2022). Chemicals Management in the Military from the Perspective of the Circular Economy. *Revista de Ciências Militares*, May, X(1), 99-131. Retrieved from Retirado de <https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/Lista%20Pt/Lista%20de%20publica%C3%A7%C3%B5es%20Revista%20De%20Ci%C3%A7ncias%20Militares.pdf>

¹ Article adapted from the individual research work carried out in the 2021/2022 Field Grade Officers Course. The defence took place in February 2022 at the Military University Institute. The full version of the paper is available from Portugal's Open Access Scientific Repositories (RCAAP).

Keywords: Logistics; chemical products; circular economy; aircraft maintenance.

Resumo

O novo plano de ação para a economia circular estimula a adoção de novas práticas de gestão através da inovação ao nível dos produtos, permitindo simultaneamente a redução da procura de recursos naturais com a reutilização dos materiais. Uma realidade refletida na manutenção aeronáutica e no uso que faz de produtos químicos em ações de manutenção planeadas e inopinadas. Este estudo procura propor formas de otimizar a praxis de gestão de produtos químicos na manutenção aeronáutica, numa vertente de economia circular, na Força Aérea (FA). Pauta-se por um raciocínio indutivo, estratégia de investigação qualitativa com reforço quantitativo e estudo de caso como desenho de pesquisa, e baseia-se em dados das entrevistas semiestruturadas conduzidas a 21 experts nestas matérias da FA e das congéneres portuguesas as quais executam manutenção de aeronaves em Portugal. Dos resultados obtidos, concluiu-se que poderá ser uma mais-valia implementar seis medidas associadas ao processo de gestão dos produtos químicos, de onde se destacam a gestão centralizada daqueles produtos nas Esquadras de Abastecimento de todas as Bases Aéreas, a disponibilização das Fichas de Dados de Segurança no portal da intranet, e a criação de um modelo de reutilização dos químicos antes destes serem considerados como resíduos.

Palavras-chave: Logística; produtos químicos; economia circular; manutenção de aeronaves.

1. Introduction

Directive No. 08/2019 of the Air Force Chief of Staff (CEMFA) has the operational objective of “Promoting a sustainable Environmental Policy” through “[...] waste management; continuous improvement and pollution prevention” (p. 14).

Decision No. 149/2020 of the Ministry of National Defence (MDN) was published on 7 January 2020. It approved the Environmental Directive for National Defence (ND), which “aims to define a strategy that integrates environmental issues, circular economy and energy sustainability” (p. 46). Two of the strategic objectives outlined in the directive concern the circular economy: “to contribute to the efficient management and sustainable use of resources” and the operational objective “To acquire products and develop processes that use fewer resources, in compliance with the principles of circular economy” (p. 50).

The new Circular Economy Action Plan (ECAP) was presented in March 2020. It defined the circular economy as “a model of production and consumption, which involves sharing, leasing, reusing, repairing, refurbishing and recycling existing materials and products” (European Parliament (EP), 2021a, 6th paragraph). This model implies reducing waste or waste products to a minimum (EP, 2021b).

The ECAP goals “Enhanced waste policy in support of waste prevention and circularity” and “Enhancing circularity in a toxic-free environment” (European Commission (EC), 2020a, pp. 13-14) are particularly relevant to this work.

The EP has stressed the importance of transitioning to a fully circular and climate-neutral economy, and that, rather than recycling, the priority should be to reduce waste (EP, 2021b).

The European Chemicals Agency [ECHA] is the organization responsible for implementing the “EU’s chemicals legislation to protect [...] health and the environment” (ECHA, 2021a, 1st paragraph). The Regulation on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals [REACH] sets out procedures for collecting and assessing information on the properties and hazards of substances (REACH, 2021). REACH encourages “a shift to ‘safe-by-design chemicals’ through the progressive substitution of hazardous substances to better protect citizens and the environment” (EC, 2020a, pp. 13-14).

Certain substances in the composition of the chemical products used in aircraft maintenance have PBT (Persistent, Bioaccumulative and Toxic) or vPvB (very Persistent and very Bioaccumulative) properties that make them hazardous to human health and the environment, as defined in the State of the Environment Report (2021), and thus require effective monitoring.

Inefficiencies in the management of aircraft maintenance chemicals often have a direct impact on the availability of those chemicals, and can hinder the completion of aircraft maintenance work (D.J. Paiva, email interview, 12 November 2021).

This availability, or lack thereof, negatively affects aircraft maintenance tasks and, as a consequence, the readiness of weapon systems (R.M. Leal, email interview, 8 November 2021).

Furthermore, inefficiencies in logistics management that affect the availability of aircraft maintenance chemicals could jeopardise the mission assigned to the Air Force (PoAF) (T.J. Silva, e-mail interview, 11 November 2021).

Therefore, this study is relevant because it examines how chemicals are managed in the PoAF and analyses processes and means to identify the causes for the existing problems and shortcomings, as well as to optimise processes by implementing concrete measures to reduce waste and improve the availability of these chemicals, from a circular economy perspective (J.A.Tavares, email interview, 8 November 2021).

The topic of this study is chemicals management in a circular economy, and the study aims to meet the challenge of optimising the process. As advised by Santos and Lima (2019, p. 42), the research will be delimited:

- In terms of time, to the period between 2017 and 2021, and the study will propose solutions to current problems;
- In terms of space, to the information on the PoAF that will be collected and analysed;
- In terms of content, to the analysis of the chemicals used in aircraft maintenance.

Therefore, the study’s general objective (GO) is *To propose measures to optimise the management of aircraft maintenance chemicals in the PoAF, from a circular economy perspective*. The GO will be achieved by accomplishing the following specific objectives (SO):

SO1: To analyse the process used by the PoAF to manage the chemical products used in military aircraft maintenance, from a circular economy perspective.

SO2: To analyse the processes used by similar organizations to manage aircraft maintenance chemicals.

These objectives are reflected in the Research Question (RQ), *How can the PoAF optimise the management of its aircraft maintenance chemicals, from a circular economy perspective?*

2. Theoretical and conceptual framework

This chapter contains the state of the art on two key concepts in this study – chemicals and circular economy – and the analysis model.

2.1. Literature review and key concepts

2.1.1. Chemical products

Chemical products are used in practically all everyday devices, as well as in the composition of many technologies, materials and products, and are therefore indispensable to society. The use of chemicals in aircraft maintenance is defined in the technical manuals, as these products are essential to perform maintenance tasks.

In this section, the concept of chemicals and their classification will be clarified and the European legislation and the PoAF procedures for their use will be examined. As this study addresses the management of aircraft maintenance chemicals, the concepts of aircraft maintenance and inventory management will also be discussed.

2.1.1.1. Concept

A chemical is a substance that does not include any living organism, and it can be classified as a pesticide or as an industrial chemical (Secretariat of the Rotterdam Convention (SRC, 2020).

In the narrower sense, chemicals are “[...] a wide range of items, including: solvents, cleaning products, anti-corrosion chemicals, paints and associated products, varnishes, glues, adhesives, sealants, silicones, oils and lubricating agents, greases and hydraulic fluids” (Circular No. 2/DAT/2019 of 17 January 2019, 2019, p.1).

“Chemicals are classified according to their hazardous properties so that people can easily recognise the hazards associated with them” (ECHA, 2016, p.5).

Regulation (EC) No 1272/2008 (Classification, Labelling and Packaging – CLP) aligns the existing European Union (EU) legislation with the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals [GHS], a system used by the United Nations (UN) to identify hazardous chemicals and inform users about these hazards (European Agency for Safety and Health at Work, 2021).

2.1.1.2. Legislation

In 2007, the EU adopted the REACH Regulation, which compels companies that produce and import chemicals to test and register these substances and ensure that they are safe for users (ECHA, 2021c). Before REACH, the public authorities had to demonstrate that a specific substance was hazardous. With REACH, it is suppliers that must prove that their products are safe (ECHA, 2021b).

On 14 October 2020, the EC adopted its chemicals strategy for sustainability. This strategy is

part of a core commitment in the European Green Deal (EGD), and it aims to protect citizens and the environment from harmful chemicals, in order to ensure an environment free of toxic substances, while promoting innovation and the use of safer and sustainable chemicals (EC, 2020b).

In the face of stricter laws, EU companies have increasingly been replacing “hazardous chemicals and manufacturing processes to safer chemicals and greener technologies” (ECHA, 2021d, 1st paragraph). These actions are in line with the operational objective set out in the National Defence Directive, to procure products and develop processes that optimise resources. This can “have a significant positive impact on the implementation of a circular economy” (ECHA, 2021d, 1st paragraph).

2.1.1.3. List of chemical products

Chemicals and other materiel used by the Armed Forces (AAFF) are catalogued using the Uniform Materiel Cataloguing System (SUC – *Sistema Uniforme de Catalogação de Material*), according to classes, as advised in RFA-415-1(C) (2019). This system was implemented by the North Atlantic Treaty Organization [NATO] standardisation agreement on the use of the supply classification and item identification systems.

Any item managed by the PoAF’s Supply Department is assigned a National Stock Number (NSN) (RFA-415-1 (C), 2019). When an item does not have an assigned NSN, the National Cataloguing Centre (CNC – *Centro Nacional de Catalogação*²) assigns it a Provisional Stock Number (NAP – *Número de Abastecimento Provisório*) (RFA-415-1 (C), 2019).

This work only addresses the chemicals belonging to the classes listed in Table 1, which are used in aircraft maintenance.

Table 1 – Classes of chemicals used in aircraft maintenance

Product description	Classes
Solvents	6810
General chemicals, cleaning products	6850
Cleaning and polishing products	7930
Paints and associated products	8010
Sealants	8030
Adhesives, glues, silicones	8040
Lubricants (oils, hydraulic fluids, greases)	9150

Source: Adapted from Circular No. 2/DAT/2019 (2019).

2.1.1.4. Aircraft maintenance

In aircraft maintenance, chemicals are used in a wide variety of maintenance tasks, from simple first-line activities, such as washing and lubrication, to complex procedures such as the production of components or structural modifications.

² The Portuguese organization responsible for cataloguing items (Directive No. 1/CLAF/2021, 2021).

The European Aviation Safety Agency [EASA] defines maintenance as any “overhaul, repair, inspection, replacement, modification or defect rectification of an aircraft or component”, as well as any combination of these activities (EC, 2014, p. 3).

In the PoAF, aircraft maintenance is organized according to the maintenance levels at which the tasks are executed: organizational, intermediate and depot, which correspond to the 1st, 2nd and 3rd maintenance levels, respectively. “These tasks will be conducted both during scheduled maintenance – pre-flight, post-flight, inter-flight, periodic inspections and overhaul – and unscheduled (unplanned) maintenance” (MFA500-3, 2009, p. 17).

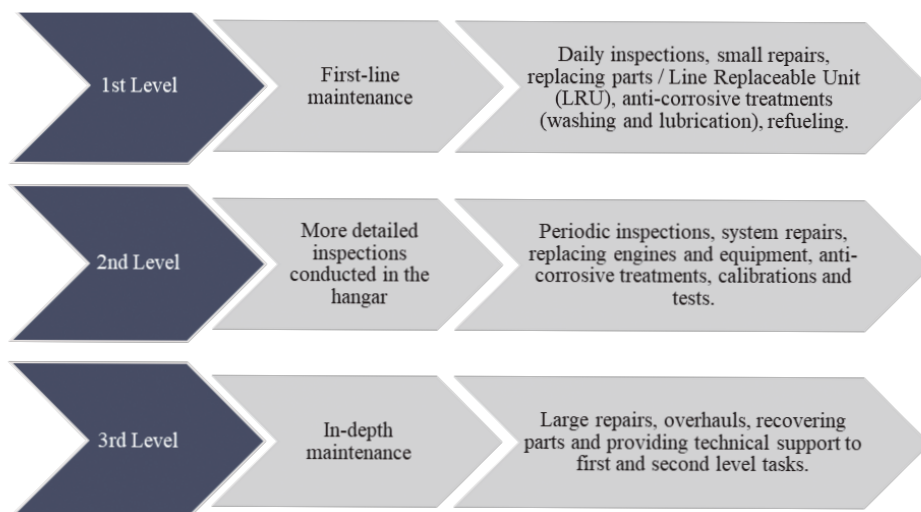


Figure 1 – Maintenance levels

Source: MFA 500-3 (2009, p. 1-5).

Performing maintenance on an aircraft requires a broad range items. For this study, the most relevant are spares³ and chemical products, which the organization must keep in stock.

2.1.1.5. Inventory management

Inventories are used to meet customers’ demand for products, or to support the production of services or goods (Krajewski et al., 2010). According to Christopher (2016), the stock level that triggers a new order is called reorder point, that is, the inventory level required to meet the demand until the product can be restocked.

The advantage of keeping inventories is that the products’ acquisition, shipping and payment costs can be reduced by ordering in bulk. Safety stocks ensure that products are available for immediate delivery to the client (Krajewski et al., 2010). The downsides are the costs of maintaining the inventory and the costs associated with the loss of inventory due to obsolescence (Krajewski et al., 2010).

³ Spares refer to materials that are kept in the inventory to replace the ones in use, as needed.

Several methodologies can be used to manage inventories, some of which are shown in Figure 2.

FIFO <i>First In First Out</i>	LIFO <i>Last In First Out</i>	FEFO <i>First Expired First Out</i>
• First in, first out. • Products that have been in storage longer are the first to be supplied.	• Last in, first out.	• Last expired, first out. • Products with shorter shelf life are the first to be supplied, regardless of when they were delivered.

Figure 2 – Inventory management methodologies

Source: Adapted from Pinto (2014).

According to Carvalho (2012), using the LIFO methodology requires products that do not have a shelf life because the most recently stored materials are the first to be supplied.

2.1.2. Circular economy

To analyse how the circular economy can be applied to a chemical products management system, it is necessary to identify the concept of circular economy, and how it improves efficiency and reduces the waste produced in the product cycle, as well as how it relates to logistics as the science of planning and execution.

2.1.2.1. Concept

The circular economy action plan for Portugal defines it as an economy “[...] that actively promotes the efficient use and productivity of the resources it explores, through products, processes and business models based on dematerialisation, reuse, recycling and recovery of materials” (Council of Ministers Resolution No. 190-A/2017,2017, p.55).

The Circular Economy goes beyond waste management and recycling [...] It focuses on reducing resource extraction, maximising reuse, increasing efficiency and developing new business models. (Eco.nomia, 2021a, 3rd paragraph)

In a circular economy, “when a product reaches the end of its life cycle, its materials are kept in the economy, when possible, and can be used more than one time, which creates more value” (Leitão, 2015).

Figure 3 shows the circular economy infographic that describes the life cycle of a product from raw materials to recycling and / or disposal (waste).



Figure 3 – Infographic describing the circular economy

This circularity in the life cycle of a product is continuous throughout the value chain, from the point of conception (its design), by using cleaner production processes (including re-processing products), implementing more sustainable distribution systems through the organization of logistics services, maximising product life-spans, repairing and reusing products, collecting waste efficiently and recycling materials. (Eco.nomia, 2021b).

The circular economy is defined as “[...] a strategic concept based on reducing, reusing, recovering and recycling materials and energy” (Eco.nomia, 2021a, 1st paragraph).

The three principles of the circular economy described in the circular economy action plan for Portugal are:

To design products, services and business models that reduce waste production; to keep products and materials in use, at their highest economic value and utility, for as long as possible; to promote the regeneration of material resources and the natural systems that provide them. (Council of Ministers Resolution No. 190-A/2017, 2017, p. 56)

In a circular economy that promotes the efficient use of the resources it contains, it is essential to reduce the waste produced during a product’s life cycle (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

2.1.2.3 Logistics

In the PoAF, logistics are defined, as in the “NATO Logistics Handbook”, as the science of planning and carrying out the movement and maintenance of forces (MFA 500-3, 2009).

One of the logistics functions that is most relevant to this work is the (re)supply function, which involves determining stock levels, provisioning, distributing and replenishing materiel (NATO, 2012).

From the point of view of the client, logistics “aims to get the right product to the right customer in the right quantity, in the right condition, at the right place, at the right time and at the right cost (the seven ‘rights’ of Logistics)” (Carvalho, 2012, p.25).

Planning is the basic function of management. It consists of the systematic analysis of the components of an organization and its environment, to establish the objectives to be achieved (Gama, 2012).

This chapter discusses the chemicals used in aircraft maintenance, their classification and their importance to aircraft maintenance and inventory management. Next, the concept of circular economy, its principles, and the way the concept interacts with logistics management and the supply chain are explained, as they are essential to achieve a circular economy. The logistics management process must be optimised to obtain maximum efficiency, contributing to an increasingly circular economy.

2.2. Analysis model

Table 2 shows the analysis model that guided the study.

Table 2 - Analysis model

General Objective	To propose measures to optimise the management of aircraft maintenance chemicals in the PoAF, from a circular economy perspective.			
Specific Objectives	Research Question	How can the PoAF optimise the management of its aircraft maintenance chemicals, from a circular economy perspective?		
	Subsidiary Questions	Concepts	Dimensions	Data collection techniques
SO1 To analyse the process used by the PoAF to manage the chemical products used in military aircraft maintenance, from a circular economy perspective.	SQ1 What is the process used by the PoAF to manage the chemical products used in military aircraft maintenance, from a circular economy perspective.	Chemical products	REACH and Legislation	Literature review and semi-structured interviews
			Cataloguing and Classes	
			Aircraft maintenance	
			Inventory management	
			Write-off	
		Circular economy	Waste reduction	
			Waste management	
SO2 To analyse the processes used by similar organizations to manage aircraft maintenance chemicals.	SQ2 What are the processes used by similar organizations to manage aircraft maintenance chemicals?	Chemical products	Logistics	Semi-structured interviews
			Procurement	
			Inventory management	

3. Methodology and method

This chapter describes the methodology and method used in the study.

3.1. Methodology

The study uses inductive reasoning, a qualitative research strategy and a case study research design (Santos & Lima, 2019).

3.2. Method

3.2.1. Participants and procedure

Participants. The study sample consisted of 21 experts – 19 officers and two civilians (Table 2), who were interviewed during the exploratory (E), pre-test (PT) and “test” (T) and phases, and who were also asked to validate / clarify / reconfirm their answers.

Table 3 - Interviewees

Position	Holder	E	PT	T						
				Area of expertise						
				FA				NP	OGMA	CAO
				STD	SS	MOF	QEO			
Navy's Helicopter Squadron	Lieutenant-Captain Rui Lopes							√		
Commander of the Aircraft Maintenance Squadron (AB5)	Major Luís Silva	√				√				
Head of the Environmental Quality Office (AB11)	Major Sandra Ribeiro						√			
Commander of the Supply Squadron (AB5)	Major Samuel Costa	√	√		√					
Commander of the Supply Squadron (AB11)	Major Carlos Nascimento				√					
Commander of the Air Materiel Squadron (AB5)	Major José Tavares	√	√			√				
Head of the Environmental Quality Office (AB6)	Major Ana Santos	√					√			
Commander of the Supply Squadron (AB6)	Captain Sérgio Campão				√					
Commander of the Air Materiel Squadron (AB11)	Captain Dinis Paiva	√				√				

[Cont.]

Maintenance Officer (504S)	Captain Estevão Reis					√				
Maintenance Officer (751S)	Captain Natércia Teixeira					√				
Maintenance Officer (502S)	Captain Tiago Silva	√				√				
Maintenance Officer (501S)	Captain Rute Leal	√				√				
Maintenance Officer (601S)	Captain Vaz Te					√				
Deputy manager of Lubricants and Chemicals at STD	Captain Ricardo Correia	√	√	√						
Maintenance Officer (552S)	Lieutenant Rui Nogueira					√				
Environment Officer (AB5)	Lieutenant Filipe Delgado	√	√				√			
Environment Officer (AB1)	Lieutenant Ruben Gomes						√			
Logistics Manager at OGMA	Engineer Inês Serrano	√							√	
Quality Assurance Officer of a Commercial Air Operator (CAO)	Engineer Ana Matos	√								√

Procedure. Four pre-tests were conducted to validate the semi-structured interview scripts, and the participants in this phase were contacted by telephone. After they agreed to participate in the study, the respective interview scripts were sent by email. Once their feedback was received and integrated, potential interviewees were contacted (by telephone or email) to explain the topic and the semi-structured interview script, to assess their availability to be interviewed, and to inform them of their right to anonymity and confidentiality, which only the Commercial Air Operator (CAO) did not waive. After they agreed to participate in this study, an interview was conducted. All interviewees were asked to validate the answers cited in the work.

3.2.2 Data collection instruments

Five semi-structured interview scripts were prepared. The script sent to the expert from the Supply and Transport Directorate (STD) consisted of questions that explored in-depth the PoAF's internal organization in terms of chemicals management. Three scripts were prepared for each of the areas of expertise of the Air Bases (AB): Supply Squadron (SS), Maintenance Officer (MOF) and Quality and Environment Office (QEO). A different script was prepared for the other organizations that perform aircraft maintenance (OGMA, CAO and the Navy's Helicopter Squadron (PNHS)), containing the same questions, in order to compare their processes to ones used by the PoAF. In the case of the PoAF, the interviews were complemented by the data provided by the STD.

A qualitative content analysis was performed on the semi-structured interviews, as advised by Fachada (2015), which identified mainly *a priori* categories.

4. Data and results discussion

This chapter analyses the information collected in the study and answers the Subsidiary Questions (SQ) and Research Question (RQ).

4.1. The process used by the PoAF to manage the chemical products used in military aircraft maintenance, from a circular economy perspective

The rules that govern the planning, supply and use of chemicals used in the maintenance of the In the PoAF's weapon systems are set out in Circular No. 2 of 17 January 2019, issued by the STD. The Circular states that STD is responsible for purchasing and supplying the chemicals used in aircraft maintenance, as well as for providing technical support to their users.

4.1.1. Chemical purchasing plan

Circular No. 2/DAT/19 of 17 January establishes the annual planning cycle for defining chemical product needs, in a supply cycle that runs from March to March (S.J. Costa, email interview, 6 November 2021). This plan includes products from the classes identified in Table 1 and is regulated by the Circular (R.A. Correia, email interview, 17 November 2021).

The PoAF has implemented the Integrated Management System (SIG – *Sistema Integrado de Gestão*). It uses this information system to manage and monitor its chemical products by decentralizing consumption in the areas where the materiel is needed and centralizing procurement (S.J. Costa, op. cit.). Centralized procurement “is used by many organizations to facilitate and consolidate purchasing, (and) has emerged as a new approach to the growing importance of purchasing for the business sector” (Aperta et al., 2015, p.15).

The chemicals used in aircraft maintenance are planned according to an estimate based on several factors: previous average consumption, maintenance schedule for that period, planned effort regime and planned deployments (E.R. Reis, email interview, 8 November 2021). These chemical purchasing plans vary according to user and task (R.M. Nogueira, email interview, 7 January 2022).

According to S.J. Costa (op. cit.), after all the factors are analysed and consolidated, the plan is sent to the STD. The STD analyses all the information it receives from the air bases to determine the planned quantities and orders for each product, as well as to check the product data to ensure that there is no duplication of orders for the same product (R.A. Correia, op. cit.). The MOFs use P/N⁴ (Part Number), but the SS and the STD require the NSN because the PoAF has adopted the NATO identification and cataloguing system (I.F. Té, email interview, 12 November 2021).

⁴ The identification number issued by the manufacturer of an article, also called manufacturer reference (RFA-415-1 (C), 2019).

After validating the purchase plans, the STD issues directives to upload them to the SIG. This is done by the subunits that made the request (through the subunit reserve) and by the SS (through the central reserve) (S.A. Campão, email interview, 17 December 2021).

An average of 540 different chemicals from the classes in Table 1 were planned between 2017 and 2021. In 2021, 99 of the 536 planned chemicals used an NAP, that is, about 19% of planned chemicals did not have an NSN when they were planned.

Chart 1 shows the quantities⁵ of chemicals planned for 2017-2021.

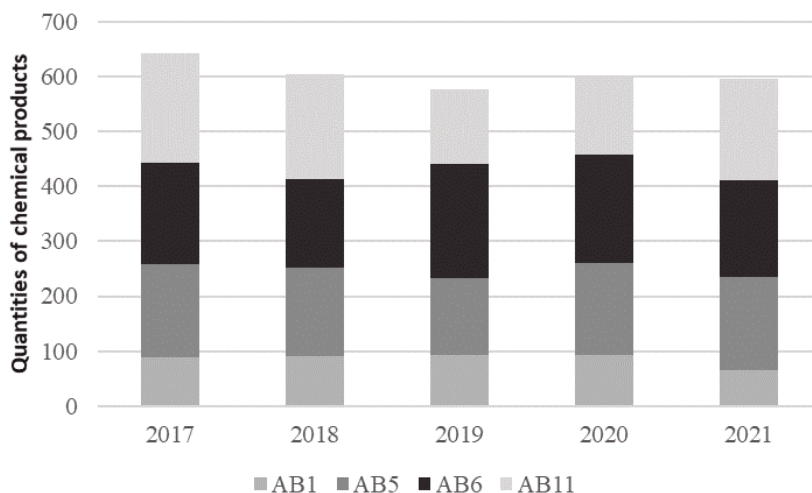


Chart 1 – Chemical products acquired by the air bases

Source: Prepared from data provided by the STD (2021).

About 60% of the chemicals planned for 2021 belonged to two air bases. Chart 2 contains the percentages of chemicals planned by only one air bases.

⁵ When mentioned, quantity of chemicals refers to the number of different chemicals, that is, the number of different NSN.

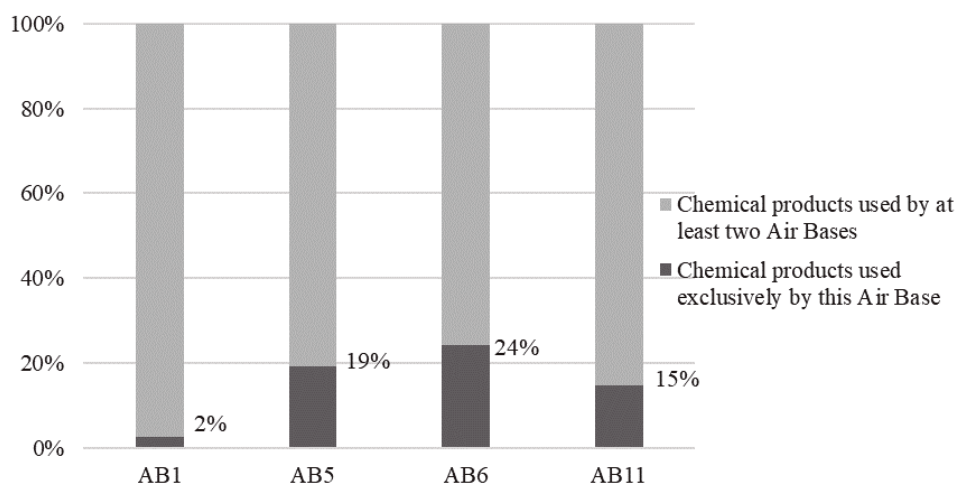


Chart 2 – Percentage of chemicals used by one air base in 2021

Source: Prepared from data provided by the STD (2021)

AB1 requested the least amount of chemicals for exclusive use in that air base. The percentages of single chemicals requested by the remaining air bases range from 15% (AB11) to 24% (AB6). Most planned chemicals are used by at least two Air Bases.

According to S.A. Campão (op. cit.), when there are unplanned orders, the SS checks if the item is available in another depot in the same air base. Two situations may occur: either it is available, in which case the SS transfers the item between depots, as long as this does not compromise the operability of the weapon system involved, and informs the Managing Authority of the transfer and of the possible need to replace the item. If it is not available, the SS submits the request to the Managing Authority.

If the need cannot be met internally, according to S.A. Campão (op. cit.), the STD will check if the item is available in another Unit. If it is available, and as long as it does not compromise the operation of the weapon system of the unit of origin, the STD will transfer the item.

If the item cannot be procured inside the PoAF, the STD will attempt to loan it from a counterpart (T.J. Silva, op. cit.). When this is not possible, the item will be purchased, as long as the acquisition is authorised and financially feasible (R.A. Correia, op. cit.).

Chart 3 shows the cost of aircraft maintenance chemicals acquired by public tender (PT) in comparison to those acquired through direct procurement (DP) from 2017-2020 (the time horizon of this study).

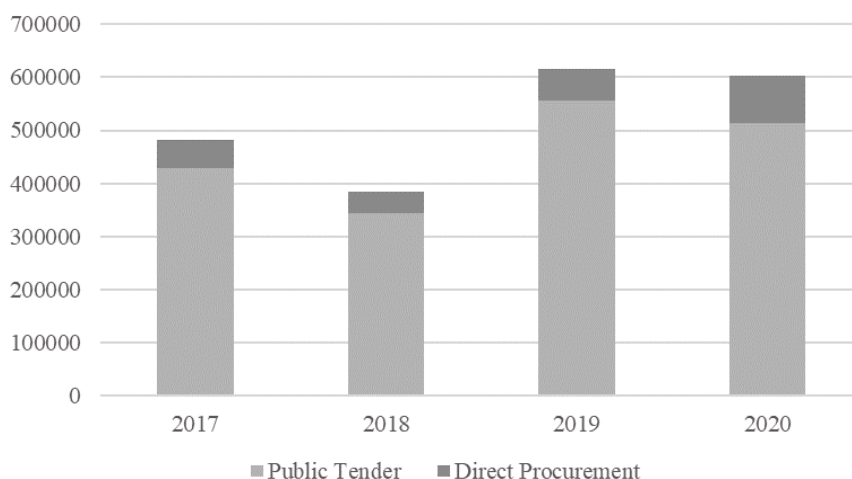


Chart 3 – Expenditure on chemicals (in Euros)

Source: Adapted from data provided by the STD (2021).

The chemical products acquired through direct procurement represents about 11% of the total.

Reasons for unplanned orders include malfunctions, tasks that are performed for the first time or new unscheduled inspections, an unexpected increase in the frequency of an inspection, the products in the warehouse exceeding their SL (Shelf Life) or deterioration of chemicals, and if the purchase plans do not meet the demands (N. V. Teixeira, email interview, 3 December 2021).

How these unexpected needs are met depends on the product, on the ongoing procurement processes and on the market's ability to meet the need (R.A. Correia, op. cit.).

4.1.2. Chemicals delivery

In the PoAF, chemicals are delivered exclusively to the SS (Circular No. 2/DAT/2019, 2019). The deliveries are received throughout the year, according to the contract requirements agreed between the STD and the suppliers, and to any limitations imposed by the supplier or the manufacturer (S. J. Costa, op. cit.).

When chemical products are delivered, they are also uploaded to the SIG, after which the delivery note (DN) is scanned and sent by email to the STD, where it will be given a Usage Decision (UD), fulfilling the central reserve order.

According to Circular No. 2/DAT/2019, the following anomalies in delivered materiel require a decision by the STD, until which they cannot be assigned a goods receipt number (MIGO) in the SIG:

- Materiel with an expiration date before 70% of the SL;
- Materiel delivered without a Certificate of Conformity (CoC);
- Missing information regarding lots and SL;
- Other situations that may raise questions during delivery.

“AB5 is the only air base with centralized chemicals management” (S. J. Costa, op. cit.). The maintenance areas only receive chemicals when they are needed, as stated by the BA5 MOFs. Occasionally, a maintenance area places an order request in the SIG to meet a specific need (S. J. Costa, op. cit.). Once this order request is received, the initial purchase plan is checked to determine if the area had already requested the item, and these orders will be prioritised. This implies assessing the impact when the requesting area has not included the item in the purchase plan (S. J. Costa, op. cit.).

In the remaining air bases, after chemicals are received by the SS, they are distributed to the maintenance units, according to each unit’s plan (C.A. Nascimento, email interview, 16 November 2021). The SS only receives the chemicals and informs the STD, after which it transfers the items to the requesting subunit (S.A. Campão, op. cit.).

When the chemicals are delivered, the maintenance areas check their shelf life, the CoC and the Safety Data Sheet (SDS) (N. V. Teixeira, op. cit.). SDS are used by the workers handling the chemicals as well as by safety officers (ECHA, 2018). To comply with the REACH Regulation, an SDS must be provided when a substance or mixture is classified as hazardous, if it is a PBT, vPvB, or if it is included in the list of substances subject to authorisation (ECHA, 2018).

In AB5, printed copies of the SDS are available in the chemicals warehouse and can also be downloaded from the SS portal (S.J. Costa, op. cit.). Many PoAF suppliers bring the SDS in digital format in a data storage device, and the SS personnel that receives the products uploads a copy to the portal (S.J. Costa, op. cit.).

At AB6 and AB11, the SDS are not available in the intranet portal. The SS of AB6 keeps the SDS in a repository in the network folder, from where it can be downloaded if the supplier does not deliver it with the material or if it is requested from the SS (S.A. Campão, op. cit.).

S.A. Campão (op. cit.) added that it would be important to make the SDS available in the intranet portal, so all users can download them. Furthermore, the Health Units and the Accident Prevention Offices (APO) should be able to access the SDS, as these services may need to provide support in case of an accident / incident with a chemical product (S.A. Campão, op.cit.).

4.1.3. Chemicals use

The Aircraft Maintenance and Materiel Squadrons are responsible for the chemicals used in the PoAF (Circular No. 2/DAT/2019, 2019).

The chemicals used in maintenance tasks are only logged in the SIG. The weapon systems maintenance areas use a different information system to log their maintenance tasks. When a task is logged, the items used to complete it are also recorded, but only in the case of spares, and the information does not include chemicals (R.M. Leal, op. cit.). The record of the maintenance tasks performed on aircraft or components does not specify which chemicals were used in a task and in what quantities (R.M. Leal, op. cit.).

The bench stocks of the various subunits are not tracked in the SIG because chemicals are removed from the system once they are distributed to the subunits, and are marked as used. Therefore, the actual quantity of chemicals in the PoAF is not accurately logged in the system (S. A. Campão, op. cit.).

Only the SS of AB5 has the facilities to store chemicals in a dedicated climate-controlled

warehouse (S.J. Costa, op. cit.). The SS of AB6 and AB11 do not have adequate physical and material conditions to store this type of items (C.A. Nascimento, op. cit.).

The areas responsible for chemicals storage in the air bases have established procedures to ensure that chemicals with shorter shelf lives are distributed first. The AB5 SS has implemented a visual inspection system to track the expiry dates of the products in the chemicals warehouse (S.J. Costa, op. cit.).

In other ABs where chemicals are not stored in the SS, maintenance teams have created ad-hoc procedures to ensure that chemicals with shorter shelf lives are consumed first. The local chemical users / distributors attempt to use / distribute the chemicals with shorter SL by sorting the chemicals in stock using the FEFO methodology, and separating the chemicals that have passed their expiration date (I.F. Té, op. cit.).

4.1.4. Write-off

To dispose of material due to expiration or premature degradation, the SS must inform the STD, in accordance with the *Guião 07/LOG/09 Proposta e Auto de Abate de Existências* [Guide 07/LOG/09 Proposal and Record of Stock Removal].

Chart 4 shows the chemical waste produced in the air bases from 2017 to 2020.

In the second half of 2020, the 101 Squadron was transferred from AB1 to AB11, which

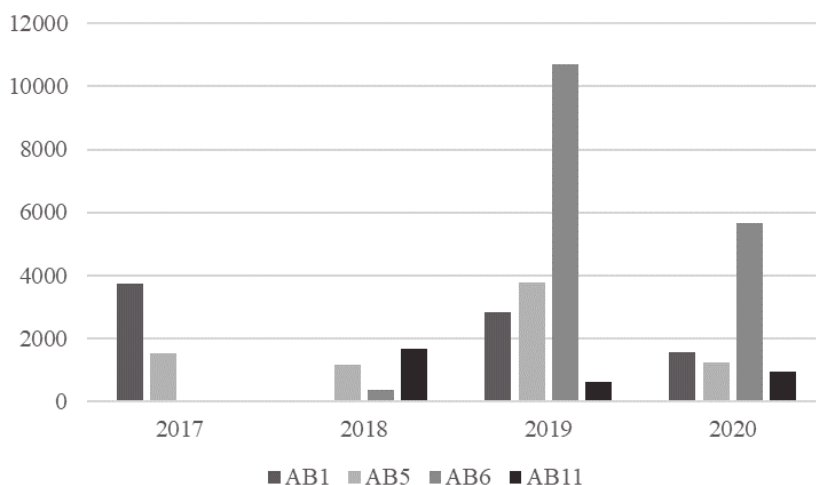


Chart 4 – Chemical waste produced in the air bases (in Kg)

Source: Prepared from data provided by the QEO of the air bases (2021).

increased the amount of chemicals used in AB11 (S.D. Ribeiro, email interview, 5 November 2021). In 2017, the platform of the Integrated Environmental Licensing System (SILIAMB) has no records of waste disposal. Therefore, AB6 and AB11 did not present the figures for that year.

While there is no standard or procedure in the PoAF requiring that products with an expired SL be reused, this is done internally by offering these products to sub-units that can use them in other activities and tasks (A.R. Santos, op. cit.).

When this is not possible, expired products are sent to the Temporary Storage Park for Industrial Waste (PATRI), where they are separated by type of product using suitable equipment, after which they are sent for treatment in companies outside the PoAF (A.R. Santos, op.cit.).

During the treatment process, and depending on their nature, these waste products can either be sent for recovery, which has benefits in terms of energy or resources, or for disposal (F.M. Delgado, email interview, 3 November 2021). All non-reusable parts resulting from these processes are sent for disposal (F.M. Delgado, op. cit.).

4.1.5. REACH Regulation in the PoAF

The Portuguese Air Force complies with the REACH regulation, by decision of the Portuguese Government. This means that hazardous substances should be replaced by less toxic ones, as set out in the regulation (F.M. Delgado, op. cit.). Currently, REACH is not complied with in full (S.D. Ribeiro, op. cit.).

In 2018, AB6 conducted a survey of all chemicals it used and their respective compounds to identify which products had substances included in the Candidate List⁶ and the Authorisation List⁷ (A.R. Santos, op. cit.). Only two items on the Candidate List were identified in a wide range of products, an antifreeze fluid and a paint (A.R. Santos, op. cit.).

The PoAF collaborates with various suppliers to import chemicals, but Portuguese companies cannot import items on the REACH list (R.A. Correia, op. cit.). However, Correia (op. cit.) states that chemical manufacturers have already begun suggesting alternative products, which are not covered by REACH.

4.1.6. Brief overview and answer to SQ1

In light of the above analysis, the answer to SQ1, *What is the process used by the PoAF to manage the chemical products used in military aircraft maintenance, from a circular economy perspective?* is that in the PoAF, the chemicals procurement process is centralized in the STD. Their use is decentralized to the weapon systems maintenance teams. The PoAF chemical products management process is shown in Figure 4.

⁶ Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation (published in accordance with Article 59(10) of the REACH Regulation).

⁷ List of Substances Subject to Authorisation included in Annex XIV of REACH.

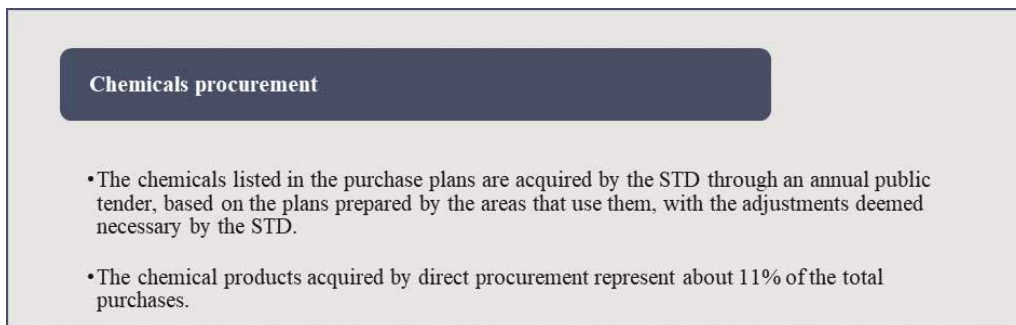


Figure 4 – Answer to SQ1

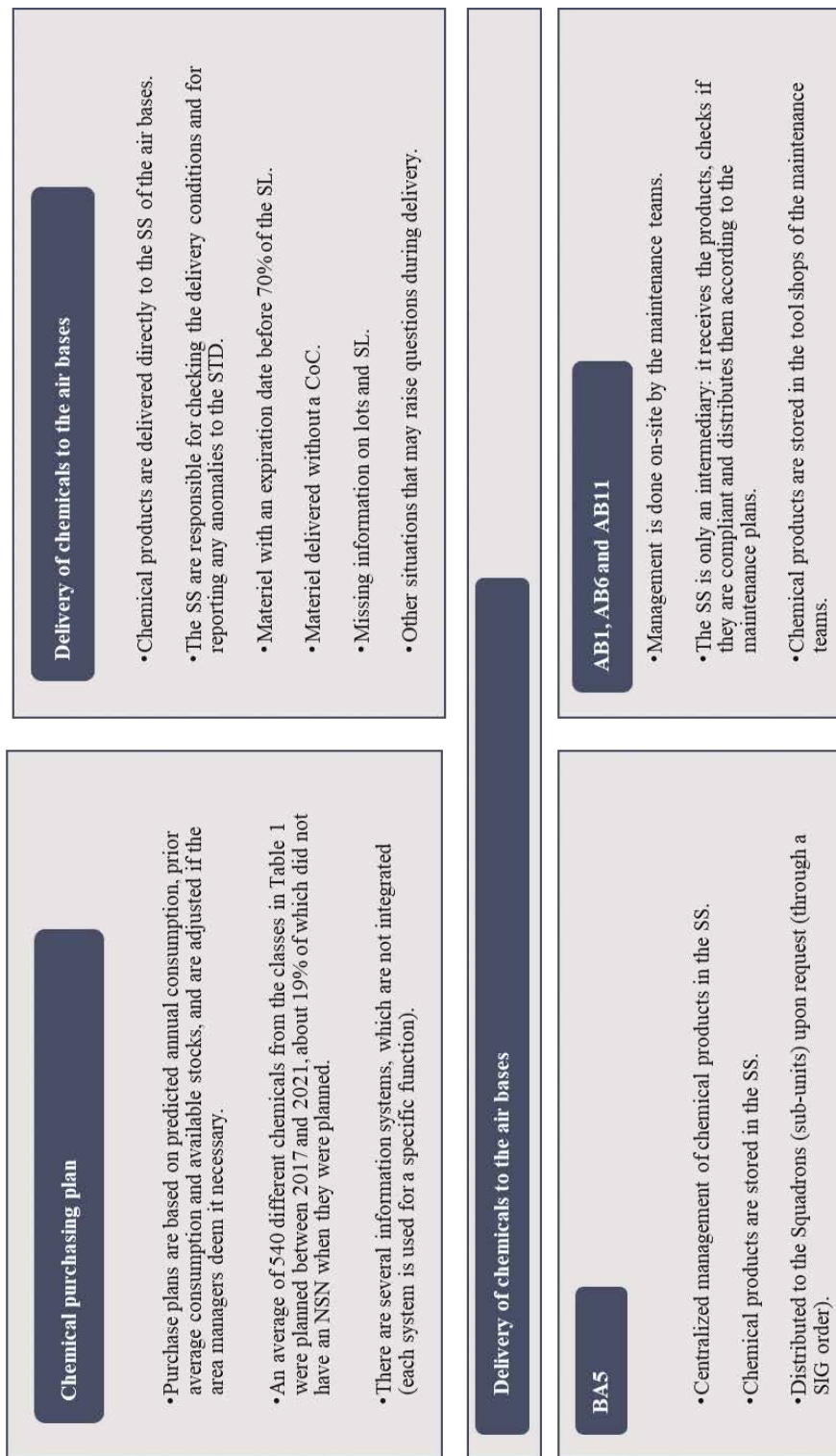


Figure 4 – Answer to SQ1

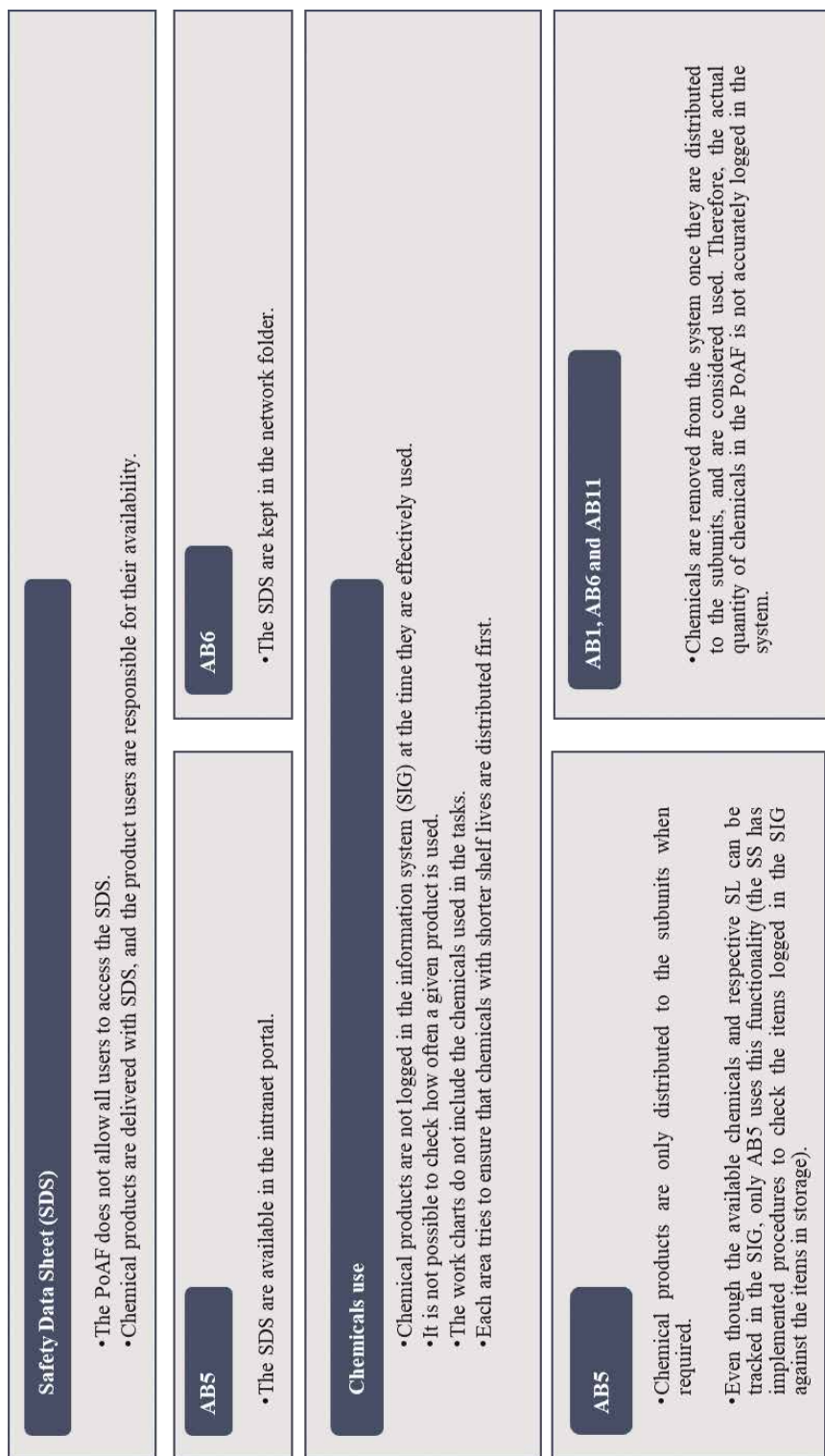


Figure 4 – Answer to SQ1

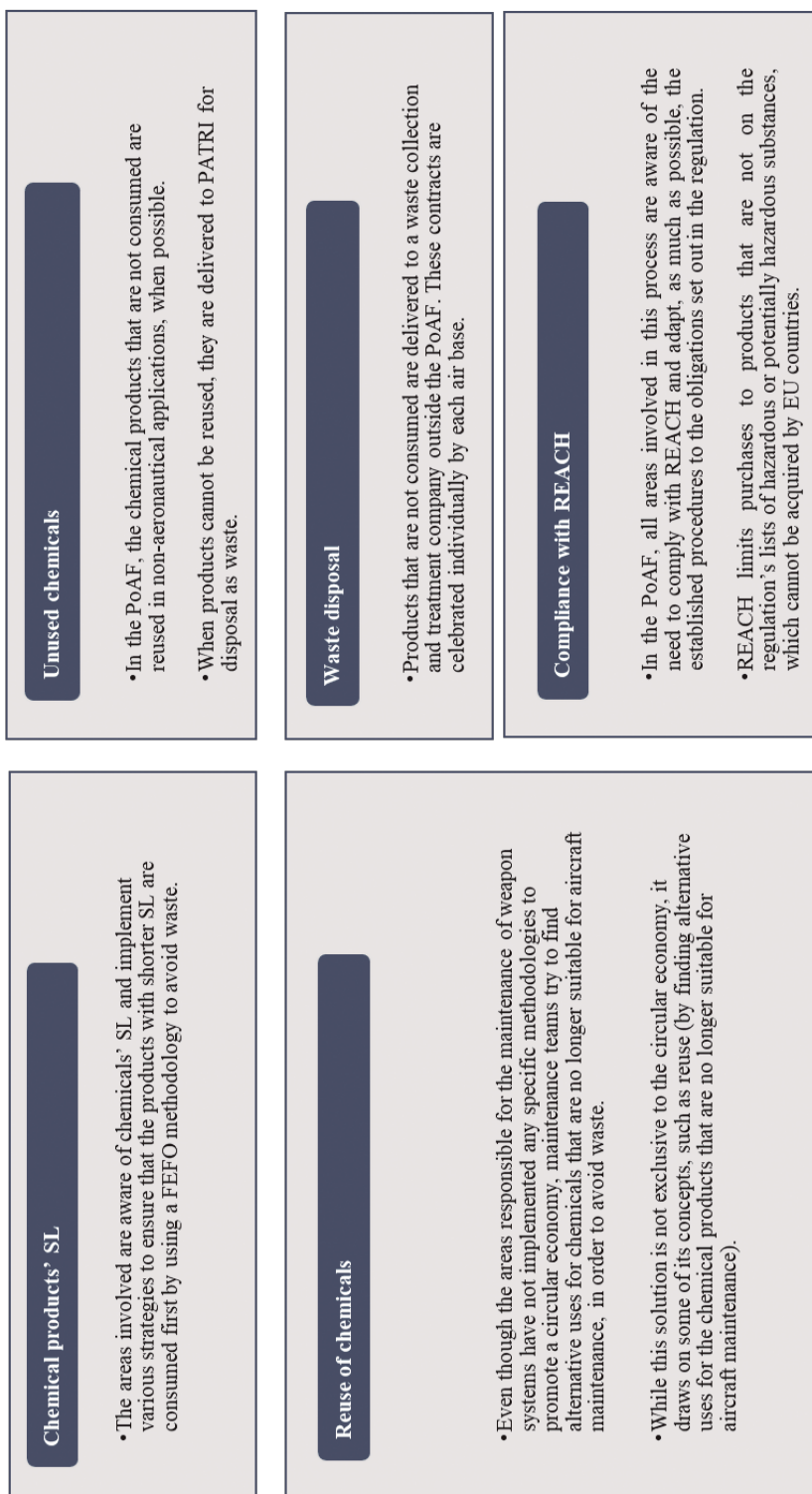


Figure 4 – Answer to SQ1

4.2. Processes used by counterpart organizations to manage their aircraft maintenance chemicals

“Counterpart is used here in a broad sense – that which is both similar and alike, which shares conditions and a type” (Serrano, 2020, p. 20). The counterparts analysed in the study are the OGMA, the CAO and the PNHS, as these organizations perform aircraft maintenance, which implies the use of chemicals.

4.2.1. OGMA

The OGMA has an Enterprise Resource Planning [ERP] system that connects all areas of the company and streamlines information sharing. ERP systems are complex computer systems that consist of several specialised modules, which are integrated using a common database (Jacobs & Chase, 2010). ERP systems are used to integrate the management of an organization’s resources, automating most departments or functions to ensure that information is available in real time (Jacobs & Chase, 2010).

Chemical product purchases are planned according to the needs uploaded to OGMA’s ERP system (I.M. Serrano, email interview, 11 November 2021). According to I.M. Serrano (op. cit.), when these needs are uploaded, they automatically show the products that were previously used in the maintenance of that aircraft, therefore, before a maintenance task is performed on an aircraft or component, the materiel required for that task is already known, including the chemicals that will be needed.

Chemicals inventory management and policy uses the min-max methodology, a method for defining minimum reorder quantity and maximum stocks (I.M. Serrano, op. cit.). According to Reis (2017), reorder quantity is the economic order quantity that is, it is the number of units of a product that should be ordered to minimise the cost of storage while maintaining a safety stock to ensure that the materiel is available as required, and that there are no shortages.

The ERP system tracks the quantities of existing chemicals, as well as their expiry dates (I.M. Serrano, op. cit.). When the inventory level reaches a predefined minimum, an alert is triggered and an order is made (I.M. Serrano, op. cit.). The order quantities are calculated according to inventory level, predicted consumption and maximum stock, which is also predefined (I.M. Serrano, op. cit.).

The procurement process is carried out several times a year, from several suppliers, according to the needs (I.M. Serrano, op. cit.). As OGMA is a private company with state participation, it is not subject to the same limitations as public organizations, specifically those in the CCP (the Public Procurement Law).

The team that manages the inventory tries to supply the products with shorter SL first, using the FEFO methodology (I.M. Serrano, op. cit.). I.M. Serrano (op. cit.) adds that the ERP system has an alarm to warn users that a product is close to reaching its expiry date.

The inventory management team ensures that expired products with SL are removed from the warehouse inventory and sent for disposal (I.M. Serrano, op. cit.). Products that have already been delivered to the maintenance hangar are removed from circulation by the material handling teams (I.M. Serrano, op. cit.).

4.2.2. Commercial Air Operator (CAO)

The CAO has a central warehouse where most of the chemical products are stored, and several tool shops that have smaller inventories (A.P. Matos, email interview, 3 December 2021).

The quantities and SL of available material are only tracked for the inventory stored at the central warehouse (A.P. Matos, op. cit.). When a specific product is required, the tool shops request what they need from the central warehouse (A.P. Matos, op. cit.).

All materials have a predefined inventory levels, which is determined, according to A.P. Matos (op. cit.), based on consumption records and on the minimum quantity that must be available in storage. Whenever the inventory level is reached, a purchase order is triggered (A.P. Matos, op. cit.).

A.P. Matos (op. cit.) adds that each month, according to an internal procedure, a list is prepared with all material in storage that will expire that month. This list is then analysed by the laboratory's technical support team, who checks several criteria, based on which they decide if the material will be written-off or if revalidation tests will be carried out to extend its useful lifespan.

The warehouse uses the FEFO system, which implies that the product with the shortest shelf life is always used first (A.P. Matos, op. cit.). According to A.P. Matos (op. cit.) in terms of distribution in the warehouse, products with a shorter shelf life are always placed at the front of the shelf, to ensure that they are used first.

According to A.P. Matos (op. cit.) all the CAO's chemicals purchases are centralized, most products are bought directly from several fixed suppliers, and some chemicals are purchased in the local market.

Purchases are planned based on the defined inventory level, the minimum quantities per product and the predicted consumption of that product (A.P. Matos, op. cit.).

"Basically, when we need something, we buy it in the market. We check who has the product at the best price, and we buy what we need" (A.P. Matos, op. cit.).

Despite the relative ease of purchasing chemicals from available suppliers, they must sometimes be bought in large quantities, as some suppliers require a minimum purchase quantity (A.P. Matos, op. cit.).

According to A.P. Matos (op. cit.), when chemical products are not completely used, there are laboratories that carry out tests to revalidate their SL. When this is not possible, the products become waste and are sent to an external company for collection and treatment.

A.P. Matos (op. cit.) adds that some products with an expired UL can be reused in other non-aeronautical areas. These products are kept in a separate section in the tool shops, marked with a blue label, and are used in support equipment or to paint other equipment.

When planning the purchases, the composition of the products is analysed using the information in the SDS, in order to determine if they are in compliance with REACH (A.P. Matos, op. cit.). According to Matos (op. cit.), an additional study is conducted to find a replacement for products that contain chemicals classified by the regulation as hazardous, and replace them, when possible.

A.P. Matos (op. cit.) states that one of the improvements that could be implemented by the CAO to optimise the management of its aircraft maintenance chemicals would be to centralize the areas involved in the procurement process: the area that defines which materials to acquire (according to the maintenance manuals of flight materiel), the Occupational Health and Safety area, and the procurement area, whose staff specialise in negotiation, strategic purchasing and optimising processes and suppliers.

Another possible improvement would be to create or acquire software that can verify a product's compliance with REACH at any given time, including the SVHC lists⁸ and Annexes XIV and XVII, which are updated regularly, and automatically track all substances contained in the materiel in storage (A.P. Matos, op. cit.).

4.2.3. Portuguese Navy's Helicopter Squadron

The chemicals used by the PNHS are supplied exclusively by one company, Agusta Westland, through a contract between it and the Portuguese Navy (PN) (R.M. Lopes, telephone interview, 6 December 2021).

Each year, a chemicals purchase plan is elaborated based on the planned flight hours and deployments and on previous and current consumption, specifying the quantities of each item to be supplied for each quarter (R.M. Lopes, op. cit.). According to R.M. Lopes (op. cit.), this plan is reviewed and optimised annually.

When there is an unexpected need, the supplier is contacted. If the supplier cannot supply the materiel immediately, it is purchased from local suppliers or, alternatively, requested on loan (R.M. Lopes, op. cit.).

R.M. Lopes (op. cit.) states that the PNHS maintenance hangar has a dedicated office for storing chemical products, with facilities that comply with the current storage regulations.

The quantities and expiry dates of stored products are recorded in a contract control sheet monitored by the Maintenance Department of the PNHS (R.M. Lopes, op. cit.).

For R. M. Lopes (op. cit.), the PNHS chemicals management system could be further optimised by automating the current procedures. One way to improve the system (R.M. Lopes, op. cit.) would be to implement inventory tracking software to compile all information on chemicals and automatically review the work charts and update the chemicals needed to complete the tasks.

4.2.4. Brief overview and answer to SQ2

The above analysis provided the answer to SQ2, *What are the processes used by similar organizations to manage aircraft maintenance chemicals?* The counterparts analysed in the study manage their chemicals using a different process from the one used by the PoAF. This process is described in Figure 5.

⁸ The SVHC list is the candidate list of substances in Annex XIV of the REACH regulation, that is, substances of very high concern.

OGMA and CAO

- Have implemented an ERP management system that tracks the inventory levels, expiry dates and consumption of these products.
- When a product's stock reaches a minimum predefined level, an order to acquire that product is triggered.
- Chemical products are purchased several times a year, as needed.
- Whenever there is a new order, the market is analysed and the products are acquired.
- As in the PoAF, the FEFO methodology has been implemented to manage the consumption of chemical products, in which products with shorter SL are used first.
- Have one or more warehouses suitable for storing and inspecting chemical products.
- Have a laboratory that can revalidate products' SL.

Figure 5 – Answer to SQ2

PNHS

- The PN has a contract with a supplier that provides all maintenance chemicals, as defined in an annual plan.
- Chemicals deliveries are phased throughout the year, according to the purchase plan.
- These plans have been adjusted to avoid both over purchasing and shortages during the year.
- Chemical products are used as needed, and products with shorter expiry dates are used first.
- The PNHS has a climate-controlled warehouse to store chemical products.

Figure 5 – Answer to SQ2

4.3. Measures to improve the management of aircraft maintenance chemicals from a circular economy perspective and answer to the RQ

Based on the above analysis, the answer to the RQ, *How can the PoAF optimise the management of its aircraft maintenance chemicals, from a circular economy perspective?*, is that several chemicals management processes can be optimised by implementing six measures (Figure 6).

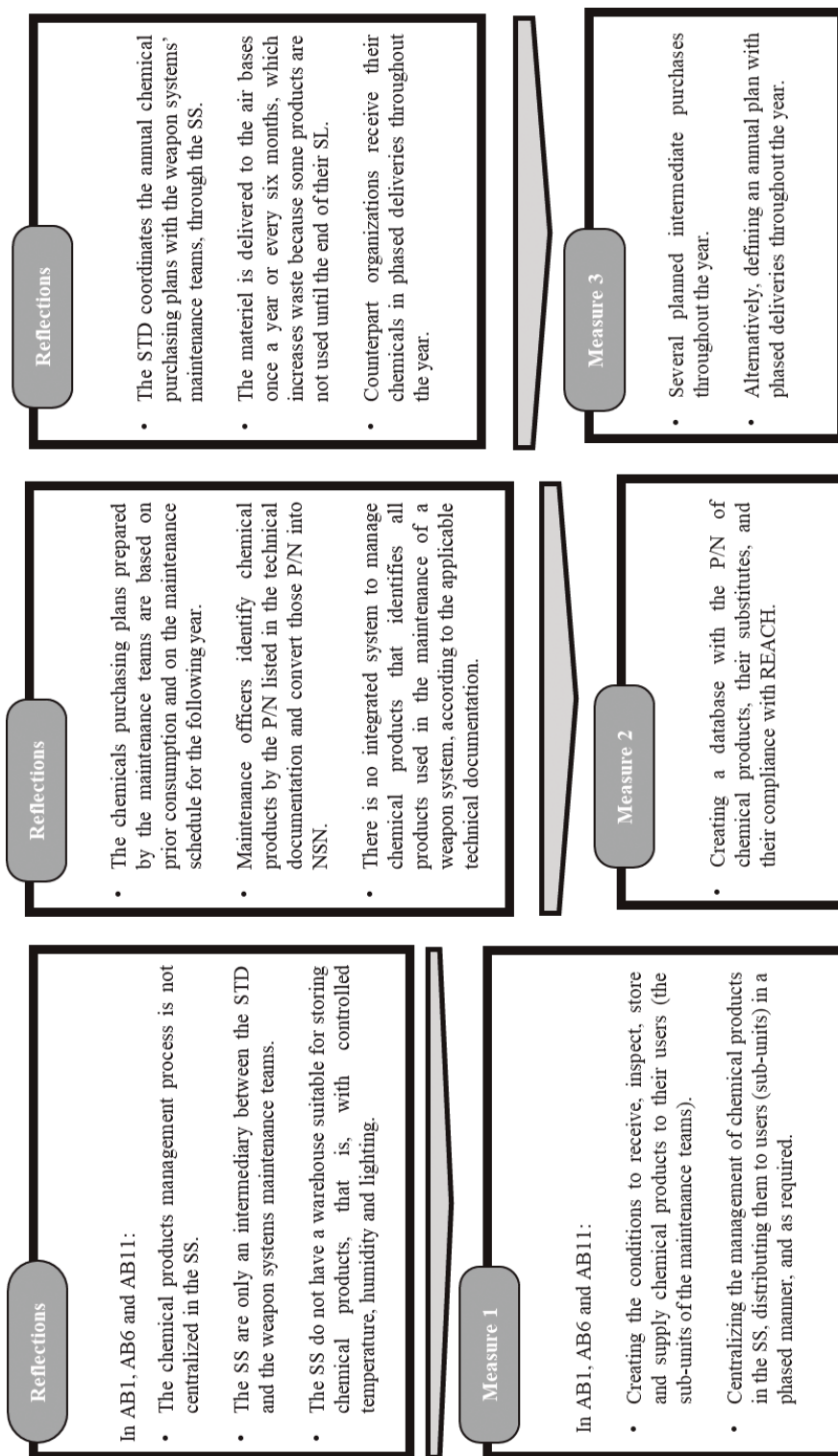


Figure 6 – Answer to the RQ

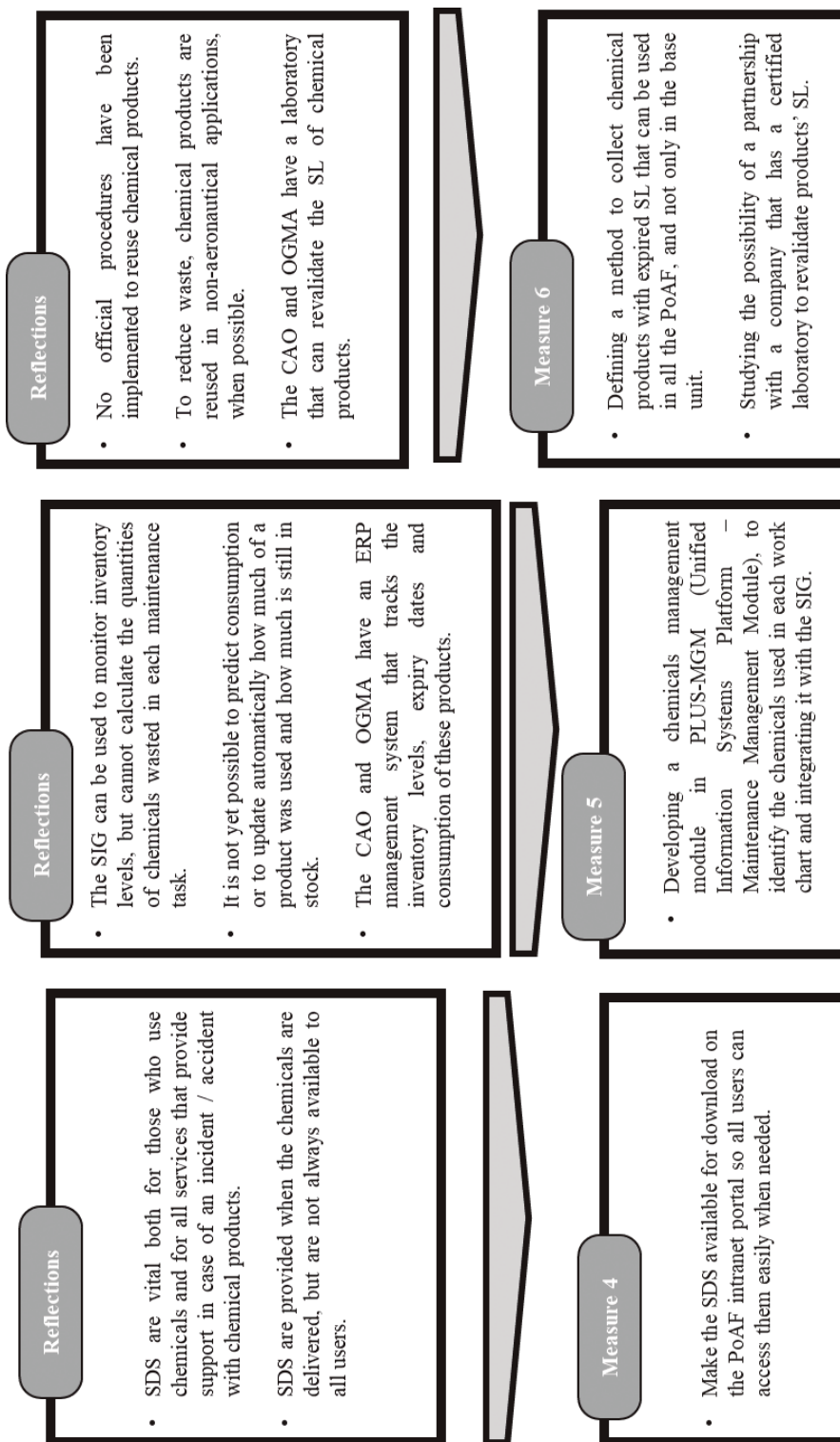


Figure 6 – Answer to the RQ

5. Conclusions

The Environmental Directive for ND is aligned with the new EU ECAP and defines a strategy for the AAFM that includes the transition to a circular economy. The circular economy is cyclical; materials are reintroduced into the system after they are used, which creates value by reducing the amount of raw materials needed, as well as the waste produced.

REACH is the regulation through which the EU monitors, regulates and assesses chemicals. It collects information on the composition of all products in the EU and advises that those containing substances hazardous to human health be replaced with less harmful ones.

This study examined chemicals management from a circular economy perspective and endeavoured to meet the challenge of optimising the process. The following delimitations were established for this study: in terms of space, the study collected and analysed information on the PoAF; in terms of time, it covered the period between 2017 and 2021; and in terms of content, it examined the chemicals used in aircraft maintenance.

To accomplish SO1, *To analyse the process used by the PoAF to manage the chemical products used in military aircraft maintenance, from a circular economy perspective*, and answer SQ1, a combined content analysis was conducted on the content of the 18 semi-structured interviews with experts from the PoAF (STD, SS, MOF, and QEO) and the data provided by the STD. The analysis revealed that, in the PoAF, chemicals purchases are centralized at the STD and their consumption is decentralized in the sub-units. The chemicals listed in the purchase plans elaborated by the air bases are procured by the STD through an annual public tender. For unplanned orders, the STD resorts to direct procurement. The chemicals are supplied directly to the air bases and are delivered to the SS, which are responsible for receiving them. AB5 is the only air base with a centralized chemical products management process. In the PoAF, all areas involved in the various chemical product management processes are aware of the need to reduce chemical waste. In compliance with the REACH regulation, the air base QEO subcontract a certified company outside the PoAF to collect and dispose of chemical products that cannot be reused.

SO2, *To analyse the processes used by similar organizations to manage aircraft maintenance chemicals*, was accomplished by answering SQ2. the interviews conducted with three experts from the similar organizations (OGMA, CAO and PNHS) were analysed, and the findings revealed that OGMA and the CAO use a similar process to the one used by the PoAF, that is, an integrated management system that also tracks the quantities of chemicals in stock and issues alerts when the level drops or when a product's SL is about to expire. Several purchases are made throughout the year, as needs arise. The PNHS manages its chemicals through a contract between the PN and the manufacturer Agusta-Westland. The contract specifies the quantities of chemicals to be supplied that year and the dates at which they will be supplied. To optimise the chemicals procurement process, the PNHS only contracts one company, which is responsible for supplying all required maintenance chemicals.

The GO – *To propose measures to optimise the management of aircraft maintenance chemicals in the PoAF, from a circular economy perspective* – was achieved by answering

the RQ. Six measures were proposed to optimise the process: centralizing the chemicals management process in the SS of AB1, AB6 and AB11, which would imply creating chemical warehouses in these SS with the required storage and inspection conditions; creating an integrated system to identify chemical products that can be easily updated and interconnected with the existing maintenance tracking and management system; increasing the number of chemicals purchase plans, or, alternatively, using the same annual planning, but defining a phased delivery according to the planned needs; make all SDS available for download on the PoAF portal; automatically integrate the work charts, which are currently logged in PLUS-MGM, with the SIG (for example, by uploading a file) to create an automatic record for all planned items, including their dates of delivery; creating a method for collecting products with expired SL that can be used in other applications, so all users know that these chemicals are available for reuse.

The study's main **contribution to knowledge** is the fact that the PoAF now has empirical and scientifically validated data on how it can optimise its chemicals management process, from planning to reuse, in order to achieve an increasingly circular economy.

This study has a **limitation**, which did not affect the benefits that can be obtained by implementing the proposed measures. Specifically, the fact that the cost of waste products was not analysed, as the value of the chemicals that were sent for disposal was not provided by the STD.

Future studies should be conducted to assess the possibility of establishing a partnership with a company with a certified laboratory that can revalidate the SL of chemical products to increase their lifespan, as required in a circular economy.

The study's **practical recommendations** are that the PoAF, in general, and AB1, AB6 and AB11, specifically, centralize the chemicals management process in the SS. The second recommendation is that the STD prepare chemicals purchase plans with phased deliveries throughout the year, and make the SDS of chemical products available for download on the technical documentation portal.

References

- Almeida, F., Coelho, A., Coelho, F. & Lisboa J. (2011). *Introdução à Gestão de Organizações*. (3rd Edition). Porto: Vida Económica – Editorial, SA.
- Aperta, F., Borges, A., Cadilha, d., Dimas, F., Dinis, C., & Dimitrovová, K. (2015). Compras Centralizadas na Saúde. [Centralized Purchasing in the Health Sector.] *Revista Portuguesa de Farmacoterapia*, 7(4), 14-19. doi:10.25756/rpf.v7i4.97
- Beckett, Clare (2006). *The 20 British Prime Ministers of the 20th Century: Thatcher*. London: Haus Publishing.
- Bicheno, J. (2008). *The Toolbox for Service Systems, England, Lean Enterprise Research Center*, Cardiff: PICSIE Books.
- Cabral, J. P. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção – Dos Conceitos à Prática*. (6th Edition). Lisbon: Lidel.
- Carvalho, J. C. (2004). *Logística*. Lisbon: Sílabo.

- Carvalho, J. C. (2012). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Lisbon: Sílabo.
- Chief of Staff of the Air Force (2019, 17 June). *Diretiva N.º 08/2019 CEMFA Planeamento Estratégico da Força Aérea 2019/2022*. [Directive No. 08/2019 CEMFA Air Force Strategic Planning 2019/2022.] Alfragide: CEMFA.
- Chemicals in our life. (2021). Compreender o Regulamento REACH. [Understanding REACH.] [Online] Retrieved from <https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/chemicals-in-a-circular-economy> (or <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach#:~:text=REACH%20is%20a%20regulation%20of,of%20the%20EU%20chemicals%20industry.>)
- Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management*. (5th Edition). New York: Pearson Education.
- Circular Economy Portugal. (2021). Sobre Economia Circular [On Circular Economy] [Online]. Retrieved from https://www.circulareconomy.pt/?page_id=3184
- Circular No. 2/DAT/2019, 17 January (2019). *Gestão dos Produtos Químicos para Aplicação em Aeronaves*. [Management of Chemical Products for Application in Aircraft.] Lisbon: Supply and Transport Directorate (Direção de Abastecimento e Transportes - DAT).
- Council of Ministers Resolution No. 190-A/2017 of 11 December 2017 (2017). *Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal*. [Action Plan for a Circular Economy in Portugal.] Journal of the Republic, 1st Series, 236, 6584(54)-6584(73). Lisbon: Presidency of the Council of Ministers.
- Decision No. 149/2020 of 7 January (2020). *Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional*. [Environmental Directive for National Defence.] Journal of the Republic, 2nd Series, 4, 46-51. Lisbon: Ministry of National Defence.
- Directive No. 1/CLAFa/2021, of 13 May (2021). *Catálogo de Material – Cláusula Contratual de Catalogação*. Lisbon: Logistics Command (Comando da Logística - CLAFa).
- ECHA. (2016). *Tips for users of chemicals in the work place* [PDF] Retrieved from https://echa.europa.eu/documents/10162/966058/tips_users_chemicals_workplace_en.pdf/0ed1aea9-2ddd-4d1a-b64a-cadc9d4625a9
- ECHA. (2018). Guide on safety data sheets and exposure scenarios [PDF] Retrieved from https://echa.europa.eu/documents/10162/2138220/sds_es_guide_en.pdf
- ECHA. (2021a). About ECHA. [Online] Retrieved from <https://echa.europa.eu/about-us>
- ECHA. (2021b). Understanding REACH. [Online] Retrieved from <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>
- ECHA. (2021c). Decisions of general application. [Online] Retrieved from <https://echa.europa.eu/about-us/the-way-we-work/decisions-of-general-application>
- ECHA. (2021d). Substitution to safer chemicals. [Online] Retrieved from <https://echa.europa.eu/substitution-to-safer-chemicals>
- ECHA. (2021e). Harmonised classification and labelling previous consultations. [Online] Retrieved from <https://echa.europa.eu/pt/harmonised-classification-and-labelling-previous-consultations>

- Eco.nomia. (2021a). O que é a Economia Circular? [What is the Circular Economy?] [Online] Retrieved from <http://eco.nomia.pt/pt/economia-circular/estrategias>
- Eco.nomia. (2021b). Estratégias da economia circular. [Circular economy strategies.] [Online] Retrieved from <https://eco.nomia.pt/pt/economia-circular/diagrama-de-sistemas>
- Ellen MacArthur Foundation. (2020). *The EU's Circular Economy Action Plan*. Retrieved from <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/eu-case-study-june2020-en.pdf>
- European Agency for Safety and Health at Work. (2021). CLP – Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures. [Online] Retrieved from <https://osha.europa.eu/pt/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>
- European Commission. (17 December 2014). *Commission Regulation (EU) No 1321/2014 of 26 November 2014*. Official Journal of the European Union, L362.
- European Commission. (2020a, 11 March). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A new Circular Economy Action Plan - For a cleaner and more competitive Europe*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- European Commission. (2020b, 14 October). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2020%3A667%3AFIN>
- European Commission. (2020c, 14 October). *Green Deal: Chemicals Strategy towards a toxic-free environment - Questions and Answers* Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1840
- European Parliament. (2021a). How the EU wants to achieve a circular economy by 2050 [Online] Retrieved from <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20210128STO96607/how-the-eu-wants-to-achieve-a-circular-economy-by-2050>
- European Parliament. (2021b). Circular economy: definition, importance and benefits. [Online] Retrieved from <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>
- Fachada, C. P. A. (2015). *O Piloto Aviador Militar: Traços Disposicionais, Características Adaptativas e História de Vida* [The Military Pilot: Dispositional Signature, Characteristic Adaptations and Life Story]. (PhD thesis in Psychology). Faculty of Psychology, University of Lisbon [FPUL], Lisbon.
- Gama, A. P. (2012). *Performance empresarial - Conceito, abordagens e métodos de avaliação*. Porto: Porto Editora.
- Inês, P. D. (2018, September). *Os princípios da contratação Pública - O Princípio da concorrência*. [The principles of Public Procurement - The principle of competition.] (Master's thesis

- in Public Administration) Faculty of Law, University of Coimbra, Coimbra.
- Jacobs, F.R. & Chase, R. B. (2010). *Operations and Supply Chain Management*. New York: McGraw-Hill.
- Krajewski L. J., Malhotra, M. K. & Ritzman, L. P. (2010). *Operations Management*. (9th Edition). New Jersey: Pearson Education.
- Leitão, A (2015). Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. [Circular economy: a new management philosophy for the 21st century.] *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*. 1 (2), 149-171. Retrieved from <http://u3isjournal.isvouga.pt/index.php/PJFM>.
- MFA 500-3 (2019). *Manual da Força Aérea. Conceito Logístico dos Sistemas de Armas*. [Air Force Manual. Weapons Systems Logistics Concept.] Alfragide: Portuguese Air Force.
- NATO (2012). *NATO Logistics Handbook*. Brussels: NATO HQ.
- NP EN13306 (2017). *Terminologia da Manutenção*. Lisbon: Portuguese Institute of Quality.
- Pinto, J. (2014). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedores* (6th Edition). Lisbon: Lidel.
- Pozo, H. (2010). *Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais*. São Paulo: Atlas.
- Reis, R. L. (2017). *Manual de Logística – Teoria e Prática*. Lisbon: Editorial Presença.
- Relatório do Estado do Ambiente (2021). Riscos Ambientais – Substâncias e Produtos químicos*. [Report on the State of the Environment. Environmental Risks – Chemical Substances and Products.] [Online] Retrieved from <https://rea.apambiente.pt/content/subst%C3%A2ncias-e-produtos-qu%C3%ADmicos>
- RFA 401-1 (1981), *Regulamento de Manutenção de Aeronaves da Força Aérea (REMAFA)*. [Regulation on the Maintenance of PoAF Aircraft (REMAFA)] Alfragide: Portuguese Air Force.
- RFA 415-1 (C) (2019). *Regulamento de Abastecimento de Material da Força Aérea (RAMFA)*. [Regulation on the Supply of Materiel to the Portuguese Air Force (RAMFA)] Alfragide: Portuguese Air Force.
- Santos, L.A.B., & Lima, J.M.M. (Coords.) (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* [Methodological Guidelines for the Elaboration of Research Papers] (2nd Ed., revised and updated). IUM Notebooks, 8. Lisbon: Military University Institute.
- Secretariat of the Rotterdam Convention (SRC). (2020, August). *Rotterdam Convention. On the prior informed consent procedure for certain hazardous chemicals and pesticides in international trade*. Revised 2019 text and annexes of the Rotterdam Convention, Rotterdam.
- Serrano, B. A. S. (2020, July). *O financiamento de capacidades na Força Aérea*. [Financing the Portuguese Air Force capabilities.] (Individual Research Paper prepared for CPOS-FA 2019/2020 2nd Ed.) Military University Institute [IUM], Lisbon.
- United Nations Organization. (2021). *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)* [PDF]. Retrieved from https://unece.org/sites/default/files/2021-09/GHS_Rev9E_0.pdf

POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO DA FORÇA AÉREA: CONTRIBUTOS PARA A SUA OTIMIZAÇÃO¹

OPTIMISING THE PORTUGUESE AIR FORCE'S CARBON SEQUESTRATION POTENTIAL

Ricardo Jorge de Sousa Correia

Capitão Técnico de Abastecimento da Força Aérea Portuguesa
Mestre em Ciências Empresariais pela Escola Superior de Ciências Empresariais,
Instituto Politécnico de Setúbal
Adjunto para a Mobilidade na Repartição Logística do Estado-Maior do Comando Aéreo
1500-589 Lisboa
correiajricardo@hotmail.com

Carlos Jorge Ramos Páscoa

Coronel Navegador da Força Aérea Portuguesa
Doutor em Engenharia Informática e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa
Assessor para a Inovação do Chefe do Estado-Maior-General das Forças Armadas
1400-204 Lisboa
cjpascoa@gmail.com

Joana Sofia Guerreiro Pinto

Tenente (Recursos Humanos e Logística-Ambiente) da Força Aérea Portuguesa
Mestre em Engenharia do Ambiente pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
Coordenadora para as Infraestruturas, Ambiente e Normalização na Repartição de Logística da Divisão de Recursos do
Estado-Maior da Força Aérea
joana.guerreiro.pinto@gmail.com

Resumo

A crescente consciencialização e preocupação com a sustentabilidade ambiental, assim como os compromissos e obrigações legais assumidos por Portugal, e consequentemente pela Força Aérea, concorrem simultaneamente para a necessidade premente de implementação de medidas mitigadoras que permitam reduzir e compensar as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera. Considerando o cumprimento das metas ambientais estabelecidas, esta investigação procura identificar o potencial de sequestro de carbono através da avaliação das emissões de carbono resultantes da atividade desenvolvida pela Força Aérea e da capacidade de compensação dessas emissões pela sua floresta. Para alcançar esse objetivo,

Como citar este artigo: Correia, R. J. S., Páscoa, C. J. R., & Pinto, J. S. G. (2022). Potencial de Sequestro de Carbono da Força Aérea: Contributos para a sua Otimização. *Revista de Ciências Militares*, maio, X(1), 133-166. Retirado de <https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/Lista%20Pt/Lista%20de%20publica%C3%A7%C3%B5es%20Revista%20De%20Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20Militares.pdf>

¹ Artigo adaptado a partir do trabalho de investigação individual realizado no âmbito do Curso de Promoção a Oficial Superior 2021/22, cuja defesa ocorreu em fevereiro de 2022, no Instituto Universitário Militar. A versão integral encontra-se disponível nos Repositórios Científicos de Acesso Aberto (RCCAP).

foi desenvolvida uma investigação de raciocínio dedutivo, alicerçada numa estratégia de investigação quantitativa com reforço qualitativo e no desenho de pesquisa de estudo de caso. Foi possível observar que, apesar de bastante relevante, a atual capacidade de sequestro de carbono pela floresta ainda não é suficiente para compensar a totalidade das emissões de gases com efeito de estufa, existindo, contudo, potencial para aumentar a capacidade de sequestro de carbono e obter maiores benefícios económicos e ambientais. Os atuais padrões de produção e consumo não se coadunam com um futuro sustentável. O presente estudo procura fazer um diagnóstico ambiental da organização e despertar consciências para os desafios futuros.

Palavras-chave: Floresta; Força Aérea; Neutralidade Carbónica; Sequestro de Carbono; Sumidouro de Carbono; Sustentabilidade Ambiental.

Abstract

To address the increasing awareness of the environment and concern for environmental sustainability, and to comply with the commitments and legal obligations taken on by the Portuguese State, and, consequently, by the Portuguese Air Force (PoAF), mitigation measures must be implemented to reduce and offset greenhouse gas emissions released into the atmosphere by this organization. To meet the environmental targets that have been set, the study will assess the PoAF's carbon sequestration potential by calculating the carbon emissions generated by the organization's activities and the capacity of its forested areas to offset those emissions. To achieve this, the study used deductive reasoning, a quantitative research strategy with qualitative elements and a case study research design. The findings revealed that, while the current carbon sequestration capacity of the PoAF's forests is not yet sufficient to offset the organization's total greenhouse gas emissions, there is room to optimise it and obtain greater economic and environmental benefits. Current production and consumption patterns are not compatible with a sustainable future. This study aims to make an environmental diagnosis of the organization and raise awareness about future challenges.

Keywords: Forests; Air Force; Carbon Neutrality; Carbon Sequestration; Carbon Sink; Environmental Sustainability.

1. Introdução

As questões ambientais tornaram-se tema obrigatório das políticas adotadas pelos Estados e pelas organizações públicas e privadas de todo o mundo. O impacto causado pelas alterações climáticas e pela degradação ambiental tem levado à concentração de esforços e uma maior solidariedade da comunidade internacional.

O Acordo de Paris², adotado em dezembro de 2015, representou um marco histórico na luta contra as alterações climáticas. Praticamente todos os países do mundo assumiram o compromisso de proceder à descarbonização das respetivas economias por forma a travar o aquecimento global. Foi definido como fator crítico restringir o aumento da temperatura média global abaixo dos 2º C, comparativamente com os níveis pré-industriais, e enviares esforços para limitar o seu aumento a 1,5º C, tendo como objetivo reduzir significativamente os riscos e os impactos negativos provocados pelas alterações climáticas.

Em 2019, a União Europeia (UE) definiu, através do Pacto Ecológico Europeu, um conjunto de metas climáticas, transversais e vinculativas aos seus Estados membros, com o objetivo de promover a transição para uma “sociedade equitativa e próspera, capaz de dar resposta aos desafios colocados pelas alterações climáticas e decorrentes da degradação ambiental, melhorando a qualidade de vida da geração atual e das futuras” (Comissão Europeia, 2019, p. 27).

Em linha com as diretrizes europeias, Portugal definiu uma estratégia de longo prazo para a neutralidade carbónica da economia portuguesa até 2050, o designado Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050³ (RNC 2050), assumindo o compromisso de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) entre 85% e 90% até 2050, relativamente a 2005, e a compensação das restantes emissões através do uso do solo e das florestas, com etapas intermédias de redução de emissões entre 45% e 55% até 2030 e entre 65% e 75% até 2040. O RNC2050 estabelece como objetivos específicos para a floresta a redução da taxa de expansão de outros usos do solo (como áreas urbanizadas, áreas alagadas e matos) e o aumento da área florestada em 8x10³ hectares por ano (ha/y), procurando assim aumentar a capacidade de sequestro de carbono pela floresta.

Mas atingir a neutralidade carbónica até 2050 implica não só o reforço da capacidade de sequestro de carbono pelas florestas e por outros usos do solo, mas também a descarbonização do sistema electroprodutor e do setor dos transportes e a aposta na transição para uma economia cada vez mais resiliente, circular e neutra em carbono. Em articulação com os objetivos do RNC2050, foi elaborado o Plano Nacional Energia e Clima 2030⁴ (PNEC 2030), que reforça a necessidade de implementação de práticas e modelos de gestão que potenciem o papel de sumidouro das florestas e aumentem a sua resiliência face às alterações climáticas.

Decorrente da crise pandémica COVID-19, a UE instigou os países-membros a elaborarem um plano estratégico comunitário de mitigação do impacto económico e social – o Plano de Recuperação e Resiliência⁵ (PRR), com o objetivo de implementar um conjunto de reformas e de investimentos que contribuam para assegurar um crescimento sustentável de longo prazo e responder ao duplo desafio da transição climática e digital (Recuperar Portugal, 2021). A Conferência das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (COP26), realizada no final de 2021 em Glasgow, veio reforçar a importância de um compromisso global, apelando a um

² Decisão (UE) 2016/1841 do Conselho, de 05 de outubro de 2016, relativa à celebração, em nome da União Europeia, do Acordo de Paris adotado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas.

³ Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 01 de julho.

⁴ Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho.

⁵ Disponível para consulta em https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_pt.

esforço de concertação por parte da comunidade internacional no que concerne à mobilização de fundos públicos, à colaboração do setor privado, à tarifação do carbono e à congruência entre as políticas económicas e as metas ambientais (COP26, 2021).

A Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional⁶, alerta para possíveis constrangimentos geoestratégicos e operacionais futuros decorrentes do fenómeno das Alterações Climáticas. A Força Aérea (FA), como parte integrante do Estado português, tem a responsabilidade de assumir um papel ativo na promoção de uma cultura organizacional ambientalmente sustentável. A Diretiva n.º 08/2019, do Chefe do Estado-Maior da Força Aérea (CEMFA), que estabelece o Planeamento Estratégico da FA para o período entre 2019/2022⁷, assume como um dos objetivos operacionais a necessidade de estimular uma política ambiental sustentável.

Neste âmbito, o desenvolvimento desta investigação visa contribuir para a otimização do potencial de sequestro de carbono da FA, destacando o papel fundamental da floresta para a mitigação das alterações climáticas. É definido como objeto de estudo o parque florestal da Força Aérea, delimitando-se, de acordo com Santos e Lima (2019, p. 42), nos seguintes domínios:

- Temporal, no período 2005-2050, contemplando metas intermédias de redução das emissões de GEE, em 2030 e 2040;
- Espacial, com particular incidência nas Unidades da FA com maior área florestal, nomeadamente, o Aeródromo de Manobra n.º 1 (AM1), a Base Aérea n.º 5 (BA5), a Base Aérea n.º 6 (BA6), a Base Aérea n.º 11 (BA11), o Campo de Tiro de Alcochete (CT) e o Centro de Formação Militar e Técnica da FA (CFMTFA);
- De conteúdo, a capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA.

Tendo por base este enquadramento, estabelece-se como Objetivo Geral (OG) identificar o potencial de sequestro de carbono da floresta da FA, para o qual concorrem os seguintes Objetivos Específicos (OE):

OE1: Apurar as emissões de gases de efeito de estufa (GEE) decorrentes da atividade desenvolvida pela FA.

OE2: Aferir a capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA.

Visando a concretização dos OE e procurando dar resposta ao problema de investigação, foi concebida como Questão Central (QC): Qual o contributo do potencial de sequestro de carbono para a neutralidade carbónica na FA?

2. Enquadramento teórico e conceptual

As florestas são responsáveis por um processo contínuo e ininterrupto de despoluição ao absorverem grande parte das emissões de gases nocivos libertados na atmosfera. Além de um sumidouro de carbono natural, as florestas são igualmente relevantes para a regulação dos recursos hídricos, para a proteção dos solos contra a erosão, para a promoção da biodiversidade, para a conservação do habitat e equilíbrio dos ecossistemas e contribuem

⁶ Despacho n.º 149/2020, de 07 de janeiro.

⁷ O CEMFA publicou, em março de 2022, as Orientações Estratégicas da FA para 2022/24 dando prioridade ao desenvolvimento sustentável baseado nos pilares económico, social e ambiental.

ativamente para a mitigação dos efeitos causados pelas alterações climáticas, sendo também uma das suas principais vítimas.

2.1. Gestão do património florestal

O conceito de gestão sustentável das florestas passou a ter maior relevância a partir da Conferência Ministerial de Helsínquia, de 1993, sobre a proteção das florestas na Europa, tendo sido estabelecida como definição de gestão sustentável das florestas a "administração e o uso das florestas e das áreas florestais de uma forma e a um ritmo que mantenham as suas biodiversidade, produtividade, capacidade de regeneração, vitalidade e potencial para realizar, no presente e no futuro, funções ecológicas, económicas e sociais" (cit. por Ministério da Educação, 2006, p. 43).

As florestas prestam, indiscutivelmente, um serviço ambiental relevante ao planeta, quer na manutenção ou incremento da biodiversidade, na preservação dos solos, na proteção contra a erosão eólica (fixação de dunas), na regulação hídrica (fixação de vertentes e amortecimento de cheias) e hidrográfica (margens e qualidade da água), como na proteção microclimática (compartimentação de campos e interceção de nevoeiros), na melhoria da qualidade do ar (através da filtragem de partículas e poluentes atmosféricos) e na mitigação das alterações climáticas, através do seu papel de sumidouro natural de carbono (Florestas, 2019a).

As florestas estão entre os ecossistemas com maior riqueza biológica do planeta, onde estão concentradas a maioria das espécies terrestres. De acordo com a FAO (2020), as florestas são responsáveis por 80% da biodiversidade existente no planeta e a sua "mancha verde" cobre mais de 30% da sua superfície. As abelhas, e outros insetos, os pássaros, morcegos, roedores, répteis, e outros animais, desempenham um papel fundamental na promoção da diversidade biológica, através do processo de polinização. Contudo, a redução abrupta da área florestal causada pela desflorestação e degradação florestal, mas também a agricultura intensiva, a utilização de pesticidas, a poluição (incluindo a poluição luminosa), a disseminação das espécies exóticas invasoras e os incêndios florestais têm-se revelado verdadeiras ameaças para estes "missionários da natureza", mas também para o próprio equilíbrio dos ecossistemas. Estes processos disruptivos são impulsionados tanto por distúrbios naturais como antropogénicos.

As alterações climáticas e a conversão do uso dos solos têm provocado modificações profundas nas dinâmicas das florestas. As emissões decorrentes das alterações do uso do solo causadas pela desflorestação são, atualmente, a segunda maior causa das alterações climáticas, logo atrás das emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis (Comissão Europeia, 2018). Para uma avaliação rigorosa dos impactos das alterações climáticas nas florestas e dos potenciais efeitos das estratégias de gestão para mitigar essas alterações, é fundamental adotar políticas de gestão que permitam uma constante monitorização da área florestal e programas de sustentabilidade globais (McDowell et al., 2020).

Neste contexto, as diferentes estratégias adotadas na gestão das florestas deverão privilegiar a conservação e manutenção dos *stocks* de carbono acumulados nas florestas, o aumento dos stocks de carbono através da florestação, a modificação da composição das espécies florestais, a distribuição uniforme das árvores por tamanho e a plantação de árvores

mais resilientes que permitam a estabilização dos solos, reduzindo os impactos resultantes dos fenómenos climáticos extremos (Colaço, 2009).

2.2. O valor económico das florestas

As florestas são uma importante fonte de riqueza natural para o Homem. *O Relatório Brundtland – Our Common Future*, veio alertar para os impactos ambientais negativos resultantes do desenvolvimento económico e da globalização, sublinhando que a “exploração dos recursos, o direccionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional deverão estar em harmonia e reforçar o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas” (World Commission on Environment and Development, 1987, p. 17).

De acordo com a Estratégia Nacional para as Florestas⁸, a importância da floresta é inegável, quer em termos económicos, quer em termos sociais, sendo fonte de diversas atividades, matérias-primas e serviços (madeira, *pellets*, briquetes, resina, cortiça, mobiliário, pasta de papel, silvicultura e exploração florestal, biomassa para a geração de energia, turismo de natureza, caça e pesca, produtos florestais não lenhosos, como os frutos secos, o mel, os cogumelos silvestres ou as plantas aromáticas e medicinais).

Segundo a matriz estruturante do valor da floresta, representada na Tabela 1, as espécies com maior potencial económico (valor por ha) são o sobreiro e o pinheiro-manso, seguindo-se o eucalipto, a azinheira e o pinheiro-bravo. Por sua vez, as acácias e outras espécies invasoras têm um impacto negativo no valor floresta.

Tabela 1 – Matriz estruturante do valor da floresta

Tipo de função		Produção lenhosa (milhões de m³/ano)				Produção não lenhosa (milhões de kg/ano)							Protecção (milhares de ha)				Riscos (milhares de ha)		Área (milhares de ha)			Valor por hectare (euros/ha)	Valor por tipo de floresta (10³ eu)	
Tipo de floresta	Espécies	Madeira				Cortiça	Frutos e sementes	Pastagens (milhões de unidades forrageiras)	Resina	Mel	Cogumelos, aromáticas	Caça (milhões de jornadas)	Pesca (milhões de jornadas)	Ora costeira	Regime hídrico	Desertificação	Biodiversidade	Incêndios	Pragas, doenças e invasoras	Continente	Madeira			Apores
		Serração	Triturapq armazenamento de carbono	Biomassa para energia																				
Produção lenhosa	Pinheiro bravo	3,4	1,4	1,0	0,2			9,0		2,5	0,4		33	145	66	131	39	69	976	9	1	91	90	
	Criptomeria	0,1		0,2										13						2	11	684	9	
	Outras resinosas	0,1								0,1			2	11	3	15	1		27	2	1	84	3	
	Eucalipto	0,1	6,3		0,2				0,2		0,3		1	7	117	75	23	20	672	3	3	136	92	
Multifuncional	Sobreiro					150	343			1,9	0,3		3	2	331	142	9	178	713			618	440	
	Azinheira				0,2		223			1,2	0,2				423	68	2	92	462			112	52	
	Pinheiro manso	0,1		0,2	0,1		4	33	1,0		0,2		3	25	53	21	0		76			494	38	
	Castanheiro	0,1			0,1		26	18			0,1			1	1	10	1		41	1		830	35	
Conservação	Medronheiro						3	7							7	5	1		15			191	3	
	Alfarrobeira						31	4							7	3	0		10			781	8	
	Carvalhos				0,1		58			0,3				8	4	50	6		131	1		87	11	
	Outras folhosas						29			0,2		6,4	1	24	17	27	3		67	1	1	1 507	104	
	Laurissilva													37		37				15	22	130	5	
	Acácia e incenso						9							25		1	1	45	20	1	24	-43	-2	
Matos					1,0		137		3,8	1,2	0,8		3	212	765	487	76		2 045			52	107	
Quantidade física		3,9	7,7	1,4	2,3	150	64	861	10	4	7,7	2	6,4	46	510	1 794	1 072	162	404	5 255	35	63		
Valor unitário		40	25	20	20	2,6	0,9	0,15	0,2	2	2,8	40	16,5	0,4	0,1	0,03	0,1	-2,3	-0,04					
Valor por tipo de função (10³ euros)		156	193	28	46	390	59	126	2	8	22	80	106	18	35	55	66	-378	-16	Valor Total			994	

Fonte: Adaptado de Louro (2012).

⁸ Disponível para consulta em <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/6-b-2015-66432466>.

Nos últimos anos, o sistema de comércio de licenças de emissão de carbono tem assumido uma maior relevância e valorização económica. Trata-se de um mecanismo de regulação das emissões de GEE com elevado potencial económico para as entidades com capacidade de sequestro de carbono. Em 2019, o preço das licenças cifrava-se nos 24,65 € por tonelada de dióxido de carbono (t/CO_2), tendo mais do que duplicado esse valor até 2021, atingindo os 54,06 € por t/CO_2 , perspetivando-se uma valorização acentuada nos próximos anos (European Energy Exchange, 2021).

Em 2016, o secretariado do Fórum das Nações Unidas sobre as Florestas estimou que as necessidades financeiras para uma gestão sustentável e eficaz das florestas rondariam os 70 a 160x109 de dólares por ano a nível mundial, defendendo que o financiamento através do setor público seria fundamental para o seu sucesso, procurando uma maior participação do setor privado e das próprias populações, num esforço alinhado com um modelo de desenvolvimento resiliente às alterações climáticas e que possibilite a redução das emissões de GEE. A concretização da transição energética e climática requer um forte comprometimento e investimento financeiro de todos os atores globais que só um esforço concertado permitirá alcançar.

2.3. O contributo das florestas para a neutralidade carbónica

A luta contra as alterações climáticas concentra a atenção dos atores mundiais. De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC, 2021), o aquecimento global tem sido responsável pelo aumento da frequência e da intensidade de eventos meteorológicos extremos, como os períodos de seca, a ocorrência de chuvas intensas, ventos fortes, vagas de frio e de calor. Para Handmer et al. (2012), eventos como as ondas de calor afetam severamente os ecossistemas, interrompendo os ciclos de carbono e reduzindo drasticamente a disponibilidade de água, causando a morte das espécies.

As florestas, tal como o oceano e o solo, representam sumidouros naturais de carbono, que se assumem como “reservatório, natural, onde um gás de efeito estufa, um aerossol ou um precursor de um gás de efeito estufa é armazenado” (IPCC, 2021, p. 558). Para o Board of Water and Soil Resources (2019), as árvores, assim como todas as plantas, fixam o CO_2 atmosférico através do processo ininterrupto de fotossíntese, convertendo o carbono em biomassa e outras matérias orgânicas. Posteriormente, o carbono é libertado para a atmosfera através do processo de respiração das árvores e pela decomposição da matéria orgânica do solo, no chamado – “ciclo do carbono”, conforme ilustrado na Figura 1.

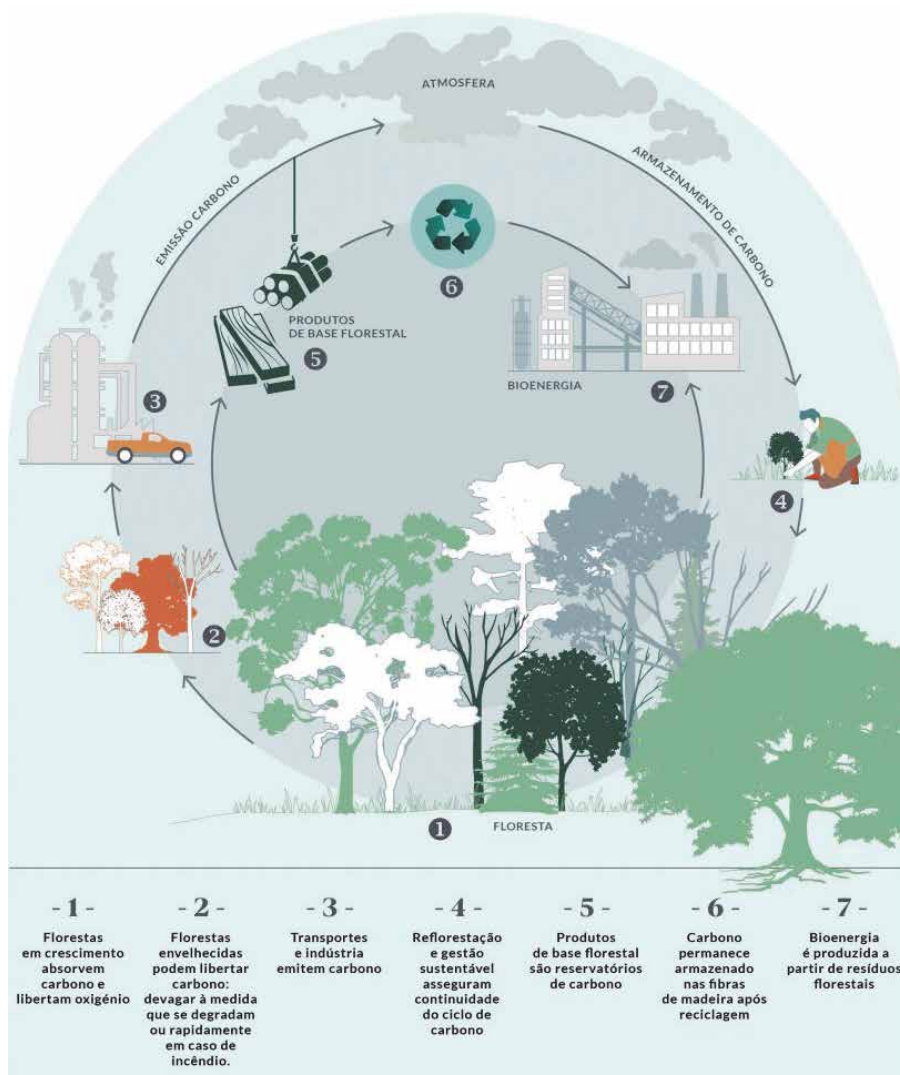


Figura 1 – Ciclo de carbono na gestão florestal sustentável

Fonte: Washington Forest Protection Association (cit. por Florestas, 2019a).

Contudo, o ciclo do carbono tem sofrido fortes perturbações, tanto naturais, provocadas por pragas de insetos, doenças das árvores, fenómenos meteorológicos extremos, perturbações geológicas e incêndios florestais, como pela ação do Homem, através da desflorestação, da conversão dos solos, do cultivo intensivo ou da introdução de espécies exóticas invasoras. A redução da capacidade de sequestro de carbono da floresta leva a uma maior concentração de CO₂ na atmosfera, levando ao aumento das temperaturas do planeta (Climate Council, 2013).

A mitigação e a adaptação às mudanças no clima apresentam-se como o grande desafio dos próximos anos. A estratégia a longo prazo da Comissão Europeia⁹, consubstanciada na Comunicação COM (2018) 773, de 2018, «Um planeta limpo para todos», estabelece como objetivo principal a promoção de uma economia com impacto neutro no clima até 2050 e reconhece o papel fundamental dos sumidouros naturais, como os solos, as terras agrícolas, as zonas húmidas costeiras, mas principalmente as florestas, no combate às alterações climáticas.

Neste sentido, assume especial importância a proteção e manutenção das florestas existentes e o reforço sustentável do coberto florestal, assim como, o combate às causas da desflorestação através de políticas, medidas e metas ambientais mais assertivas e ambiciosas.

2.4. Modelo de análise

Como modelo de análise da investigação, para cada um dos OE, foram estabelecidos conceitos, dimensões e indicadores, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Modelo de análise

Objetivo Geral					
Identificar o potencial de sequestro de carbono da floresta da FA					
Questão Central					
Qual o contributo do potencial de sequestro de carbono para a neutralidade carbónica na FA?					
Objetivos Específicos	Questões Derivadas	Conceitos	Dimensões	Indicadores	Recolha de dados
OE1 Apurar as emissões de carbono decorrentes da atividade desenvolvida pela FA	QD1 Qual a quantidade de carbono libertado na atmosfera resultante da atividade desenvolvida pela FA?	- Emissões de GEE - Mitigação - Sustentabilidade ambiental	Organizacional	Atividades poluentes	Análise documental e entrevistas estruturadas
				Consumo energético	
OE2 Aferir a capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA	QD2 Qual a capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA?	- Gestão sustentável das florestas - Sequestro de carbono - Neutralidade carbónica	Ambiental	Emissões GEE	
			Ambiental	Parque florestal	
			Organizacional	Políticas Metas	
			Económico-financeiras	Financeiros	
				Patrimoniais	

⁹ Disponível para consulta em <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX-:52018DC0773&from=PT>.

3. Metodologia e método

Neste capítulo são apresentados a metodologia e método orientadores da investigação.

3.1. Metodologia

Metodologicamente, este estudo seguiu um raciocínio dedutivo, alicerçado numa estratégia de investigação quantitativa com reforço qualitativo e num desenho de pesquisa do tipo de estudo de caso (Santos & Lima, 2019).

3.2. Método

3.1.1. Participantes e procedimentos

A investigação integra um conjunto de participantes (identificados no Quadro 2) cujo contributo foi considerado relevante, tendo sido privilegiados os intérpretes com experiência, conhecimento e perceção da problemática em causa.

Quadro 2 – Síntese das entrevistas realizadas

Código da Entrevista	Entidade	Cargo	Tipo de Entrevista	Data da Entrevista
E1	Campo de Tiro	Comandante da Unidade	<i>email</i>	02-nov-21
E2	Divisão de Recursos da Força Aérea	Chefe da Repartição de Logística	<i>email</i>	12-nov-21
E3	Direção-Geral de Recursos da Defesa Nacional	Responsável para o Ambiente	<i>email</i>	02-nov-21
E4	Divisão de Recursos do Exército	Coordenadora da Área da Repartição Logística	<i>email</i>	16-nov-21
E5	Belgian Defence	Head Environment	<i>email</i>	22-out-21
-	Danish Defence	Nature and Planning Section Manager	<i>email</i>	Não respondeu

Em termos de procedimento, os entrevistados foram inicialmente contactados por telefone ou por *email*, no período de 12 a 15 de outubro de 2021, com o objetivo de confirmar a participação na presente investigação. Após a confirmação da sua disponibilidade, foi enviado novo *email*, entre 16 e 22 de outubro de 2021, com os guiões de entrevista e inquirição do respetivo consentimento para utilização das suas respostas para efeitos de investigação.

3.2.2. Instrumentos de recolha de dados

Compete ao investigador selecionar as técnicas de recolha e tratamento de informação mais adequadas à investigação. Segundo Santos e Lima (2019), a adequada seleção dos instrumentos de recolha de dados é uma etapa fundamental para a interligação entre a teoria e os factos, no sentido de transitar de um nível de conhecimento para um novo nível sobre determinada situação. Neste âmbito, foram utilizados os seguintes instrumentos:

– Análise documental dos regulamentos, normas e procedimentos em vigor, assim como, dos relatórios de gestão e os anuários estatísticos da FA, que permitiram captar uma multiplicidade e complexidade de situações e a obtenção de dados relevantes para análise, interpretação e reflexão.

– Entrevistas estruturadas realizadas a dois níveis:

- Intraorganizacional, através de entrevistas a entidades e serviços diretamente relacionados com o objeto de estudo, com o objetivo de sustentar as modalidades de ação.
- Extraorganizacional, através de entrevistas a entidades congéneres, nacionais e estrangeiras, no sentido de identificar medidas, políticas, práticas, processos críticos, modalidades de ação, estratégias de atuação e áreas de implementação.

3.2.3. Técnica de tratamento de dados

Os dados quantitativos recolhidos foram submetidos a análise e tratamento através do programa Microsoft Excel. Sempre que considerados relevantes e pertinentes, os resultados apurados foram apresentados sob a forma de figuras, quadros e tabelas. A análise das entrevistas, foi realizada seguindo a metodologia de Guerra (cit. por Santos & Lima, 2019, p. 122) dividindo a análise em cinco etapas: transcrição; leitura; construção de sinopses; análise descritiva; e análise interpretativa.

3.2.4. Métodos de cálculo

De forma a alcançar o objetivo geral e numa perspetiva de avaliar também a hipótese de alcançar a neutralidade carbónica, tornou-se crucial efetuar dois cálculos principais: i) estimar as emissões de GEE e ii) estimar a capacidade de sequestro de carbono da floresta. Para o efeito, foram seguidas as linhas de orientação do IPCC. Relativamente à estimativa de emissões de GEE, foi necessário definir os limites de cálculo, tendo para isso sido seguida a proposta do GHG Protocol, que classifica as emissões de GEE consoante o seu âmbito: i) âmbito 1, emissões diretas de fontes próprias ou controladas pela organização; ii) âmbito 2, emissões indiretas, associadas ao consumo de eletricidade, vapor, aquecimento ou arrefecimento das instalações/edifícios da organização e iii) âmbito 3, emissões de fontes terceiras, não controladas pela organização, conforme demonstra a Figura 2. No caso do presente estudo foram consideradas as emissões de âmbito 1 e 2 e excluídas as de âmbito 3 dado que se pretendeu focar o estudo nas emissões que podem ser controladas pela Força Aérea, bem como evitar a duplicação de contabilização de emissões (caso os fornecedores da Força Aérea efetuem também as suas estimativas de emissões de GEE).

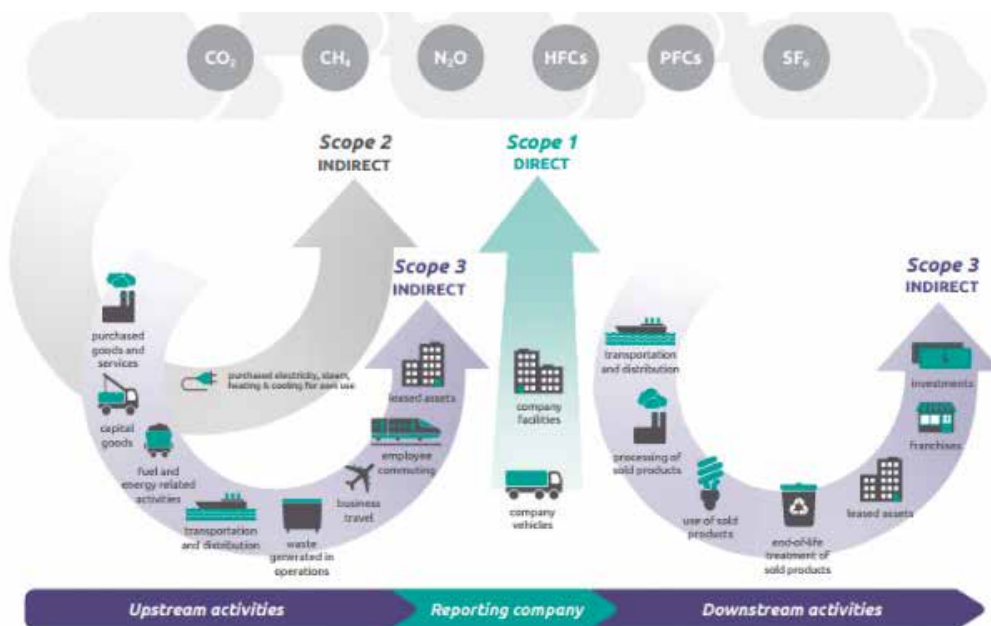


Figura 2 – Classificação das emissões de GEE

Fonte: GHG Protocol (2016).

4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados

Neste capítulo serão analisados e discutidos os resultados e respondidas as questões derivadas e central.

4.1. Gases GEE libertados para a atmosfera resultante da atividade da FA

Os diferentes GEE provocam efeitos distintos no aquecimento global, essencialmente devido às diferenças de capacidade para absorver energia e de tempo de permanência na atmosfera. Assim, foi desenvolvido o “Potencial de Aquecimento Global” – medida harmonizada que permite estabelecer a equivalência entre todos os GEE – tendo como referência o CO_2 e sendo expressa em unidades de CO_2 equivalente (CO_2 eq). O período de análise dos dados recolhidos junto do Estado-Maior da Força Aérea (EMFA) decorre entre 2005 (ano de referência para comparação da evolução das emissões)¹⁰ e 2020. Na falta de dados disponíveis dos anos analisados, consideraram-se os valores médios dos dados mais antigos. Por se tratar de informação direta ou indiretamente relacionada com a atividade militar, os dados apresentados representam valores absolutos, padrões de evolução, tendências ou percentagens entre valores comparativos.

¹⁰ Conforme definido no RNC2050, por ter sido o ano em que Portugal teve o seu pico de emissões de GEE.

4.1.1. Atividades emissoras de gases com efeito de estufa para a atmosfera

No cumprimento da sua missão, a FA desenvolve um conjunto de atividades que contribuem para a emissão de GEE para a atmosfera. As emissões de GEE encontram-se diretamente relacionadas com o consumo de energia, nomeadamente, de *Jet Propellant 8* (JP8) e de combustível de aviação (AVGAS) na componente aérea, gasóleo nas atividades terrestres rodoviárias, eletricidade, gás natural e gasóleo nas atividades terrestres não rodoviárias.

4.1.1.1. Atividades terrestres rodoviárias

São consideradas atividades terrestres rodoviárias aquelas que resultam da utilização de veículos ligeiros e pesados (de transporte de passageiros, mercadorias ou mistos), veículos especiais e táticos, onde se enquadram as auto gruas, auto varredoras, autotanques de combustível, tratores de reboque de aeronaves, veículos blindados, carros de combate, entre outros. Para efeitos de estimativa de emissões de GEE associadas às atividades terrestres rodoviárias, de acordo com o método de definição de limites de cálculo, foram consideradas as emissões de âmbito 1, ou seja, emissões de GEE resultantes da combustão de gasóleo inerentes à locomoção das viaturas¹¹, incluindo os veículos de aluguer operacional utilizados pela FA.

Conforme pode ser percecionado na Figura 3, a evolução das emissões de GEE foi tendencialmente crescente até ao ano de 2010, ano comumente conotado com a crise financeira mundial, após o qual se verifica uma redução acentuada, não estando dissociada da diminuição de pessoal da FA e do número de veículos disponíveis, mas também da diminuição do número de quilómetros percorridos e da maior eficiência ambiental e energética.

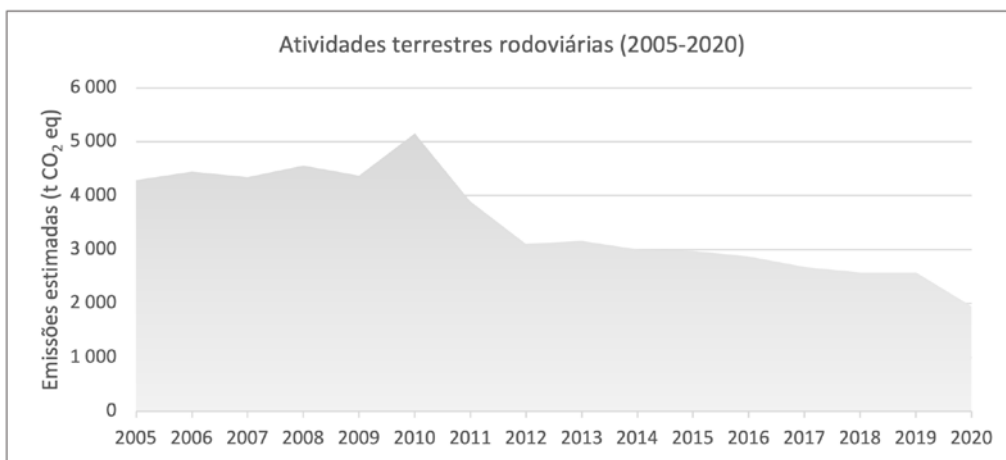


Figura 3 – Evolução das emissões de GEE das atividades terrestres rodoviárias

Fonte: Construído a partir de dados disponibilizados pelo EMFA (2021).

¹¹ No caso específico da estimativa de emissões de GEE em viaturas rodoviárias, esta abordagem é também conhecida como “*Tank-to-Wheel* (TTW)”, conforme definição da JEC (colaboração entre o Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia, EUCAR e CONCAWE).

Importa referir que, de acordo com os dados recolhidos junto da Direção de Abastecimento e Transportes, a FA detém uma frota de veículos que, em média, apresenta uma vetustez superior a 20 anos e uma quilometragem média superior a 300.000 km. Apesar do Despacho n.º 2293-A/2019, de 07 de março, ter vindo estabelecer uma quota mínima de 50% de veículos elétricos nas novas aquisições das entidades do Estado e de existirem desenvolvimentos animadores na utilização do hidrogénio como combustível¹², o processo de renovação do parque automóvel da FA prevê-se complexo e moroso.

É exetável que as emissões de GEE resultantes das atividades terrestres rodoviárias possam vir a reduzir nos próximos anos, em resultado da introdução de veículos elétricos ou de veículos de combustão mais eficientes e o abate dos veículos mais velhos e poluentes, assim como, da adoção de modos de condução mais eficientes e, sobretudo, das alterações comportamentais resultantes da digitalização dos processos, como são exemplo as reuniões remotas que permitem evitar, ou reduzir consideravelmente, as deslocações rodoviárias.

4.1.1.2. Atividades terrestres não rodoviárias

São consideradas atividades terrestres não rodoviárias aquelas que resultam da utilização de um vasto conjunto de equipamentos que funcionam através de energia proveniente de diversas fontes, nomeadamente, energia elétrica, gás natural e gasóleo, e consequentemente, são responsáveis pela emissão de GEE para a atmosfera. Além das emissões associadas aos consumos de gás e eletricidade e das provocadas pela combustão estacionária, isto é, pela queima de combustível para gerar eletricidade, vapor, calor ou força em equipamentos como as caldeiras, geradores ou sistemas de aquecimento, considera-se fundamental proceder à contabilização dos gases fluorados com origem, principalmente, nos sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado (AVAC) e nos equipamentos de refrigeração. Para a Agência Europeia do Ambiente (2021), os gases fluorados têm um forte impacto no efeito de estufa e têm um potencial de aquecimento bastante superior ao do dióxido de carbono, contribuindo de forma substancial para as alterações climáticas.

A Figura 4 reflete a evolução das emissões de GEE resultantes das atividades não rodoviárias. Apenas foi possível apurar os valores dos gases fluorados dos sistemas AVAC e nos equipamentos de refrigeração a partir do ano de 2014. Devido à inexistência de dados históricos consolidados representativos do universo da FA, não foram abrangidas pelo estudo algumas atividades terrestres não rodoviárias que emitem GEE, como a produção de resíduos e o tratamento de águas residuais.

¹² Comissão Europeia (2020) – Uma estratégia para o hidrogénio ao serviço de uma Europa com impacto neutro no clima.

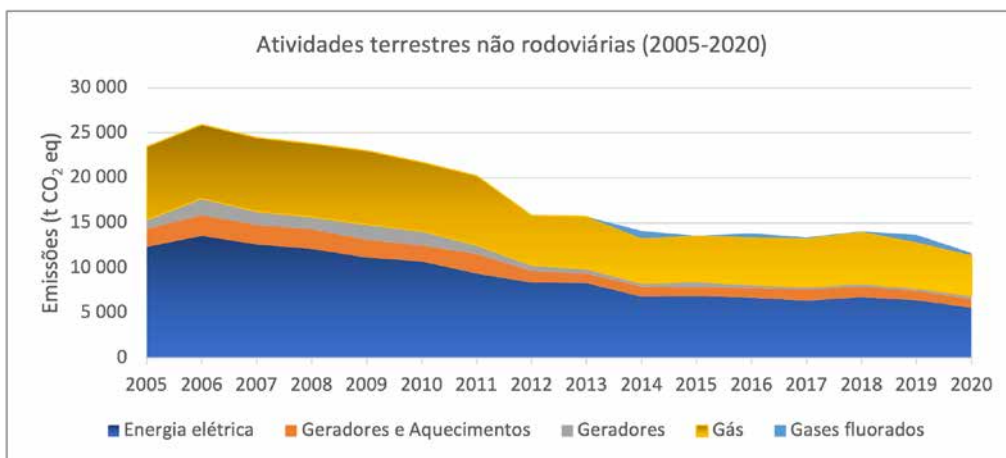


Figura 4 – Evolução das emissões de GEE das atividades terrestres não rodoviárias

Fonte: Construído a partir de dados disponibilizados pelo EMFA (2021).

Como é possível observar, houve um grande decréscimo das emissões entre 2006 e 2014, período após o qual se verifica uma estabilização, em resultado da introdução ou substituição de equipamentos energética e ambientalmente mais eficientes (excetua-se o ano de 2020 pelas razões anteriormente apontadas). A redução das emissões está ainda relacionada com a diminuição dos efetivos militares e com a redução da atividade aérea.

De destacar, o caso de sucesso do projeto integrado de eficiência energética do AM1¹³, distinção atribuída pelo Programa de Eficiência de Recursos na Administração Pública (ECO.AP, 2019) pela primeira vez a uma instituição militar. Também relevante, a instalação de um parque solar fotovoltaico na BA5 que, em 2020, permitiu satisfazer 24% das necessidades de energia elétrica daquela Unidade (EMFA, 2021). Todavia, a autossustentação energética com origem em fontes de energia renováveis ainda representa um valor residual no universo da FA (cerca de 2%), distante do objetivo de 10% preconizado no Programa ECO.AP 2030¹⁴.

4.1.1.3. Atividade aérea

É considerada atividade aérea aquela que resulta da utilização/operação de meios aéreos, de asa fixa ou rotativa, que, durante o processo de combustão, são responsáveis pela emissão de GEE para a atmosfera. Neste sentido, considera-se relevante aferir as emissões geradas pela atividade aérea, procurando medir e monitorizar a sua pegada carbónica, de modo a permitir ajustar políticas e implementar medidas que melhor concorram para a sua sustentabilidade. Os valores apurados das emissões de GEE foram integralmente imputados à FA, mesmo quando resultantes do cumprimento de missões solicitadas por entidades terceiras, como por exemplo, o transporte de órgãos ou a busca e salvamento, entre outras.

¹³ Disponível para consulta em https://www.ecoap.pt/caso-de-sucesso/fa-aerodromo_manobra1-integrado/.

¹⁴ Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2020, de 24 de novembro.

A Figura 5 reflete as emissões estimadas de GEE das aeronaves da FA no período compreendido entre 2005 e 2020. O cálculo das emissões está diretamente relacionado com as horas de voo efetuadas e com os consumos de JP8 e de AVGAS das diferentes aeronaves.

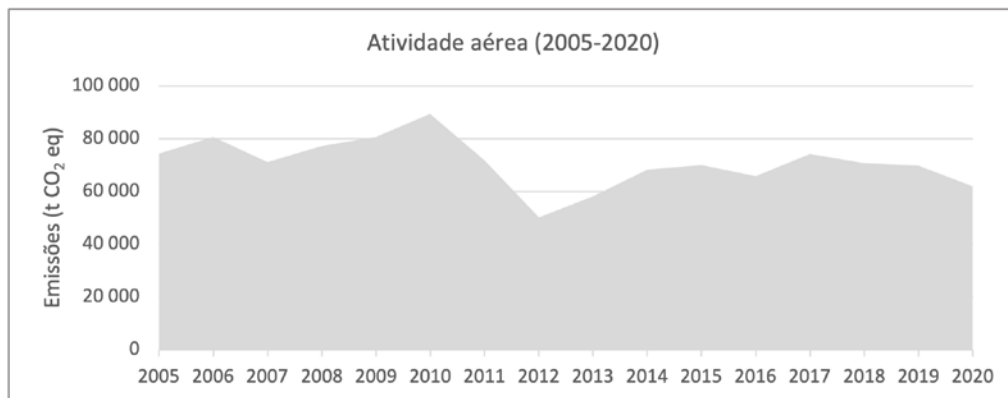


Figura 5 – Evolução das emissões de GEE da atividade aérea

Fonte: Construído a partir de dados disponibilizados pelo EMFA (2021).

É possível constatar um aumento das emissões entre 2005 e 2010, atingindo o seu valor mais elevado em 2010. O decréscimo verificado entre 2010 e 2012 está relacionado com a redução da atividade operacional, nomeadamente com o número de horas de voo realizadas (EMFA, 2011; EMFA, 2012; EMFA, 2013) em resultado das restrições orçamentais impostas pela tutela. A partir de 2012 até 2014 regista-se um aumento das emissões em cerca de 20%, estando esse aumento relacionado com o incremento da atividade operacional (EMFA, 2014; EMFA, 2015). Entre 2014 e 2019 verifica-se uma harmonização das emissões na ordem das 69.800 toneladas de dióxido de carbono por ano (t CO_{2eq}/y).

Para o cumprimento das missões no âmbito dos compromissos internacionais assumidos pelo Estado Português e das missões de interesse público, é expectável que nos próximos anos haja um incremento de meios aéreos, nomeadamente, com a introdução da aeronave *KC-390 Millennium* e de outras plataformas aéreas sob gestão da FA, no âmbito do Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Rurais, e consequentemente se assista a um aumento das emissões de GEE resultante de um maior número de missões.

4.1.2. Análise global das emissões

Numa análise global, através da observação da Figura 6, é possível constatar um pico de emissões no ano de 2010, para o qual muito contribuíram as atividades terrestres rodoviárias e, principalmente, a atividade aérea. O ano de 2010 foi efetivamente um ano de viragem, conotado com a crise financeira e com as restrições orçamentais no setor público, com impacto direto na componente operacional da FA. Após ter sido alcançado em 2012 o valor mínimo de emissões, no período entre 2014 e 2019 verifica-se uma homogeneização dos valores, rondando as 86.360 t CO_{2eq}/y.

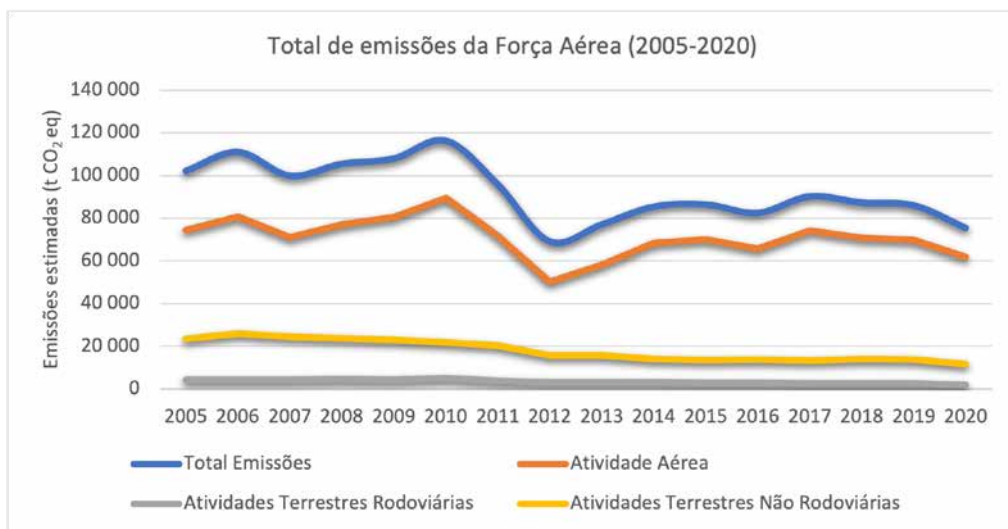


Figura 6 – Total de emissões de GEE

Fonte: Construído a partir de dados disponibilizados pelo EMFA (2021).

Através de uma análise mais detalhada é perceptível aferir que, em 2005, a atividade aérea representava 73% do total das emissões de GEE da FA, tendo atingido os 82% em 2020. Este aumento percentual relativo deveu-se maioritariamente à introdução de novas frotas de aeronaves, como o *CASA C-295* ou o *EH-101*, que apresentam níveis de consumo hora/voo superiores comparativamente com o *C-212 Aviocar* ou o *PUMA SA-330*, seus antecessores.

Recentemente, e no âmbito de uma *joint venture* entre a Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) e a empresa Twelve, foi desenvolvido um programa piloto para transformar CO₂ em combustível sintético para a aviação, acreditando-se que, a concretizar-se com sucesso esta descoberta, possa vir a ter um impacto significativo na redução das emissões de GEE das aeronaves, assim como, de toda a cadeia logística (USAF, 2021). Apesar da aplicabilidade dos combustíveis verdes (nomeadamente o hidrogénio) e dos combustíveis sintéticos estar na vanguarda da investigação e desenvolvimento, tanto da comunidade científica (e.g.: Dincer & Acar, 2016; *Fuel Cells and Hydrogen*, 2020), como da própria indústria, esta inovação ainda não reúne as condições técnicas e economicamente viáveis que a possam tornar uma alternativa válida para o setor.

4.1.3. Síntese conclusiva e resposta à Questão Derivada 1

Para o cumprimento da sua missão, a FA desenvolve um conjunto de atividades, terrestres rodoviárias e não rodoviárias e aérea, que globalmente contribuem para a emissão de gases poluentes para a atmosfera.

Em resposta à QD1 – “Qual a quantidade de carbono libertado na atmosfera resultante da atividade desenvolvida pela FA?”, conclui-se que houve um aumento das emissões entre 2005 e 2010, para o qual contribuíram, principalmente, as atividades terrestres rodoviárias e a atividade aérea, tendo-se registado um valor mínimo de emissões em 2012, muito devido aos

constrangimentos orçamentais impostos pela tutela, tendo, em especial, resultado na redução acentuada da atividade aérea, constatando-se, posteriormente, uma homogeneização das emissões em cerca de 86.360 t CO₂eq/y, no período entre 2014 e 2019. A redução verificada em 2020 resulta do decréscimo da atividade causado pela pandemia Covid-19.

A atividade aérea (o *core business* da FA) é indiscutivelmente a atividade com maior peso nas emissões de carbono. Em 2005, era responsável por 73% das emissões e, em 2020, representava 82% do total das emissões da FA. Apesar do decréscimo das horas de voo, este aumento percentual relativo resultou da introdução de novas frotas, tecnologicamente mais avançadas e com novas potencialidades, mas com maiores necessidades de consumo, tornando-as, consequentemente, mais poluentes.

4.2. Capacidade de sequestro de carbono da FA

Portugal é o quarto país da Europa com maior percentagem de floresta protegida¹⁵, cerca de 22%. De acordo com o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF, 2019), mais de 60% do território de Portugal continental é constituído por espaços florestais, dos quais 84,2% encontram-se localizados em propriedade privada, 13,8% em terrenos comunitários e somente 2% em áreas públicas, números bastante desfasados das médias europeia e mundial, conforme ilustrado na Figura 7.

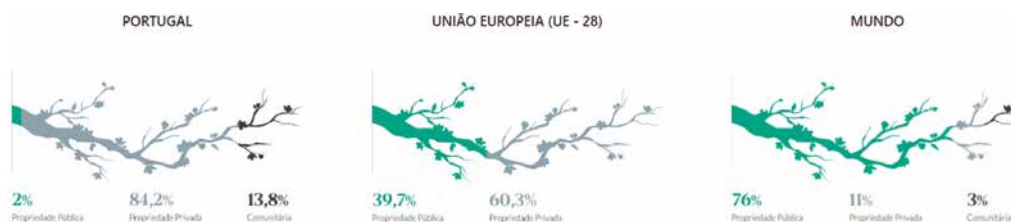


Figura 7 – Propriedade florestal

Fonte: Construído a partir de dados disponibilizados pelo EMFA (2021).

Apesar do reduzido espaço florestal público, o Estado tem a responsabilidade de implementar “um modelo de governação que garanta a articulação política, a implementação das políticas climáticas e a coerência das políticas e estratégias setoriais nacionais com o objetivo de alcançar a neutralidade carbónica em 2050” (RNC2050, 2019, p. 87). A FA, face ao seu património florestal, deverá assumir um papel ativo no desenvolvimento de orientações e modalidades de ação específicas para a sua floresta, fomentando a aposta em parcerias de investigação e desenvolvimento com as Universidades e outros grupos de trabalho, como já acontece com o *NATO Environmental Protection Working Group*, o *EDA Energy and Environment Working Group* e a *Global Air Forces Climate Change Collaboration*, conforme referido pelo Responsável para o Ambiente da Direção-Geral de Recursos da Defesa Nacional (entrevista por *email*, 02 de novembro de 2021).

¹⁵ Somente atrás da Itália (33%), Alemanha (29%) e Liechtenstein (26%), segundo o relatório da *State of Europe's Forests* de 2015.

Para efeitos de estimativa de capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA foi utilizado o definido nas linhas de orientação do IPCC para inventários nacionais de gases de efeito de estufa de 2019, volume 4 (IPCC, 2019). Tendo em conta os dados disponíveis – Planos de Gestão Florestal (PGF) das Unidades – que contêm as áreas florestadas e espécies florestais presentes, e na ausência de dados mais específicos, foi adotado o nível 1 de cálculo (tier 1, de acordo com a definição do IPCC) e o método “Ganhos-Perdas”, que representa o método de emissões e remoções de CO₂ resultantes das alterações no *stock* de carbono da biomassa. Os ganhos são atribuídos ao crescimento da biomassa, representam a transferência de carbono para a biomassa, e são marcados com sinal positivo (alterações de stock positivas). As perdas são atribuídas essencialmente aos cortes¹⁶, representam as emissões de carbono da biomassa para a atmosfera, e são marcados com sinal negativo (alterações de stock negativas).

4.2.1. Parque florestal da FA

A FA não dispõe de um inventário completo do seu parque florestal. Apesar disso, a FA apresenta condições ímpares para o seu mapeamento e monitorização, dispondo de meios aéreos, nomeadamente os *drones*, para um registo aerofotográfico da sua mancha verde. A inventariação dos espaços florestais é a “base fundamental para a formulação, monitorização e avaliação das políticas florestais e de outros domínios com expressão territorial e estratégica” (ICNF, 2019, p. 1). As espécies mais comuns do parque florestal da FA são o pinheiro-bravo, o pinheiro-manso, o eucalipto, o sobreiro e a azinheira, conforme ilustrado na Figura 8, e ocupam uma área de cerca de 8.195 ha, no AM1, BA5, BA6, BA11, CFMTFA e CT. Só o CT representa mais de 80% da área total de floresta da FA.

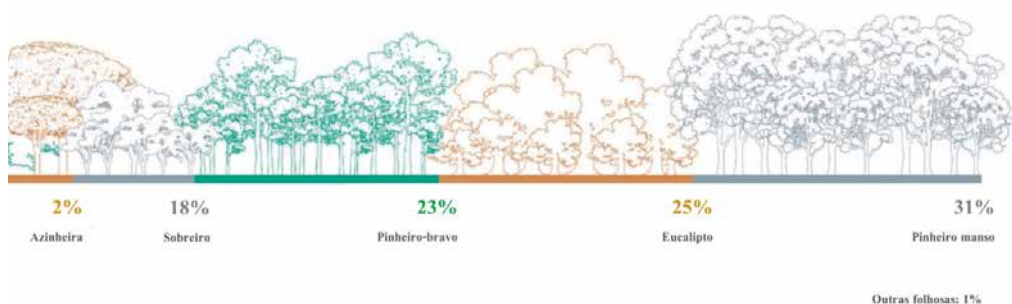


Figura 8 – Composição da floresta da FA, por espécie

Fonte: Adaptado a partir de Florestas (2020a).

¹⁶ Foram considerados apenas os cortes porque não existem dados relativos a incêndios e às perdas devido a doenças/pragas.

O sobreiro e a azinheira são árvores de crescimento lento e de baixa densidade arbórea. Possuem elevado valor económico, nomeadamente, através da produção de cortiça e lenha, além de que, proporcionam sistemas silvo-pastoris cujo rendimento resulta da produção animal. Só após os 20-25 anos o sobreiro começa a produzir cortiça e o seu ciclo de extração cessa entre os 150-200 anos (Florestas, 2020b). A azinheira e o sobreiro são as espécies predominantes na BA11 e representam 2% e 18% da floresta da FA, respetivamente. Por sua vez, o eucalipto é uma árvore de crescimento rápido, com ciclos de produção de cerca de 12 anos e é auto regenerativo após o corte, podendo efetuar quatro ciclos de produção até nova plantação. O eucalipto foi introduzido em Portugal em meados do século XIX e rapidamente se adaptou aos solos e clima nacionais (Florestas, 2020c). É uma espécie de elevado valor socioeconómico, conotada essencialmente com a indústria de papel e celulose. O eucalipto representa, atualmente, 25% da floresta da FA, encontrando-se o seu povoamento maioritariamente no CT. O pinheiro-bravo é uma espécie nativa com elevado potencial produtivo¹⁷ (ciclos de produção entre 30 e 40 anos) e elevada capacidade de adaptação a solos pobres ou degradados. O pinheiro-bravo representa 23% da floresta da FA e é a espécie predominante no AM1. O pinheiro-mansinho tem uma taxa de sobrevivência na ordem dos 80-90% e desempenha um importante papel na “proteção dos solos contra a erosão, na fixação das dunas costeiras e no enriquecimento dos terrenos pobres, marginais e desertificados, nos quais ajuda a estabelecer condições para o reaparecimento de espécies mais exigentes, como o sobreiro ou a azinheira” (Florestas, 2021). Esta espécie apresenta um elevado potencial socioeconómico através da produção de madeira, pinhas e pinhão, sobretudo a partir dos 15-20 anos de idade da árvore, aumentando a sua produção até cerca dos 40-50 anos, começando a decrescer a partir dos 80-100 anos (UNIAV, 2007). O pinheiro-mansinho representa 31% da floresta da FA e encontra-se disseminado um pouco pelas várias Unidades, com exceção do AM1, sendo a espécie mais representativa na BA6 e a dominante no CFMTFA.

Na FA, cabe a cada Unidade gerir a sua floresta, em consonância com os Planos de Gestão Florestal, não existindo propriamente uma gestão centralizada, encontrando-se em fase de desenvolvimento a reestruturação do Sistema de Gestão Ambiental da FA e da respetiva estrutura ambiental, bem como a definição do Roteiro para a Neutralidade Carbónica da FA, conforme referido na entrevista por *email*, 12 de novembro de 2021, pelo Chefe da Repartição Logística da Divisão de Recursos da Força Aérea. Esta política de gestão florestal descentralizada é também a seguida pelo Exército, conforme referido pela Coordenadora de Área da Divisão de Recursos (entrevista por *email*, 16 de novembro de 2021), contrariamente à abordagem centralizada e conjunta da congénere Belga referido pelo *Head Environment da Belgian Defence* (entrevista por *email*, 22 de outubro de 2021).

Algumas Unidades da FA têm certificação ambiental, nomeadamente, a BA5, o CT e a Estação de Radar N.º 2 (ER2), fruto da adoção de políticas efetivas de sustentabilidade ambiental.

¹⁷ Ciclo de valorização do pinhal ao longo da rotação, disponível para consulta em https://www.centropinus.org/files/upload/edicoes_tecnicas/silvicultura-centro-pinus-digital.pdf.

O CT, um dos três polígonos de tiro portugueses para a Artilharia de Campanha¹⁸, é detentor de várias certificações que atestam o seu compromisso ambiental, nomeadamente, a certificação ambiental (NP ISO 14001), a certificação florestal da *Forest Stewardship Council* (FSC) e a certificação florestal do *Programme of Endorsement for Forest Certification Schemes* (PEFC). Acresce o facto da BA5 e da ER2 terem sido as primeiras Unidades militares, a nível internacional, a obter o registo do *EU Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS). Para o Chefe da Repartição Logística da Divisão de Recursos da Força Aérea (*op. cit.*), a FA “representa uma organização de referência no que concerne ao seu desempenho ambiental”.

Não obstante do facto das espécies florestais da FA fazerem parte das espécies nativas dominantes em Portugal, e do caso de sucesso da introdução do eucalipto na floresta nacional, existe um conjunto de espécies exóticas invasoras, introduzidas de forma intencional ou acidental, que constituem uma ameaça às espécies autóctones, como é o caso das acácias. As espécies invasoras “espalham-se rapidamente, competem pelos recursos naturais e tornam-se numa ameaça para outras espécies, habitats e ecossistemas” (Florestas, 2019c). A sua disseminação pode provocar avultados prejuízos ambientais e socioeconómicos, podendo ainda vir a constituir um risco para a saúde.

4.2.2. Avaliação da capacidade de captura e armazenamento de carbono

O papel dos ecossistemas terrestres no sequestro do carbono pode ser dividido em três grandes componentes: biomassa aérea (particularmente importante nas florestas), biomassa subterrânea e matéria orgânica do solo. A capacidade de armazenamento de carbono na biomassa viva das árvores pode variar consoante a espécie, a idade, o clima, os solos, o excesso ou a falta de água, a saúde das árvores e sobretudo os incêndios, entre outras variáveis naturais ou antropogénicas.

A expansão da área florestal, ainda que limitada, permite aumentar a capacidade de sequestro da floresta. De acordo com o Relatório sobre a Avaliação para Portugal do *Millennium Ecosystem Assessment* (Pereira et al., 2009), o sobreiro, a azinheira e as outras folhosas têm uma capacidade de sequestro de carbono que varia entre 1 e 5 toneladas de CO₂ por ha, por ano (t CO₂/ha/y), o pinhal tem uma capacidade de sequestro de carbono compreendida entre as 15 e 26 t CO₂/ha/y e o eucalipto tem uma capacidade de captura e armazenamento de carbono que ronda as 15 e 32 t CO₂/ha/y, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Capacidade de sequestro de carbono, por tipo de floresta

Espécie florestal	Valor médio de sequestro (t CO ₂ /ha/ano)
Eucalipto	15 - 32
Pinheiro-manso e Pinheiro-bravo	15 - 26
Azinheira, Sobreiro e Outras folhosas	1 - 5

Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2009).

¹⁸ A par do Regimento de Artilharia N.º 5 e do Campo Militar de Santa Margarida, ambos do Exército.

Associado à maior capacidade de sequestro de carbono e ao crescimento rápido, o eucalipto destaca-se como a espécie com maior capacidade de captura e armazenamento de carbono. A renovação das espécies de crescimento rápido permite a continuidade da função de sequestro de carbono e, consequentemente, do efeito mitigador das alterações climáticas, em especial, no curto prazo. De acordo com Pereira et al. (2009), nas regiões com chuva abundante e invernos amenos, como a região litoral do Centro e Norte de Portugal, o eucalipto pode atingir uma produção em volume de madeira de cerca de 30 m³ por hectare, por ano, aproximadamente o dobro do volume do pinheiro-bravo.

O sobreiro e a azinheira são espécies de crescimento lento e têm uma menor capacidade de sequestro de carbono. A longo prazo, a manutenção de florestas de crescimento mais lento permite a acumulação de maior quantidade de carbono no solo.

As mudanças anuais nos *stocks* de carbono podem ser estimadas através das perdas e ganhos de carbono. Os ganhos podem ser atribuídos ao crescimento (aumento de biomassa) e à transferência de carbono de outro reservatório (por exemplo, transferência de carbono do reservatório de carbono da biomassa viva para o reservatório de matéria orgânica morta devido ao corte ou a perturbações naturais). As perdas podem ser atribuídas à transferência de carbono de um reservatório para outro (por exemplo, o carbono libertado no processo de corte é uma perda do reservatório de biomassa acima do solo) ou às emissões resultantes da decomposição, corte ou queima (IPCC, 2021). O *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases* (APA, 2021), estima que os eucaliptais cresçam 9,5 m³, por hectare, por ano (m³/ha.y), os pinhais 5,6 m³/ha.y, o sobreiro e a azinheira 0,5 m³/ha.y e as outras folhosas cerca de 2,9 m³/ha.y, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Incremento médio anual, por tipo de floresta

Forest species	MAI _f m ³ /ha.y
Eucalyptus spp.	9,5
Pinus pinaster, Pinus pinea	5,6
Quercus spp., Other broadleaves	2,9
Quercus suber, Quercus rotundifolia	0,5
Other coniferous	5,0
Where: MAI_f - Mean Annual Increment of dominant species f in Forest Type f	

Fonte: Adaptado de APA (2021).

Através da observação do Quadro 5, que relaciona a área de implantação e os ganhos e perdas de carbono das espécies mais comuns do parque florestal da FA, é possível constatar que o eucalipto, o pinheiro-manso e o pinheiro-bravo são as espécies que mais contribuem para o sequestro de carbono na FA. De facto, o eucalipto é a espécie com maior capacidade de captura e armazenamento de carbono, sendo também aquela que apresenta um ciclo de produção mais rápido. Globalmente, o parque florestal da FA tem capacidade para capturar e armazenar 15.874 toneladas de carbono por ano (t C/y), o que corresponde a 58.203 t CO₂/y.

Quadro 5 – Capacidade de sequestro de carbono

	Biomassa								
	Forest Species	AFF (ha)	MAI (m3/ha.y)	OWU (m3/y)	BEF (t dm/m3)	RTS ad	CF	LBG (t C/y)	LBL (t C/y)
CT	Eucalipto	1 995	9.5	4 738	0.63	0.249	0.48	7 158	1 790
	Misto de sobreiro, pinheiro-bravo e pinheiro-manso	3 974	3.9	3 875	0.98	0.095	0.50	8 296	2 074
	Pinheiro-manso	575	5.6	805	1.166	0.054	0.51	2 019	505
	Pinheiro-bravo	129	5.6	181	0.528	0.098	0.51	214	53
	Folhosas (galeria ripícola)	33	2.9	24	0.825	0.502	0.48	57	10
	Sub-total	6 706						17 744	4 432
BA5	Pinheiro-manso	2	5.6	3	1.166	0.054	0.51	9	2
	Pinheiro-bravo	162	5.6	227	0.528	0.098	0.51	268	67
	Eucalipto	0	9.5	1	0.63	0.249	0.48	2	0
	Pinheiro-manso e pinheiro-bravo	32	5.6	45	0.85	0.076	0.51	83	21
	Sub-total	197						362	90
BA6	Pinheiro-manso	408	5.6	571	1.166	0.054	0.51	1 431	358
	Eucalipto	1	9.5	2	0.63	0.249	0.48	3	1
	Pinheiro-manso e sobreiro	27	4.6		1.1806	0.0698	0.50	80	
	Sobreiro	5	0.5		1.239	0.133	0.48	2	
	Sub-total	441						1 515	359
BA11	Azinheira	189	0.5	24	0.797	0.748	0.48	63	16
	Sobreiro	146	0.5	18	1.239	0.133	0.48	49	12
	Eucalipto	12	9.5	30	0.63	0.249	0.48	45	11
	Freixo	5	2.9	4	0.825	0.502	0.48	9	2
	Pinheiro-manso	99	5.6	138	1.166	0.054	0.51	346	87
	Folhosas (galeria ripícola)	5	2.9	4	0.825	0.502	0.48	9	2
	Sub-total	457						521	130
AM1	Pinheiro-bravo	283	5.6	396	0.528	0.098	0.51	468	117
	Sub-total	283						468	117
CFMTFA	Pinheiro-manso	111	5.6		1.166	0.054	0.51	390	
	Sub-total	111						390	
TOTAL		8 195						21 001	5 127
LBG-LBL (t C/y)								15 874	
TOTAL SEQUESTRO (t CO₂/y)								-58 203	
Legenda: AFF - Area of forest land remaining forest land; MAI - Mean Annual Increment; BEF - Biomass expansion factor; OWU - Volume of other wood use harvesting; RTS - Root-to-shoot factor of forest specie; CF - Carbon fraction of forest specie; LBG - Living biomass gains; LBL - Living biomass losses									

Fonte: Construído a partir de dados disponibilizados pelo EMFA (2021).

Importa referir que, apenas foram consideradas as Unidades com maior área de floresta e as espécies mais representativas do parque florestal da FA, existindo outros reservatórios de carbono: outras espécies de árvores, os arbustos, os matos e pastagens e as zonas ajardinadas, além dos reservatórios de água: zonas alagadas, pequenos charcos, lagoas, albufeiras e barragens. Em termos médios, é possível observar que cada hectare de floresta tem capacidade para capturar e armazenar cerca de 7,1 t CO₂/y. Tendo por base o preço médio das licenças de carbono praticado em 2021, a capacidade de sequestro de carbono pela floresta da FA apresenta um potencial económico de cerca de 3x10⁶ €.

Existem estudos que corroboram a tese de que a disseminação do eucaliptal acarreta um conjunto de desvantagens, nomeadamente, relacionados com o elevado consumo de água em regiões de défice hídrico, a perda de nutrientes e erosão dos solos, a perda de biodiversidade, a substituição das espécies nativas e a maior dificuldade de combate em caso de incêndios. Contudo, um estudo recente realizado pela Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Coimbra (Boulet, et al., 2021), aponta que, na região centro-norte de Portugal, zona caracterizada por um clima mediterrânico húmido, com invernos chuvosos e verões secos, o eucalipto não consome mais água que o pinheiro-bravo.

Apesar da maior capacidade de sequestro de carbono por parte dos eucaliptos e dos pinheiros, o equilíbrio e a conservação dos ecossistemas pauta-se pela manutenção da biodiversidade e preservação dos habitats naturais, onde as espécies autóctones, como o sobreiro e a azinheira, entre outras, devem ser preservadas.

4.2.3. Síntese conclusiva e resposta à Questão Derivada 2

As florestas assumem um papel fundamental na neutralização das emissões de carbono, sendo de extrema importância assegurar a conservação de uma floresta saudável, pouco envelhecida e sem pragas, mitigadora dos efeitos causados pelas alterações climáticas e protegida dos incêndios. Atualmente, a FA não dispõe de um inventário completo do seu património florestal, podendo considerar-se subavaliada a real capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA. Pelo exposto, e em resposta à QD2 – “Qual a capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA?”, pode-se concluir que a floresta da FA tem uma capacidade de sequestro de 58.203 t CO₂/y. O eucalipto, o pinheiro-bravo e o pinheiro-manso destacam-se como as espécies com maior capacidade de sequestro de carbono, sendo também aquelas com maior área de plantação, mas é o eucalipto a espécie que apresenta o maior potencial de sequestro, devendo ser ponderada a expansão da sua área de povoamento, nomeadamente no CT, CFMTFA, BA5 e AM1, devido às condições climáticas proporcionadas pela sua localização geográfica.

A curto prazo, as espécies de crescimento rápido permitem a continuidade da função de sequestro de carbono, mas a longo prazo, a manutenção de florestas de crescimento lento, como o sobreiro e a azinheira, permitirá a acumulação de uma maior quantidade de carbono no solo.

4.3. Contributo para a neutralidade carbónica

4.3.1. Balanço entre as emissões e a capacidade de sequestro de carbono

Comparando as emissões de GEE das principais atividades desenvolvidas pela FA com a capacidade de sequestro de carbono da sua floresta, é possível constatar que até 2020 as emissões superaram a capacidade de captura e armazenamento de carbono, conforme pode ser observado na Figura 9.

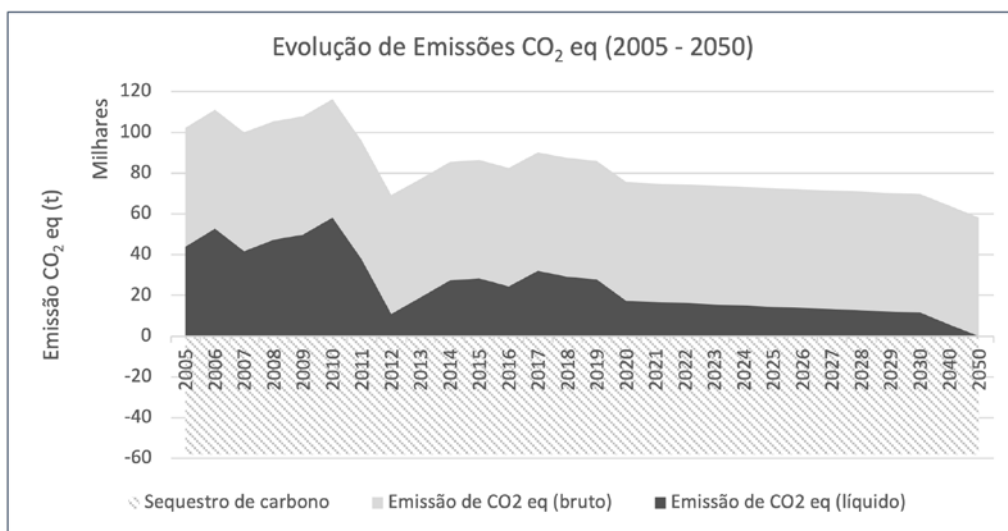


Figura 9 – Emissões líquidas de GEE

Fonte: Construído a partir de dados disponibilizados pelo EMFA (2021).

A plantação de novas áreas florestais, o incremento volumétrico da floresta e a replantação de novas árvores permitiu que a capacidade de sequestro de carbono tivesse aumentado de 57% em 2005 para 77% em 2020. Apesar de bastante significativo, ainda não é suficiente para compensar o total das emissões da FA.

Partindo da premissa de decréscimo das emissões de 45% a 55% até 2030, de 65% a 75% até 2040 e de 85% a 90% até 2050, torna-se premente que a FA desenvolva mecanismos catalisadores da descarbonização gradual das suas atividades, sendo aceitável que o processo possa ocorrer a ritmos diferentes, tendo em conta as especificidades de cada atividade e as soluções técnicas, operacionais ou economicamente viáveis. As metas ambientais intercalares de 2030 e 2040 permitirão aferir o estado da arte e o ajustar de eventuais desvios relativamente ao objetivo de alcançar a neutralidade carbónica até 2050.

A definição de políticas de adaptação e combate às alterações climáticas deverá fomentar a digitalização dos processos, assim como o incremento da utilização de energias provenientes de fontes renováveis, em substituição dos combustíveis fósseis; uma maior eficiência e circularidade dos recursos, através da redução do consumo de matérias-primas e a transformação da cadeia de resíduos numa cadeia de novos materiais; e um melhor

aproveitamento das potencialidades dos sumidouros na redução da concentração de dióxido de carbono na atmosfera e na regulação climática, nomeadamente através da floresta, com a implementação de melhorias na gestão e ordenamento do território e na melhoria da produtividade florestal (RNC2050, 2019).

A transição para uma organização neutra em carbono requer a adoção de comportamentos, individuais e coletivos, sustentáveis, mas também a alteração dos atuais padrões de produção e consumo, assim como, a sensibilização e educação ambiental de todos os intervenientes. Neste contexto, assume especial prioridade a redução do consumo (sem que isso comprometa o cumprimento da missão), a eletrificação da frota automóvel, a eficiência energética dos edifícios, a substituição ou conversão dos equipamentos menos eficientes e mais poluidores, a aposta nas energias sustentáveis e a melhoria da gestão e ordenamento do território florestal¹⁹.

O conjunto de investimentos e reformas estruturais previstos nos vários programas de índole ambiental e energético, dos quais se destacam o ECO.AP2030, o Fundo Ambiental²⁰, o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos²¹, o Fundo de Reabilitação e Conservação Patrimonial²², mas sobretudo o PRR, apresentam-se como uma excelente oportunidade para o financiamento de projetos que concorram para o objetivo de alcançar a descarbonização das atividades.

4.3.2. Síntese conclusiva e resposta à Questão Central

O cumprimento da missão da FA resulta do desempenho de um conjunto de atividades, terrestres e aérea, que globalmente contribuem para a emissão de gases nocivos para a atmosfera e que colidem com o compromisso assumido por Portugal de alcançar a neutralidade carbónica até 2050. O parque florestal da FA desempenha um papel importante no equilíbrio e biodiversidade dos ecossistemas e na estabilidade climática, mas, também, na regularização do ciclo hidrológico e na proteção da erosão dos solos, funcionando como sumidouro natural de carbono. Tendo por base nas condicionantes descritas nos subcapítulos 4.1.1.3. e 4.2.1., e em resposta à QC – “Qual o contributo do potencial de sequestro de carbono para a neutralidade carbónica na FA?” pode-se concluir que a atual capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA, apesar de ser bastante significativa (77% em 2020), ainda não é suficiente para compensar a totalidade das emissões de GEE, existindo ainda margem para otimizar a capacidade de sequestro de carbono e obter um maior benefício económico e ambiental, através de uma melhor gestão florestal. Neste âmbito, o eucalipto revela-se a espécie com o maior potencial de sequestro de carbono da floresta da FA, devendo ser avaliado o aumento da sua área de plantação, nomeadamente no CT, CFMTFA, BA5 e AM1, devido às condições climatéricas proporcionadas pela localização geográfica dessas

¹⁹ Resolução do Conselho de Ministros n.º 13/2019, de 21 de janeiro (2019). Aprova o relatório de diagnóstico e as medidas de atuação para a valorização do território florestal e de incentivo à gestão florestal ativa.

²⁰ Criado pelo Decreto-Lei n.º 42-A/2016, de 12 de agosto.

²¹ Criado através da Decisão de Execução da Comissão Europeia, em 16 de dezembro de 2014.

²² Criado pelo Decreto-Lei n.º 24/2009, de 21 de janeiro.

Unidades. De acordo com o Comandante do Campo de Tiro de Alcochete (entrevista por email, 02 de novembro de 2021), “a melhor forma de aumentar a capacidade de sequestro de carbono é a plantação de eucalipto de regadio, pois a fase de maior consumo de carbono pelas árvores é durante o seu crescimento, pelo que a opção de espécies de crescimento rápido é a melhor opção”.

A estratégia passará pela implementação de uma cultura organizacional sustentável, alicerçada na digitalização dos processos, no incremento da utilização de energias renováveis, numa maior eficiência e circularidade dos recursos, num melhor aproveitamento das potencialidades dos sumidouros de carbono, na melhoria da gestão e ordenamento do território florestal e, sobretudo, na mudança de comportamentos e de mentalidades e na alteração dos atuais padrões de produção e consumo, somente concretizável através de um compromisso individual e coletivo. A introdução de políticas mais sustentáveis requererá indubitavelmente um avultado investimento financeiro, para o qual o PRR representa uma excelente oportunidade para Portugal e, em particular, para a FA materializar a transição energética, climática e digital, fundamentais para alcançar o objetivo da neutralidade carbónica.

5. Conclusões

As questões relacionadas com a sustentabilidade ambiental têm assumido a prioridade das agendas políticas internacionais. A estratégia de longo prazo definida pela UE, e assumida por Portugal, de alcançar a neutralidade carbónica até 2050, vai implicar a redução das emissões de GEE entre 85% e 90% relativamente a 2005, e a compensação das restantes emissões através das florestas e do uso dos solos, com o objetivo de limitar o aumento da temperatura média global a 1,5° C, procurando mitigar os impactos negativos causados pelas alterações climáticas. Tamanho esforço implica não só o reforço da capacidade de sequestro de carbono pelas florestas e por outros usos do solo, mas também a descarbonização do sistema electroprodutor e do setor dos transportes e a aposta na transição para uma economia competitiva, circular, resiliente e neutra em carbono.

Compete ao Estado a responsabilidade de liderar este processo pelo exemplo das suas ações. Neste sentido, a FA enquanto organismo público de excelência, deverá promover uma cultura organizacional ambientalmente sustentável e adotar medidas que concorram para o objetivo da neutralidade carbónica até 2050.

A Diretiva n.º 08/2019, do CEMFA, que estabelece o Planeamento Estratégico da FA para o período 2019/2022, identifica a necessidade de estimular uma política ambientalmente sustentável, com enfoque no sistema de gestão ambiental, na gestão de resíduos, na melhoria contínua, na prevenção da poluição, no cumprimento dos requisitos legais ambientais, na gestão eficiente dos recursos naturais e na eficiência energética.

Consubstanciando-se nos objetivos estratégicos da FA, o desenvolvimento do presente estudo teve como objetivo identificar o potencial de sequestro de carbono da FA, destacando o papel da floresta na mitigação das alterações climáticas e o seu contributo para a neutralidade carbónica, enquanto instrumento compensador das emissões resultantes das atividades desenvolvidas pela FA.

Esta investigação teve como objeto de estudo o parque florestal da FA e foi delimitado nos domínios: temporal, no período compreendido entre 2005 e 2050, contemplando metas intermédias de aferição da redução de emissões em 2030 e 2040; espacial, na FA, com particular enfoque nas Unidades com maior área florestal, nomeadamente, o AM1, a BA5, a BA6, a BA11, o CFMTFA e o CT; e de conteúdo, o potencial de sequestro de carbono da floresta da FA.

Orientada pela QC da investigação – “Qual o contributo do potencial de sequestro de carbono para a neutralidade carbónica na FA?”, a condução do estudo seguiu um raciocínio dedutivo, alicerçado numa estratégia de investigação quantitativa, com reforço qualitativo, e no estudo de caso como desenho de pesquisa.

Os objetivos e as questões de investigação estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Objetivos e Questões de investigação

Objetivo Geral	Objetivo Específico	Questão Central	Questão Derivada
Identificar o potencial de sequestro de carbono da floresta da FA	OE1 Apurar as emissões de carbono decorrentes da atividade desenvolvida pela FA	Qual o contributo do potencial de sequestro de carbono para a neutralidade carbónica na FA?	QD1 Qual a quantidade de carbono libertado na atmosfera resultante da atividade desenvolvida pela FA?
	OE2 Aferir a capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA		QD2 Qual a capacidade de sequestro de carbono da floresta da FA?

A análise e a resposta aos objetivos e as questões de investigação estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise e Resposta aos Objetivos e Questões de investigação

Objetivo Questão	Análise	Resposta
OE1 QD1	Existiu um aumento das emissões entre 2005 e 2010, para o qual muito contribuíram as atividades terrestres rodoviárias e, especialmente, a atividade aérea, tendo-se registado um valor mínimo de emissões em 2012 devido aos constrangimentos orçamentais impostos pela tutela que resultaram na redução da atividade aérea. A redução verificada em 2020 resulta do decréscimo da atividade provocado pela pandemia Covid-19	Existe uma homogeneização dos valores das emissões em cerca de 86.360 t CO ₂ eq/y, no período entre 2014 e 2019. A atividade aérea tem maior peso nas emissões de carbono (73% em 2005 e 82% em 2020 do total das emissões) para o qual contribuiu a introdução de novas frotas, tecnologicamente mais avançadas e com novas potencialidades, mas com maiores níveis de consumo, tornando-as, consequentemente, mais poluentes

[Cont.]

OE2 QD2	O eucalipto e o pinhal são as espécies com maior capacidade de sequestro de carbono, sendo também aquelas com a maior área de plantação, mas é o eucalipto a espécie que apresenta o maior potencial de sequestro, devendo ser alvo de avaliação o aumento do seu povoamento, nomeadamente no CT, CFMTFA, BA5 e AM1, devido às condições climáticas proporcionadas pela sua localização geográfica.	Analisando as diversas Unidades, dos valores obtidos para espécie, conclui-se que a floresta da FA tem uma capacidade de sequestro de carbono de 58.203 t CO ₂ /y. Este valor pode ser aprofundado se forem igualmente consideradas outras Unidades e outros reservatórios de carbono por explorar, tanto através da floresta, como através dos reservatórios hídricos de superfície.
OG QC	Identificou-se a necessidade da FA promover políticas sustentáveis, alicerçadas na digitalização dos processos, no incremento da utilização de energias renováveis, numa maior eficiência e circularidade dos recursos, num melhor aproveitamento das potencialidades dos sumidouros de carbono, na melhoria da gestão e ordenamento da floresta, mas sobretudo, na alteração dos atuais padrões produção e consumo e na mudança de comportamentos e mentalidades. A FA deverá assumir um papel ativo no desenvolvimento de orientações e modalidades de ação específicas para a sua floresta, fomentando a aposta em parcerias de investigação e desenvolvimento científico junto das Universidades e de outros organismos nacionais e internacionais.	A atual capacidade de sequestro de carbono pela floresta da FA, apesar de bastante relevante (cerca de 77%), ainda não é suficiente para compensar a totalidade das emissões de GEE. Existe margem para aumentar essa capacidade e obter um maior benefício económico e ambiental. A capacidade de sequestro de carbono pela floresta da FA apresenta um potencial económico na ordem dos 3x10 ⁶ €, de acordo com o sistema de comércio de licenças de emissão de carbono. O PRR apresenta-se como uma oportunidade para a FA materializar uma efetiva transição energética, climática e digital, fundamentais para alcançar o objetivo da neutralidade carbónica.

Os **principais contributos para o conhecimento** decorrem da análise organizacional efetuada, quer ao nível das emissões, como do sequestro de carbono, com a identificação e mensuração das emissões de GEE resultantes das principais atividades desenvolvidas pela FA e a aferição da quantidade de carbono sequestrado pela floresta. O diagnóstico da pegada carbónica da FA permite identificar as distâncias que ainda faltam encurtar para alcançar o objetivo da neutralidade carbónica até 2050.

No decorrer da investigação foram percecionadas algumas **limitações** que condicionam os resultados apresentados, nomeadamente, a análise do potencial de sequestro de carbono incidiu unicamente nas Unidades com maior área florestal e nas espécies de árvores mais representativas, existindo outras Unidades e outros reservatórios de carbono por explorar, tanto através da floresta (outras espécies de árvores, arbustos, matos, pastagens e zonas ajardinadas), como através dos reservatórios hídricos de superfície (zonas alagadas, pequenos charcos, lagoas, albufeiras e barragens), limitando, assim, o apuramento rigoroso da capacidade total de sequestro de carbono da FA. Também limitativo do estudo,

é o facto dos valores apurados das emissões de GEE serem integralmente assumidos pela FA, mesmo quando resultantes do cumprimento de missões solicitadas por entidades terceiras, não estando essas emissões imputadas ou repartidas pelos seus beneficiários.

No respeitante a **estudos futuros**, e de acordo com o anteriormente exposto, considera-se pertinente proceder a uma inventariação, não somente do património vegetal, mas de todos os sumidouros naturais de carbono existentes na FA e analisar o impacto económico e ambiental do incremento do povoamento de eucalipto. Seria, ainda, interessante avaliar o potencial da utilização de biomassa florestal para a produção de energia. Igualmente relevante, seria o apuramento rigoroso das emissões de GEE por missão ou atividade realizada.

Fruto dos resultados científicos alcançados, recomenda-se a elaboração de um reporte anual do desempenho ambiental global da FA. No campo doutrinário, sugere-se a inclusão do domínio ambiental nas ações de formação ministradas na Organização, prática seguida pelas entidades congéneres.

Alcançar a neutralidade carbónica na FA até 2050 depende de todos, sem exceção. Individual e coletivamente, temos a responsabilidade de procurar assegurar um futuro próspero e sustentável às próximas gerações.

“Uma sociedade evolui melhor quando homens velhos plantam árvores em cuja sombra eles sabem que nunca se irão sentar.”

Provérbio grego

Referências bibliográficas

- Agência Europeia do Ambiente. (2021). *O que são gases fluorados e porque são nocivos?* Retirado de <https://www.eea.europa.eu/pt/help/perguntas-frequentes/o-que-sao-gases-fluorados>
- APA. (2021). *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2019* [versão PDF]. Retirado de https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/NIR20210415.pdf
- Boulet, A.-K., Rial-Rivas, M. E., Ferreira, C., Coelho, C. O. A., Kalantari, Z., Keizer, J. J., & Ferreira, A. J. D. (2021). *Hydrological Processes in Eucalypt and Pine Forested Headwater Catchments within Mediterranean Region*. Retirado de <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/10/1418/htm>
- Centro PINUS. (2020). *Manual de boas práticas para o pinheiro-bravo*. Retirado de https://www.centropinus.org/files/upload/edicoes_tecnicas/silvicultura-centro-pinus-digital.pdf
- Chefe do Estado-Maior da Força Aérea. (2019). *Diretiva n.º 08/CEMFA/2019 - Planeamento Estratégico da Força Aérea 2019/2022*. Lisboa: Autor.
- Colaço, M. C. (Coord.) (2009). *Floresta, Muito Mais que Árvores. Manual de Educação Ambiental para a Floresta*. Lisboa: Autoridade Florestal Nacional. Retirado de https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/19384/1/REP-C.Cola%C3%A7o-10-ManualEducacaoAmbiental_Floresta.pdf

- Comissão Europeia. (2018). *Um Planeta Limpo para Todos. Estratégia a longo prazo da UE para uma economia próspera, moderna, competitiva e com impacto neutro no clima. COM(2018) 773 final*. Retirado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=PT>
- Comissão Europeia. (2019). *Pacto Ecológico Europeu. COM(2019) 640 final*. Retirado de https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0008.02/DOC_1&format=PDF
- Comissão Europeia. (2020). *Perguntas e respostas: Uma estratégia para o hidrogénio ao serviço de uma Europa com impacto neutro no clima*. Retirado de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/qanda_20_1257
- Comissão Europeia. (s.d.). *Plano de recuperação para a Europa* [Página online]. Retirado de https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_pt
- COP26. (2021). *UN Climate Change Conference UK 2021*. Retirado de <https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2021/11/COP26-Presidency-Outcomes-The-Climate-Pact.pdf>
- Decisão (CE) C(2014) 10110, de 16 de dezembro (2014). *Aprova determinados elementos do programa operacional «Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos» do apoio do Fundo de Coesão no âmbito do objetivo de Investimento no Crescimento e no Emprego em Portugal*. Jornal Oficial da União Europeia, 347, Bruxelas: Comissão Europeia. Retirado de https://poseur.portugal2020.pt/Content/docs/Poseur/POSEUR_2014_PT.pdf
- Decisão (UE) n.º 2016/1841, de 05 de outubro (2016). *Celebração, em nome da União Europeia, do Acordo de Paris adotado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas*. Jornal Oficial da União Europeia, 282, Bruxelas: Conselho da União Europeia. Retirado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32016D1841>
- Decreto-Lei n.º 24/2009, de 21 de janeiro (2009). *Cria o Fundo de Reabilitação e Conservação Patrimonial*. Diário da República n.º 14/2009, Série I, 453-454. Lisboa: Ministério das Finanças e da Administração Pública. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/24-2009-602748>
- Decreto-Lei n.º 42-A/2016, de 12 de agosto (2016). *Cria o Fundo Ambiental, estabelecendo as regras para a respetiva atribuição, gestão, acompanhamento e execução e extingue o Fundo Português de Carbono, o Fundo de Intervenção Ambiental, o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos e o Fundo para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade*. Diário da República n.º 155/2016, 1º Suplemento, Série I, 3-11. Lisboa: Ambiente. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/42-a-2016-75150234>
- Despacho n.º 2293-A/2019, de 07 de março (2019). *Parque de Veículos do Estado*. Diário da República n.º 47/2019, 1º Suplemento, Série II, 7088-(2) a 7088-(6). Lisboa: Ministérios das Finanças e do Ambiente e da Transição Energética. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/2293-a-2019-120696332>
- Despacho n.º 149/2020, de 07 de janeiro (2020). *Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional*. Diário da República n.º 4/2020, Série II, 46-51. Lisboa: Gabinete do Ministro da Defesa Nacional. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/149-2020-127811898>

- Dincer, I., & Acar, C. (2016). A review on potential use of hydrogen in aviation applications. *International Journal of Sustainable Aviation*, 2(1), 74-100.
- ECO.AP (2019). *Casos de sucesso: Força Aérea Portuguesa – Aeródromo de Manobra nº1 (Ovar)*. Retirado de https://www.ecoap.pt/caso-de-sucesso/fa-aerodromo_manobra1-integrado/
- Estado-Maior da Força Aérea. (2011). *Relatório Anual de Atividades 2010*. Lisboa: Autor.
- Estado-Maior da Força Aérea. (2012). *Relatório Anual de Atividades 2011*. Lisboa: Autor.
- Estado-Maior da Força Aérea. (2013). *Relatório Anual de Atividades 2012*. Lisboa: Autor.
- Estado-Maior da Força Aérea. (2014). *Relatório Anual de Atividades 2013*. Lisboa: Autor.
- Estado-Maior da Força Aérea. (2015). *Relatório Anual de Atividades 2014*. Lisboa: Autor.
- Estado-Maior da Força Aérea. (2021). *Relatório de Sustentabilidade Ambiental 2020, da BA5*. Lisboa: Autor.
- European Energy Exchange. (2021). *Emission Spot Primary Market Auction Report 2021*. Retirado de <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/eua-primary-auction-spot-download>
- FAO. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations Global Forest Resources Assessment 2020. *Terms and Definitions*. Retirado de <https://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf>
- Florestas. (2019a). *Qual a relação entre alterações climáticas e florestas?* Retirado de <https://florestas.pt/conhecer/qual-a-relacao-entre-alteracoes-climaticas-e-florestas/>
- Florestas. (2019b). *Propriedade florestal: privada, fragmentada e com escassos planos de gestão*. Retirado de <https://florestas.pt/conhecer/propriedade-florestal-em-portugal-privada-fragmentada-e-com-escassos-planos-de-gestao/>
- Florestas. (2019c). *Invasoras: o que são e porque prejudicam a floresta*. Retirado de <https://florestas.pt/conhecer/invasoras-o-que-sao-e-porque-prejudicam-a-floresta/>
- Florestas. (2020a). *As espécies florestais mais comuns da floresta portuguesa*. Retirado de <https://florestas.pt/conhecer/as-especies-florestais-mais-comuns-da-floresta-portuguesa/>
- Florestas. (2020b). *Sobreiro: a árvore mãe da cortiça*. Retirado de <https://florestas.pt/conhecer/sobreiro-a-mae-da-cortica/>
- Florestas. (2020c). *Eucalipto: um nome para centenas de espécies florestais*. Retirado de <https://florestas.pt/conhecer/eucalipto-um-nome-para-centenas-de-especies-florestais/>
- Florestas. (2021). *Pinheiro-manso: a espécie pioneira que lembra um guarda-sol*. Retirado de <https://florestas.pt/conhecer/pinheiro-manso-a-especie-pioneira-que-lembra-um-guarda-sol/>
- Fuel Cells and Hydrogen. (2020). *Hydrogen-powered aviation. A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050*. Retirado de https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH%20Docs/20200507_Hydrogen%20Powered%20Aviation%20report_FINAL%20web%20%28ID%208706035%29.pdf
- GHG Protocol. (2016). *You, too, can master value chain emissions*. Retirado de <https://ghgprotocol.org/blog/you-too-can-master-value-chain-emissions>

- Handmer, J., Honda, Y., Kundzewicz, Z.W., Arnell, N., Benito, G., Hatfield, J., Mohamed, I.F., ... Yan, Z. (2012). *Changes in Impacts of Climate Extremes: Human Systems and Ecosystems. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC*. Retirado de <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/changes-in-impacts-of-climate-extremes-human-systems-and-ecosystems/>
- ICNF. (2019). *6º Inventário Florestal Nacional*. Retirado de http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/doc/ifn/ifn6/IFN6_Relatorio_completo-2019-11-28.pdf
- IPCC. (2019) *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU), Chapter 4: Forest Land*. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20Land.pdf
- IPCC. (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retirado de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>
- Louro, G. (2012). *A economia da floresta e do sector florestal em Portugal*. Academia das Ciências de Lisboa e Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. Lisboa: Academia das Ciências de Lisboa. ISBN 978-972-623-106-6.
- McDowell, N. G., Allen, C. D., Anderson-Teixeira, K., Aukema, B. H., Bond-Lamberty, B., Chini, L., ... Xu, C. (2020). Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world. *Science*, 368(6494), eaaz9463 (10 pp.). doi.org/10.1126/science.aaz9463
- Ministério da Educação. (2006). *Guião de Educação Ambiental: conhecer e preservar as florestas*. Lisboa: Autor.
- Pereira, H. M., Domingos, T., Pedroso, C. M., Proença, V., Rodrigues, P., Ferreira, M., ... Nogal, A. (2009). *Ecossistemas e Bem-Estar Humano – Resultados da Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Retirado de <https://ecossistemas.org/pt/relatorios.htm>
- Recuperar Portugal. (2021). Plano de Recuperação e Resiliência. [Página online] Retirado de <https://recuperarportugal.gov.pt/>.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 6-B/2015, de 04 de fevereiro (2015). *Aprova a Estratégia Nacional para as Florestas*. Diário da República n.º 24/2015, 1º Suplemento, Série I, 692-(2) a 692-(92). Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/6-b-2015-66432466>.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 13/2019, de 21 de janeiro (2019). *Aprova o relatório de diagnóstico e as medidas de atuação para a valorização do território florestal e de incentivo à gestão florestal ativa*. Diário da República n.º 14/2019, Série I, 380-387. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/13-2019-118051702>.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 01 de julho (2019). *Aprova o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050*. Diário da República n.º 123/2019, Série I, 3208-3299.

- Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/107-2019-122777644>.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho (2020). *Aprova o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)*. Diário da República n.º 133/2020, Série I, 2-158.
- Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/53-2020-137618093>.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2020, de 24 de novembro (2020). *Aprova o Programa de Eficiência de Recursos na Administração Pública para o período até 2030*. Diário da República n.º 229/2020, Série I, 5-14. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros. Retirado de <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/104-2020-149220156>.
- Santos, L.A.B., & Lima, J.M.M. (Coords.) (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* (2.ª Ed., revista e atualizada). Cadernos do IUM, 8. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- UNIAV. (2007). *Manual Ilustrado de Enxertia do Pinheiro Manso*. Retirado de https://www.inia.pt/images/publicacoes/livros_manuais/manual_ilustrado_enxertia_pinheiro_manso.pdf
- USAF. (2021). *The Air Force partners with Twelve, proves it's possible to make jet fuel out of thin air*. Retirado de <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/2819999/>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Retirado de <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

OPTIMISING THE PORTUGUESE AIR FORCE'S CARBON SEQUESTRATION POTENTIAL¹

POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO DA FORÇA AÉREA: CONTRIBUTOS PARA A SUA OTIMIZAÇÃO

Ricardo Jorge de Sousa Correia

Captain (Supply Technician) in the Portuguese Air Force
Master's degree in Business Sciences from the College of Business Administration,
Polytechnic Institute of Setúbal
Assistant for Mobility in the Logistics Department of the Air Command Staff
1500-589 Lisboa
correiajricardo@hotmail.com

Carlos Jorge Ramos Páscoa

Colonel (Navigator) in the Portuguese Air Force
PhD in Computer Science and Engineering from Instituto Superior Técnico,
University of Lisbon
Innovation Advisor to the Chief of Staff of the Armed Forces
1400-204 Lisbon
cjpascoa@gmail.com

Joana Sofia Guerreiro Pinto

Lieutenant (Human Resources and Logistics - Environment) in the Portuguese Air Force
Master's degree in Environmental Engineering from the School of Science and Technology of the NOVA University of
Lisbon
Infrastructure, Environment and Standardisation Coordinator in the Logistics Department of the Air Force Staff
Resources Division
joana.guerreiro.pinto@gmail.com

Abstract

To address the increasing awareness of the environment and concern for environmental sustainability, and to comply with the commitments and legal obligations taken on by the Portuguese State, and, consequently, by the Portuguese Air Force (PoAF), mitigation measures must be implemented to reduce and offset greenhouse gas emissions released into the atmosphere by this organization. To meet the environmental targets that have been set, the study will assess the PoAF's carbon sequestration potential by calculating the carbon emissions generated by the organization's activities and the capacity of its forested areas to offset those emissions. To achieve this, the study used deductive reasoning,

How to cite this article: Correia, R. J. S., Páscoa, C. J. R., & Pinto, J. S. G. (2022). Optimising the Portuguese Air Force's Carbon Sequestration Potential. *Revista de Ciências Militares*, May, X(1), 167-200. Retrieved from <https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/Lista%20Pt/Lista%20de%20publica%C3%A7%C3%B5es%20Revista%20de%20Ci%C3%A7ncias%20Militares.pdf>

¹ Article adapted from the individual research work carried out in the 2021/22 Field Grade Officers Course. The defence took place in February 2022 at the Military University Institute. The full version is available from Portugal's Open Access Scientific Repositories (RCAAP).

a quantitative research strategy with qualitative elements and a case study research design. The findings revealed that, while the current carbon sequestration capacity of the PoAF's forests is not yet sufficient to offset the organization's total greenhouse gas emissions, there is room to optimise it and obtain greater economic and environmental benefits. Current production and consumption patterns are not compatible with a sustainable future. This study aims to make an environmental diagnosis of the organization and raise awareness about future challenges.

Keywords: Forests; Air Force; Carbon Neutrality; Carbon Sequestration; Carbon Sink; Environmental Sustainability.

Resumo

A crescente consciencialização e preocupação com a sustentabilidade ambiental, assim como os compromissos e obrigações legais assumidos por Portugal, e consequentemente pela Força Aérea, concorrem simultaneamente para a necessidade premente de implementação de medidas mitigadoras que permitam reduzir e compensar as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera. Considerando o cumprimento das metas ambientais estabelecidas, esta investigação procura identificar o potencial de sequestro de carbono através da avaliação das emissões de carbono resultantes da atividade desenvolvida pela Força Aérea e da capacidade de compensação dessas emissões pela sua floresta. Para alcançar esse objetivo, foi desenvolvida uma investigação de raciocínio dedutivo, alicerçada numa estratégia de investigação quantitativa com reforço qualitativo e no desenho de pesquisa de estudo de caso. Foi possível observar que, apesar de bastante relevante, a atual capacidade de sequestro de carbono pela floresta ainda não é suficiente para compensar a totalidade das emissões de gases com efeito de estufa, existindo, contudo, potencial para aumentar a capacidade de sequestro de carbono e obter maiores benefícios económicos e ambientais. Os atuais padrões de produção e consumo não se coadunam com um futuro sustentável. O presente estudo procura fazer um diagnóstico ambiental da organização e despertar consciências para os desafios futuros.

Palavras-chave: Floresta; Força Aérea; Neutralidade Carbónica; Sequestro de Carbono; Sumidouro de Carbono; Sustentabilidade Ambiental.

1. Introduction

Environmental issues have become an essential part of the policies adopted by States and by public and private organizations all over the world. The impact of climate change and environmental degradation has led to greater cooperation and solidarity among the international community.

The Paris Agreement² adopted in December 2015 was a milestone in the combat against climate change. Virtually every country in the world has committed to decarbonising their economies to tackle global warming. To significantly reduce the risks and negative effects of climate change, a critical target was defined: to limit global warming to less than 2°C above pre-industrial levels, and to make efforts to cap this increase at 1.5°C.

In 2019, through the European Green Deal, the European Union (EU) defined a set of cross-cutting climate targets for its member States, designed to promote the transition to a “fair and prosperous society that responds to the challenges posed by climate change and environmental degradation, improving the quality of life of current and future generations” (European Commission, 2019, p. 27).

To comply with the EU guidelines, Portugal has defined a long-term strategy to achieve a carbon neutral economy by 2050, titled *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050* [Roadmap to Carbon Neutrality 2050]³ (RNC 2050), in which the Portuguese government commits to reducing greenhouse gas emissions (GHG) from 85% to 90% by 2050 (relative to 2005), in intermediate stages (from 45% to 55% by 2030 and from 65% to 75% by 2040), and to use soils and forests to offset the remaining emissions. The RNC2050 sets specific goals for forests, which consist of reducing the expansion rate of other land uses (such as urbanized areas, wetlands and scrubland) and increasing forested areas by 8x10³ hectares per year (ha/y) to increase the carbon sequestration capacity of Portugal's forests.

However, achieving carbon neutrality by 2050 means not only improving the carbon sequestration capacity of forests and other soil uses, but also decarbonising the power generation system and the transport sector, and promoting the transition to an increasingly resilient, circular and carbon neutral economy. The *Plano Nacional Energia e Clima 2030* [National Energy and Climate Plan 2030]⁴ (PNEC 2030) is consistent with the goals of the RNC 2050. The plan highlights the need to implement management practices and models that enhance the role of forests as carbon sinks and increase their resilience to climate change.

To address the COVID-19 pandemic crisis, the EU urged member countries to draw up a community strategic plan to mitigate the pandemic's economic and social impact – the *Plano de Recuperação e Resiliência* [Recovery and Resilience Plan]⁵ (PRR), aims to implement a set of reforms and investments that will contribute to sustainable, long-term growth and meet the double challenge posed by the climate and digital transition (Recuperar Portugal, 2021). The United Nations Climate Change Conference (COP26) held in late 2021, in Glasgow, reinforced the importance of a global commitment and called for a concerted effort by the international community in mobilising public funds, for the collaboration of the private sector, for a carbon tax and for an alignment between economic policies and environmental goals (COP26, 2021).

² Council Decision (EU) 2016/1841 of 5 October 2016 on the conclusion, on behalf of the European Union, of the Paris Agreement adopted under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

³ Council of Ministers Resolution No. 107/2019 of 01 July.

⁴ Council of Ministers Resolution No. 53/2020 of 10 July.

⁵ Available from https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_pt

Portugal's Environmental Directive for National Defence⁶ warns of geostrategic and operational constraints that may emerge in the future due to climate change. As an integral part of the Portuguese State, the PoAF must actively promote an environmentally sustainable organizational culture. One of the operational objectives of Directive No. 08/2019 of the Chief of Staff of the Portuguese Air Force (CEMFA), which establishes the PoAF's Strategic Planning for 2019/2022⁷, is the need to promote a sustainable environmental policy.

Therefore, this study will propose measures to optimise the PoAF's carbon sequestration potential by highlighting the critical role of forests in mitigating climate change. The study analyses the PoAF's forest areas. As advised by Santos and Lima (2019, p. 42), the following delimitations were established:

- Temporally, the study covers the period from 2005-2050, including 2030 and 2040, the intermediate targets to offset GHG emissions;
- Geographically, the study analyses the PoAF units with the largest forested areas: Manoeuvre Airfield No. 1 (AM1), Air Base No. 5 (BA5), Air Base No. 6 (BA6), Air Base No. 11 (BA11), the Alcochete Shooting Range (CT) and the PoAF Military and Technical Training Centre (CFMTFA);
- In terms of content, the study examines the carbon sequestration capacity of the PoAF's forests.

The study's General Objective (GO) consists of assessing the carbon sequestration potential of the PoAF's forests. It will be achieved by accomplishing the following Specific Objectives (SO):

SO1: To assess the greenhouse gas emissions (GHG) generated by the PoAF's activities.

SO2: To assess the carbon sequestration capacity of the PoAF's forests.

To achieve the SO and solve the research problem, the study will answer the following Research Question (RQ): How does the PoAF's carbon sequestration potential help the organization achieve its carbon neutrality goals?

2. Theoretical and conceptual framework

Forests are responsible for a continuous and uninterrupted process of depollution by absorbing a large part of harmful gas emissions released into the atmosphere. In addition to being a natural carbon sink, forests play an important role in regulating water resources, protecting soils against erosion, promoting biodiversity, conserving habitats, and the balance of ecosystems, and actively help mitigate the effects of climate change (as well as being one of its main victims).

⁶ Decision No. 149/2020 of 07 January.

⁷ The CEMFA issued, in March 2022, the PoAF's Strategic Directions for 2022/24 giving priority to sustainable development based on the economic, social, and environmental pillars.

2.1. Forest heritage management

The concept of sustainable forest management has become increasingly relevant since the 1993 Helsinki Ministerial Conference on the protection of forests in Europe. The definition of sustainable forest management was established as “the stewardship and use of lands in a way and at a rate that maintains their productivity, biodiversity, regeneration capacity, vitality and their potential to fulfil, now and in the future, relevant ecological, economic and social functions” (cited in Ministry of Education, 2006, p. 43).

Forests provide an important environmental service to the planet, maintaining and increasing biodiversity, preserving soils, protecting against wind erosion (fixing dunes), regulating water flows (stabilising slopes and absorbing floods) and hydrographic conditions (water margins and water quality), protecting microclimates (dividing farmlands and intercepting fogs), improving air quality (filtering particles and atmospheric pollutants) and mitigating climate change by acting as a natural carbon sink (Florestas, 2019a).

Forests contain most terrestrial species, and, as such, are some of the world's most biologically rich ecosystems. According to the FAO (2020), forests harbour 80% of the world's biodiversity and their “green areas” covers more than 30% of the global land area. Bees and other insects, birds, bats, rodents, reptiles, and other animals play a crucial role in promoting biological diversity through pollination. However, the sharp reduction of forest areas through deforestation and forest degradation, but also through intensive agriculture, the use of pesticides, pollution (including light pollution), the spread of invasive exotic species, and forest fires have become concrete threats to these “missionaries of nature” and to the balance of ecosystems. These disruptive processes are driven by natural and anthropogenic disturbances.

Climate change and the conversion of forest land to other uses have had a profound impact on forest dynamics. Currently, emissions from land use changes due to deforestation are the second largest cause of climate change, after emissions from fossil fuel combustion (European Commission, 2018). To accurately assess the impact of climate change on forests and the effect that management strategies may have on mitigating these changes, management policies must be adopted that allow for continuous monitoring of the forest area as well as global sustainability programmes (McDowell et al., 2020).

Therefore, forest management strategies should focus on conserving and maintaining forest carbon stocks, increasing carbon stocks through afforestation, changing the forest composition, distributing trees uniformly by size and planting more resilient trees to stabilise soils, as this will reduce the impact of extreme climate phenomena (Colaço, 2009).

2.2. The economic value of forests

Forests are an important source of natural wealth for humanity. *The Brundtland Report – Our Common Future* warns about the negative effects of economic development and globalisation on the environment and stresses that the “exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development, and institutional change are

made consistent with future as well as present needs” (World Commission on Environment and Development, 1987, p. 17).

The National Strategy for Forests⁸ states that the importance of the forest is undeniable, both economically and socially. It is a source of activities, raw materials and services (wood, pellets, briquettes, resin, cork, furniture, paper pulp, forestry and forest exploitation, biomass for power generation, nature tourism, hunting and fishing, non-wood forest products such as nuts, honey, wild mushrooms, herbs and medicinal plants).

According to the forest value model in Table 1, the species with the greatest economic potential (value per hectare (ha)) are cork oak and stone pine, followed by eucalyptus, holm oak and maritime pine. However, acacias and other invasive species have a negative impact on the forest’s value.

Table 1 – Forest value model

Type of use		Wood products (million m ³ /year)				Non-wood products (million kg/year)							Protection (thousands ha)				Risks (thousands ha)		Area (thousands ha)			Value per hectare (euros/ha)	Value by type of forest (10 ⁵ euros)	
Type of forest	Species	Wood				Cork	Fruits and seeds	Pasture (millions of forage units)	Resin	Honey	Mushrooms, herbs	Hunting (millions of trips)	Fishing (millions of trips)	Coastal areas	Water regime	Desertification	Biodiversity	Wildfires	Pests, diseases and invasive species	Mainland	Madeira			Azores
		Sawmill industry	Pulp industry	Carbon storage	Biomass for energy																			
Wood production	Maritime pine	3.4	1.4	1.0	0.2			9.0		2.5	0.4		33	145	66	131	39	69	976	9	1	91	90	
	Cryptomeria	0.1		0.2							0.1		2	11	3	15	1			2	11	684	9	
	Other conifers	0.1											2	11	3	15	1		27	2	1	84	3	
	Eucalyptus	0.1	6.3		0.2			0.2			0.3		1	7	117	75	23	20	672	3	3	136	92	
Various uses	Cork oak				0.4	150	343			1.9	0.3		3	2	331	142	9	178	713			618	440	
	Holm oak				0.2		223			1.2	0.2				423	68	2	92	462			112	52	
	Stone pine	0.1		0.2	0.1		4	33	1.0	0.2			3	25	53	21	0		76			494	38	
	Chestnut	0.1			0.1		26	18			0.1			1	1	10	1		41	1		830	35	
	Strawberry tree						3	7								7	5	1	15			191	3	
	Carob tree						31	4								7	3	0	10			781	8	
	Oaks				0.1			58			0.3			8	4	50	6		131	1		87	11	
Conservation	Other broadleaf trees						29			0.2		6.4	1	24	17	27	3		67	1	1	1507	104	
	Laurissilva													37		37				15	22	130	5	
	Acacia and incense trees						9							25		1	1	45	20	1	24	-43	-2	
	Scrubland				1.0		137		3.8	1.2	0.8		3	212	765	487	76		2045			52	107	
	Physical quantity	3.9	7.7	1.4	2.3	150	64	861	10	4	7.7	2	6.4	46	510	1794	1072	162	404	5255	35	63		
Unit value		40	25	20	20	2.6	0.9	0.15	0.2	2	2.8	40	16.5	0.4	0.1	0.03	0.1	-2.3	-0.04					
Value by type of use (10 ⁵ euros)		156	193	28	46	390	59	126	2	8	22	80	106	18	35	55	66	-378	-16	Value Total			994	

Source: Adapted from Louro (2012).

The relevance and economic value of the carbon emission trading system has increased in recent years. This mechanism regulates GHG emissions and has great economic potential for organizations with carbon sequestration capacity. The price of licenses was 24.65 € per ton of carbon dioxide (t/CO₂) in 2019. By 2021, it was more than twice that value, reaching 54.06 € per t/CO₂, and it is expected to increase in the next years (European Energy Exchange, 2021).

In 2016, the secretariat of the United Nations Forum on Forests estimated that the funding needs for global sustainable and effective forest management would range from 70 to 160x109 dollars per year, and that public funding would be crucial to success, calling for

⁸ Available from <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/6-b-2015-66432466>.

more participation by the private sector and individual citizens to establish a development model that is resilient to climate change and reduces GHG emissions. A successful energy and climate transition will require a strong commitment and financial investment from all global actors, and this will only be possible through a concerted effort.

2.3. The contribution of forests to carbon neutrality

Currently, the fight against climate change dominates global attention. A report by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021) states that global warming is responsible for the increasing frequency and intensity of extreme weather events, such as periods of drought, the occurrence of heavy rainfall, strong winds, and cold and heat waves. For Handmer et al. (2012), events such as heat waves have a serious impact on ecosystems, interrupting carbon cycles, drastically reducing water availability and causing the death of species.

Forests, like oceans and soils, are natural carbon sinks, or a natural “reservoir where a greenhouse gas, an aerosol or a precursor of a greenhouse gas is stored” (IPCC, 2021, p. 558). For the Board of Water and Soil Resources (2019), trees, like all other plants, fix atmospheric CO₂ through the ongoing process of photosynthesis, converting carbon to biomass and other organic matter. Later, carbon is released into the atmosphere through tree respiration and by the decomposition of soil organic matter. This constitutes the “carbon cycle” illustrated in Figure 1.

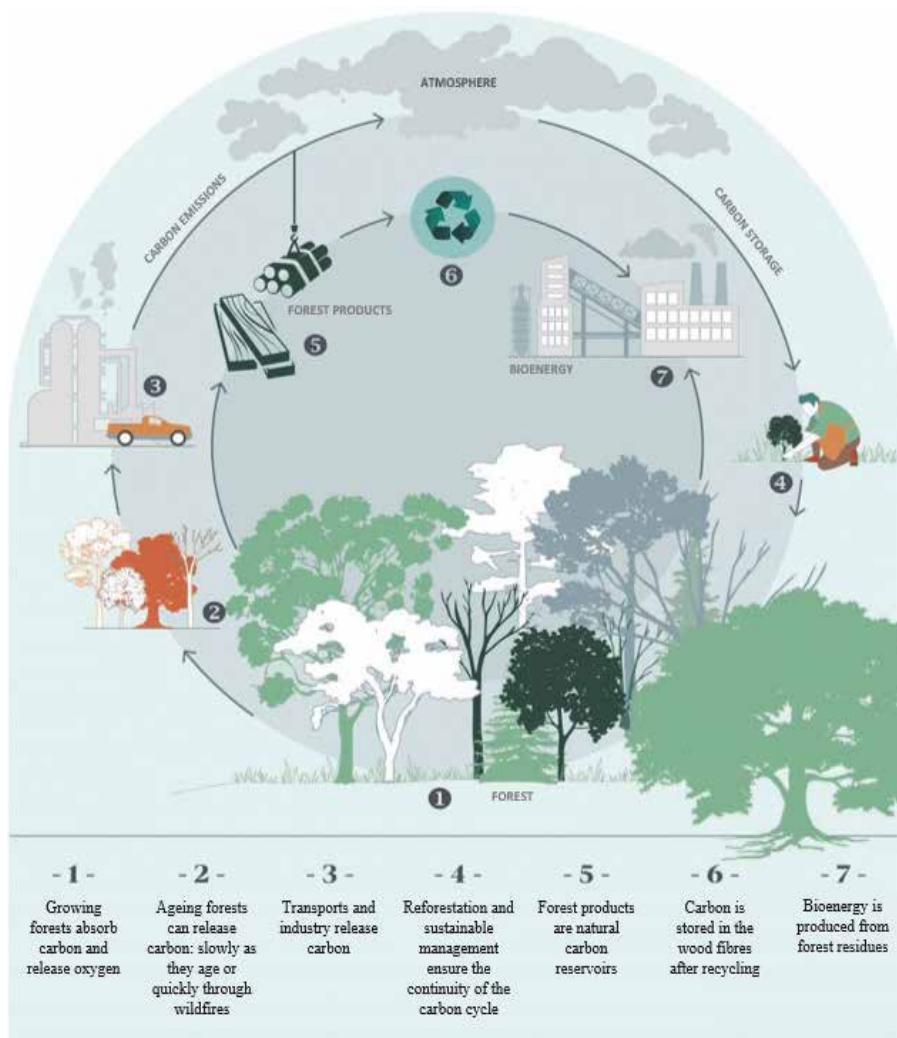


Figure 1 – Carbon cycle in sustainable forest management
 Source: Washington Forest Protection Association (cited in Florestas, 2019a).

However, the carbon cycle has been seriously disrupted both by natural disturbances, such as insect pests, tree diseases, extreme weather events, geological disturbances and wildfires, as well as by human action through deforestation, land use conversion, intensive farming or the introduction of invasive alien species. The decrease in the forests' carbon sequestration capacity leads to higher levels of CO₂ in the atmosphere, which in turn increases the planet's temperature (Climate Council, 2013).

The great challenge of the coming years will be mitigating and adapting to climate change. The European Commission⁹ outlined its long-term strategy in Communication COM (2018) 773, “A clean planet for all”. The strategy sets the objective of promoting a climate-neutral economy by 2050 and recognises the crucial role of natural sinks, such as soils, agricultural land, coastal wetlands, but especially forests, in the fight against climate change.

Protecting and conserving existing forests and sustainably increasing the forest cover is especially important, as is tackling the causes of deforestation through more assertive and ambitious environmental policies, measures and targets.

2.4. Analysis model

Table 2 contains the study's analysis model, which outlines the concepts, dimensions and indicators established for each SO.

Table 2 – Analysis model

General objective					
To assess the carbon sequestration potential of the PoAF's forest areas					
Research Question					
How does the PoAF's carbon sequestration potential help the organization achieve its carbon neutrality goals?					
Specific Objectives	Subsidiary Questions	Concepts	Dimensions	Indicators	Data collection
SO1 To assess the carbon emissions generated by the PoAF's activities	SQ1 How much carbon is released into the atmosphere as a result of the PoAF's activities?	- GHG emissions-Mitigation - Environmental sustainability	Organizational	Polluting activities	Literature review and structured interviews
				Energy consumption	
SO2 To assess the carbon sequestration capacity of the PoAF's forest areas	SQ2 What is the carbon sequestration capacity of the PoAF's forest areas?	- Sustainable forest management - Carbon sequestration - Carbon neutrality	Environmental	GHG emissions	
			Environmental	Forest areas	
			Organizational	Policies Targets	
			Economic and financial	Financial	
				Heritage	

⁹ Available from <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX-52018DC0773&from=PT>

3. Methodology and method

This chapter presents the methodology and method used in the study.

3.1. Methodology

The study used deductive reasoning, a quantitative research strategy with qualitative elements and a case study research design (Santos & Lima, 2019).

3.2. Method

3.1.1. Participants and procedures

The study sample (Table 3) consisted of respondents with relevant expertise, who were chosen for their experience, knowledge and deep understanding of the topic.

Table 3 – Interviews

Interview Code	Interviewee	Position	Interview Type	Interview Date
I1	Alcochete Shooting Range	Unit Commander	email	02-Nov-21
I2	Portuguese Air Force Resources Division	Head of the Logistics Department	email	12-Nov-21
I3	Directorate-General for National Defence Resources	Head of Environment	email	02-Nov-21
I4	Portuguese Army Resources Division	Area Coordinator of the Logistics Division	email	16-Nov-21
I5	Belgian Defence	Head Environment	email	22-Oct-21
-	Danish Defence	Nature and Planning Section Manager	email	Did not reply

The interviewees were contacted by telephone or email between 12 and 15 October 2021 to confirm if they were interested in participating in the study. Between 16 and 22 October 2021, a new email was sent to those who accepted, containing the interview scripts and a request for consent to use the answers for research purposes.

3.2.2. Data collection instruments

Researchers must select the most information collection and processing techniques that best suit their study. According to Santos and Lima (2019), selecting suitable data collection instruments when linking theory and facts is crucial to move from one level of knowledge on a given situation to a new level. The following instruments were used in the study:

– A literature review of the regulations, norms and procedures in force, as well as the PoAF's management reports and statistical yearbooks, which provided a variety of complex situations and relevant data for analysis, interpretation and reflection.

– Two types of structured interviews:

- Intra-organization interviews with people and services that deal directly with the topic analysed in the study, which provided a basis for the measures that will be proposed.
- Extra-organization interviews with national and foreign counterparts, which served to identify measures, policies, practices, critical processes, courses of action, action strategies and areas of implementation.

3.2.3. Data processing technique

The quantitative data were analysed and processed using Microsoft Excel. Relevant and pertinent findings were organized in figures and tables. The interviews were analysed according to the methodology proposed by Guerra (cited in Santos & Lima, 2019, p. 122), which divides the analysis into five stages: transcription; reading; summarising; descriptive analysis; and interpretive analysis.

3.2.4. Calculation methods

To accomplish the general objective, as well as to assess the possibility of achieving carbon neutrality, two main calculations were performed: i) to estimate GHG emissions and ii) to estimate the forest's carbon sequestration capacity. The calculations were made according to the IPCC guidelines. To estimate GHG emissions, it was necessary to define the calculation limits. This was done by following the GHG Protocol proposal, which classifies GHG emissions according to their scope: i) scope 1, direct emissions from sources owned or controlled by the organization; ii) scope 2, indirect emissions that result from the consumption of electricity or steam, or from heating or cooling the organization's facilities / buildings and iii) scope 3, emissions from third party sources not controlled by the organization, as shown in Figure 2. This study analyses scope 1 and 2 emissions, but not scope 3 emissions, because the aim is to assess emissions that can be controlled by the PoAF, as well as to avoid double counting of emissions (in case PoAF suppliers also estimate their own GHG emissions).

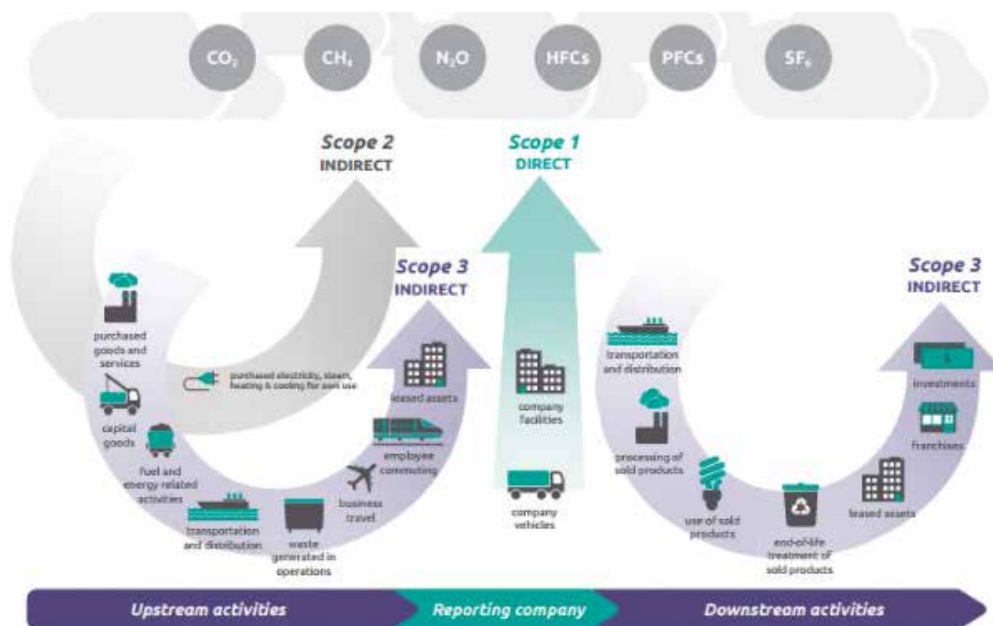


Figure 2 – Classification of GHG emissions

Source: GHG Protocol (2016).

4. Data presentation and discussion of findings

This chapter analyses and discusses the study findings and answers the subsidiary and research questions.

4.1. GHG gases released into the atmosphere as a result of the PoAF's activities

Different GHG have different effects on global warming, essentially due to differences in their ability to absorb energy and the time they remain in the atmosphere. This led to the creation of the “Global Warming Potential”, a harmonized measure developed to allow comparison between GHG, which uses CO₂ as a reference and is expressed in CO₂ equivalent units (CO₂e). The data collected from the Portuguese Air Force General Staff (EMFA) covers the period from 2005 (the reference year against which the increase of emissions was measured)¹⁰ to 2020. When there were no data available for the years under analysis, the average values of the oldest data were used. As this information is directly or indirectly related to military activity, the data presented in the study represent absolute values, evolution patterns, trends or relative percentages.

¹⁰ Defined in the RNC2050 guidelines, as it was the year Portugal reached peak GHG emissions.

4.1.1. Activities that release greenhouse gases into the atmosphere

To fulfil its mission, the PoAF conducts activities that release GHG into the atmosphere. These GHG emissions result directly from the consumption of energy, specifically, Jet Propellant 8 (JP8) and aviation fuel (AVGAS) in the aviation component, diesel in land-based road activities, electricity, natural gas and diesel in land-based non-road activities.

4.1.1.1. Land-based road activities

Land-based road activities are activities that require the use of light and heavy vehicles (passengers, goods or both), special and tactical vehicles, which include auto cranes, auto sweepers, fuel trucks, aircraft tow tractors, armoured vehicles, tanks, among others. To estimate GHG emissions from land-based road activities, according to the method for defining the calculation limits, only scope 1 emissions were included in the calculation, that is, GHG emissions from the combustion of diesel to power these vehicles¹¹, including the vehicles leased by the PoAF.

Figure 3 shows that GHG emissions increased until 2010, a year now associated with the world financial crisis, after which there was a sharp reduction in emissions due to the reduction in PoAF personnel and in the number of vehicles available, but also to the smaller number of kilometres travelled, as well as improvements in environmental and energy efficiency.

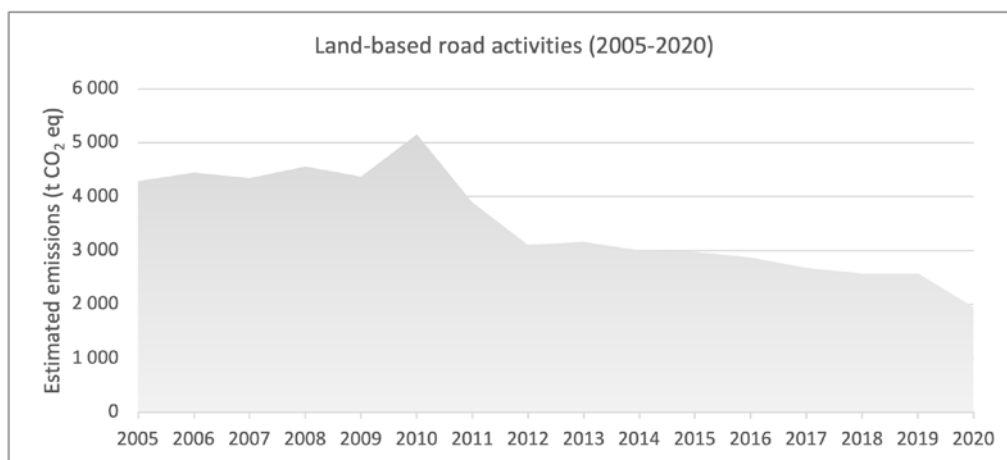


Figure 3 – Evolution of GHG emissions from land-based road activities

Source: Prepared from data provided by the EMFA (2021).

¹¹ When estimating GHG emissions in road vehicles, this approach is also called “Tank-to-Wheel” (TTW), as defined by the JEC (through a collaboration between the European Commission’s Joint Research Centre, EUCAR and CONCAWE).

According to data collected from the Supply and Transport Directorate, the PoAF's fleet of vehicles is more than 20 years old on average, and has an average mileage of over 300,000 km. Despite Order No. 2293-A/2019 of 07 March establishing that 50% of new vehicles procured by State entities must be electric, and despite the encouraging developments in the use of hydrogen as a fuel¹², the renewal of the PoAF's vehicle fleet is expected to be a complex and lengthy process.

GHG emissions from land-based road activities are expected to decrease in the coming years due to the introduction of electric or more efficient combustion vehicles and the scrapping of older, more polluting vehicles, as well as to the adoption of more efficient driving modes and, especially, behaviour changes that result from the digitalisation of processes (for example, holding meetings remotely prevents or considerably reduces road travel).

4.1.1.2. Land-based non-road activities

Land-based non-road activities are activities that result from the use of a variety of equipment powered by several sources, including electricity, natural gas and diesel, which release GHG into the atmosphere. In addition to the emissions from gas and electricity consumption and those caused by stationary combustion, that is, from burning fuel to generate electricity, steam, heat or power in boilers, generators or heating systems, it is also necessary to estimate the fluorinated gases released by Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) systems and refrigeration equipment. The European Environment Agency (2021) states that fluorinated gases have a significant impact on the greenhouse effect and that their warming potential is far greater than that of carbon dioxide, contributing substantially to climate change.

Figure 4 shows the evolution of GHG emissions from non-road activities. It was only possible to calculate the values of fluorinated gases from HVAC systems and refrigeration equipment for 2014. The lack of consolidated historical data that accurately reflected the PoAF universe meant that some land-based non-road activities that generate GHG, such as waste production and wastewater treatment, were not covered in the study.

¹² European Commission (2020) – A hydrogen strategy at the service of a climate neutral impact Europe.

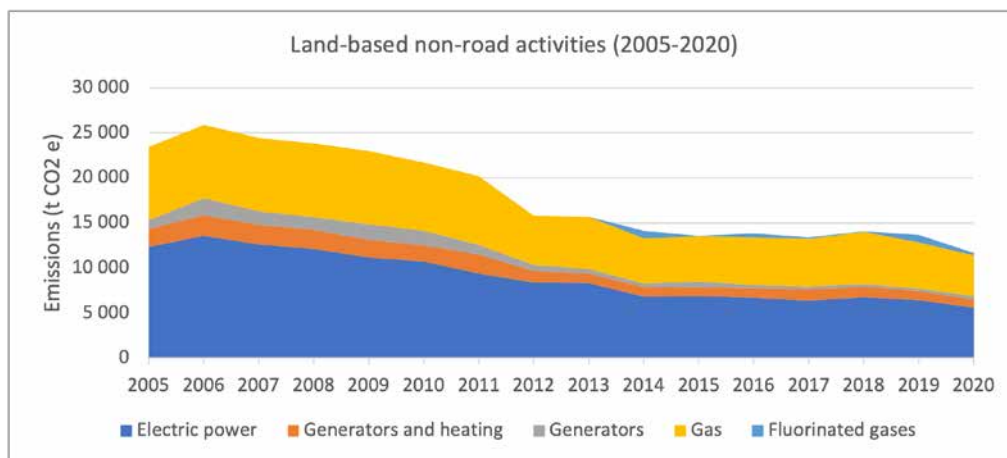


Figure 4 – Evolution of GHG emissions from land-based non-road activities

Source: Prepared from data provided by the EMFA (2021).

As the chart shows, there was a significant decrease in emissions between 2006 and 2014, after which there was a stabilisation due to the introduction of more energy and environmentally efficient equipment and the replacement of old equipment (except for 2020, for the reasons mentioned above). This reduction in emissions was also caused by the decrease in military personnel and of aviation activities.

Of note is the success story of the AM1 integrated efficiency project¹³, a distinction awarded by *Programa de Eficiência de Recursos na Administração Pública* [Resource Efficiency Programme for the Public Sector] (ECO.AP, 2019), for the first time to a military institution. Another relevant project was the installation of a solar photovoltaic power plant in BA5, which provided 24% of that unit's electricity needs in 2020 (EMFA, 2021). However, in the PoAF, the use of energy from self-sufficient renewable energy sources is still negligible (about 2%, which is far from the 10% target set in the ECO.AP 2030 Programme)¹⁴.

4.1.1.3. Aviation activities

Aviation activities are activities in which aircraft (both fixed and rotary wing) are used / operated, releasing GHGs into the atmosphere during the combustion process. Therefore, the emissions generated by aviation activities should be assessed, in order to measure and monitor their carbon footprint, so that policies can be adjusted accordingly, and measures implemented to improve their sustainability. The estimated GHG emissions were fully attributed to the PoAF, even when they resulted from missions requested by third parties, such as the transport of organs or search and rescue operations.

¹³ Available from https://www.ecoap.pt/caso-de-sucesso/fa-aerodromo_manobra1-integrado/

¹⁴ Council of Ministers Resolution No. 104/2020 of 24 November.

Figure 5 shows the estimated GHG emissions generated by PoAF aircraft between 2005 and 2020. The emission estimates directly correlate to the number of logged flight hours and the JP8 and AVGAS consumption of the different aircraft.

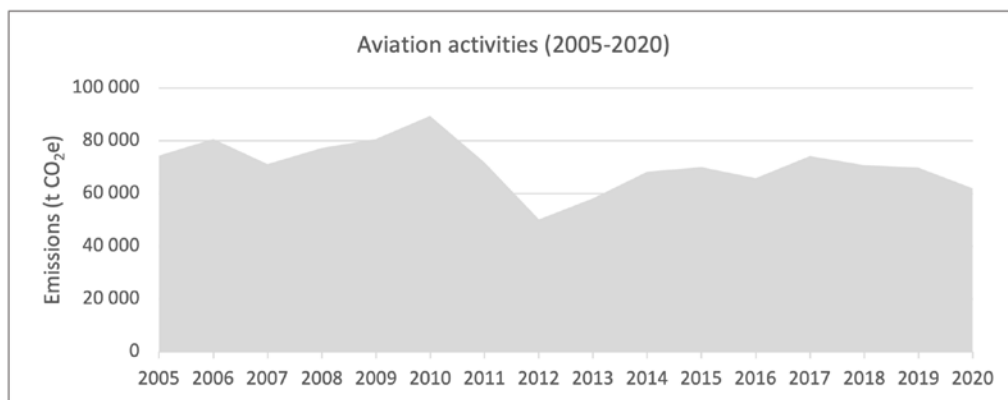


Figure 5 – Evolution of GHG emissions from aviation activities

Source: Prepared from data provided by the EMFA (2021).

There was an increase in emissions between 2005 and 2010, with a peak in 2010. The reduction in emissions between 2010 and 2012 resulted from the decrease of operational activities, as the number of logged flight hours (EMFA, 2011; EMFA, 2012; EMFA, 2013) was reduced due to budget cuts by the government. From 2012 to 2014, emissions increased by about 20% due to the increase in operational activities (EMFA, 2014; EMFA, 2015). Between 2014 and 2019, emissions stabilised at about 69,800 tons of carbon dioxide per year (t CO_{2e}/y).

To fulfil its missions and meet the international commitments undertaken by the Portuguese State, as well as its public interest missions, the PoAF's air capabilities should be enhanced in the next few years with the introduction of the KC-390 Millennium aircraft and other aerial platforms for the *Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Rurais* [Special Rural Fires Fighting Device]. As a result, the PoAF's GHG emissions will increase because the number of missions will also increase.

4.1.2. Global analysis of emissions

A global analysis based on the data in Figure 6 shows that there was a peak in emissions in 2010, which was caused by road land activities and, especially, aviation activities. That year was a clear turning point due to the financial crisis and the budget cuts in the public sector, which had a direct impact on the PoAF's operations. After reaching the lowest values in 2012, emissions stabilised at about 86,360 t CO_{2e}/y between 2014 and 2019.

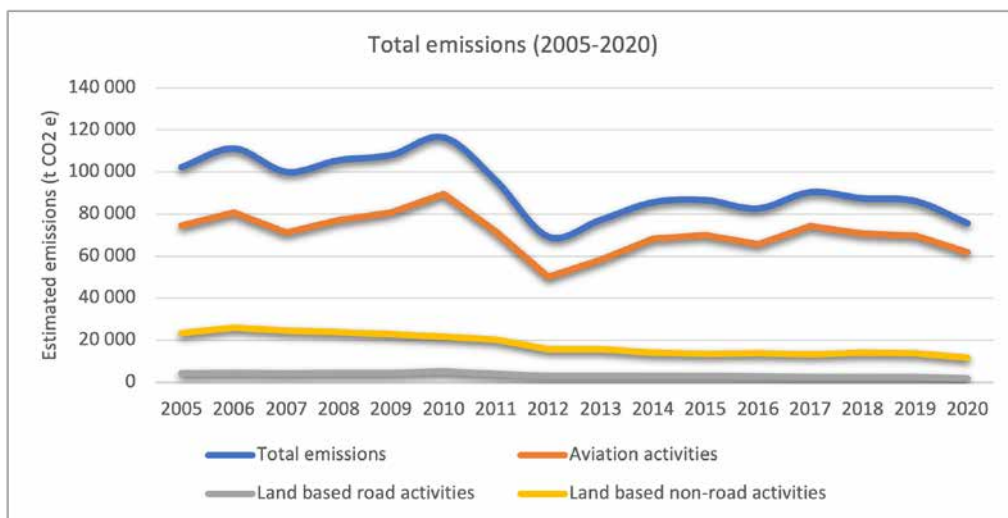


Figure 6 – Total GHG emissions

Source: Prepared from data provided by the EMFA (2021).

A more detailed analysis reveals that, in 2005, aviation activities represented 73% of the PoAF's total GHG emissions, reaching 82% in 2020. This relative percentage increase was mainly caused by the acquisition of new aircraft fleets, such as the CASA C-295 or the EH-101, which have higher hour/flight consumption levels than their predecessors, the C-212 Aviocar or the SA-330 PUMA.

Recently, a pilot programme was developed through a joint venture between the United States Air Force (USAF) and the company Twelve to transform CO₂ into synthetic fuel for aviation. If this discovery can be applied, it should have a significant impact on reducing GHG emissions from aircraft, as well as from the entire logistics chain (USAF, 2021). While the use of green fuels (such as hydrogen) and synthetic fuels is at the forefront of research and development, both in the scientific community (e.g.: Dincer & Acar, 2016; *Fuel Cells and Hydrogen*, 2020) and in the aviation industry. Now, this innovation does not meet the technical and economic requirements that would make it a viable alternative for the sector.

4.1.3. Brief overview and answer to Subsidiary Question 1

To fulfil its mission, the PoAF conducts land-based road and non road activities and aviation activities, all of which release pollutant gases into the atmosphere.

The answer to SQ1 – “How much carbon is released into the atmosphere as a result of the PoAF's activities?” – is that there was an increase in emissions between 2005 and 2010, mainly caused by land-based road activities and aviation activities, while 2012 was the year with the lowest emissions, largely due to budget cuts by the government that led to a sharp reduction in aviation activities, and that emissions stabilised at about 86,360 t CO_{2e} /y between 2014 and 2019. The reduction in 2020 resulted from the decrease in activity due to the COVID-19 pandemic.

Aviation activities (the PoAF's "core business") are undoubtedly the ones that generate the most carbon emissions. In 2005, aviation generated 73% of the PoAF's emissions and, in 2020, it represented 82% of the PoAF's total emissions. Despite the decrease in flight hours, there was a relative percentage increase that resulted from the acquisition of new fleets, which are technologically more advanced and provide new possibilities but have greater consumption needs, making them more polluting.

4.2. The PoAF's carbon sequestration capacity

Portugal is the fourth European country with the highest percentage of protected forest¹⁵ (about 22%). According to the Portuguese Institute for Nature Conservation and Forests (ICNF, 2019), more than 60% of Portugal's mainland territory is composed of forest areas, 84.2% of which are located in private property, 13.8% in common land and only 2% in public areas. These numbers are out of step with the European and world averages, as Figure 7 shows.



Figure 7 – Forest property

Source: Florestas (2019b).

Even though there are few public forest areas, the State has the responsibility to implement “a governance model that aligns policy and the implementation of climate policies and ensures the coherence of national sectoral policies and strategies to achieve carbon neutrality by 2050” (RNC 2050, 2019, p. 87). The PoAF should play an active role in developing specific guidelines and measures to manage its forest heritage by promoting research and development partnerships with universities and other working groups. An example of this are the existing partnerships between the PoAF and the NATO Environmental Protection Working Group, the EDA Energy and Environment Working Group and the Global Air Forces Climate Change Collaboration, according to the Head of Environment of the Directorate General for National Defence Resources (email interview, 02 November 2021).

The calculations to estimate the carbon sequestration capacity of the PoAF's forest areas were made according to the IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories 2019, volume 4 (IPCC, 2019). As the data available – the Forest Management Plans (FMPs) of the

¹⁵ Only falling behind Italy (33%), Germany (29%) and Liechtenstein (26%), according to the State of Europe's Forests 2015 report.

Units – include the forested areas and forest species in those areas but lack more specific data, the tier 1 calculation method defined by the IPCC was selected, as well as the “Gains-Losses” method, a method that calculates CO₂ emissions and removals resulting from changes in the biomass carbon stock. Gains include biomass growth through the conversion of carbon to biomass and are marked with a plus sign (positive stock changes). Losses mainly include logging¹⁶, represent biomass carbon emissions to the atmosphere, and are marked with a minus sign (negative stock changes).

4.2.1. The PoAF's forest areas

The PoAF does not have a complete inventory of its forests. However, it has unique conditions for mapping and monitoring those areas, as it can use air capabilities such as drones to conduct an aerophotographic survey of its woodland areas. Making an inventory of forest spaces is “crucial to formulate, monitor and assess forest policies and other areas with territorial and strategic importance” (ICNF, 2019, p. 1). The most common species in the PoAF forest are maritime pine, stone pine, eucalyptus, cork oak and holm oak, as shown in Figure 8. The area occupied by these species is about 8,195 ha in AM1, BA5, BA6, BA11, CFMTFA and CT. The CT represents more than 80% of the PoAF's total forest area.

The cork oak and holm oak are slow-growing trees with low tree density. They have

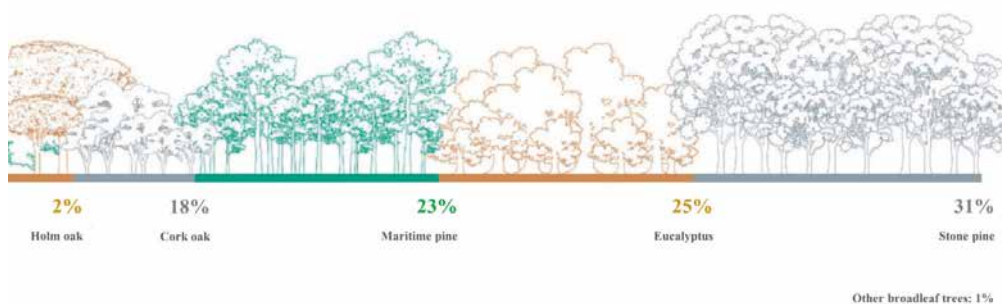


Figure 8 – Composition of the PoAF forests by species

Source: Adapted from Florestas (2020a).

high economic value, as they are used in the production of cork and firewood, and provide silvopastoral systems that yield income through livestock production. Cork oak only begins producing cork after 20-25 years and has a harvesting cycle of 150 to 200 years (Florestas, 2020b). Holm oak and the cork oak are the dominant species in BA11 and represent 2% and

¹⁶ Only losses through logging were included in the calculations because there is no data on fires and losses due to diseases / pests.

18% of the PoAF forest, respectively. On the other hand, eucalyptus are fast-growing trees with production cycles of about 12 years, which self-regenerate after felling and can yield four production cycles until they have to be replanted. Eucalyptus was introduced into Portugal in the mid-19th century and it quickly adapted to the country's soils and climate (Florestas, 2020c). This species of high socio-economic value is mainly associated with the paper and pulp industry. Currently, about 25% of the PoAF forest is composed of eucalyptus, most of which are planted in the CT. Maritime pine is a native species with high yield potential¹⁷ (with production cycles between 30 and 40 years) that is highly adaptable to poor or degraded soils. Maritime pine represents 23% of the PoAF forest and is the dominant species in AM1. Maritime pine has a survival rate of around 80-90% and plays an important role in "protecting soils from erosion, fixing coastal dunes and enriching poor, marginal and desertified lands, where it helps create the conditions for more demanding species (such as cork oak or holm oak) to reappear" (Florestas, 2021). This species has a high socio-economic potential, as it produces wood, pinecones and pinewood, especially after the tree has reached 15-20 years of age. Its yield increases until it reaches 40-50 years of age and only begins to decrease after it reaches 80-100 years of age (UNIAV, 2007). Stone pine represents 31% of the PoAF forest. It can be found in all units, with the exception of AM1. It is the most common species in BA6 and the dominant species in CFMTFA.

In the PoAF, forest management is not centralised and each unit is responsible for managing its forest areas in compliance with the Forest Management Plans. The Air Force Environmental Management System and its environmental structure is currently being restructured, and the PoAF's Roadmap for Carbon Neutrality is also under development, as stated by the Head of Logistics of the Air Force Resources Division in the email interview on 12 November 2021. The Army also uses a decentralised forest management policy, as mentioned by the Area Coordinator of the Resources Division (email interview, 16 November 2021). On the other hand, the Belgian counterpart has a centralised joint approach, according to the Head Environment of the Belgian Defence (email interview, 22 October 2021).

Some PoAF units – BA5, the CT and Radar Station No. 2 (ER2) – have received an environmental certification due to having adopted effective environmental sustainability policies. The CT is one of the three Portuguese Field Artillery firing ranges¹⁸. It has received several certifications that confirm its commitment to the environment, including an environmental certification (NP ISO 14001) and a forest certification from the Forest Stewardship Council (FSC), as well as from the Programme of Endorsement for Forest Certification Schemes (PEFC). Furthermore, BA5 and ER2 were the first military units, in Portugal and abroad, to be evaluated under the EU Eco-Management and Audit Scheme (EMAS). According to the Head of Logistics of the Air Force Resources Division (op. cit.), the PoAF "is a benchmark organization in terms of environmental performance".

¹⁷ Pine forest value and rotation cycle, available from https://www.centropinus.org/files/upload/edicoes_tecnicas/silvicultura-centro-pinus-digital.pdf

¹⁸ The other two are the Army's Artillery Regiment No. 5 and the Santa Margarida Military Field.

Even though the species that comprise the PoAF forest are some of the dominant native species in Portugal, and despite the successful introduction of eucalyptus in the national forest, it also contains some invasive exotic species that were introduced intentionally or accidentally, such as acacias, which pose a threat to native species. Invasive alien species “spread quickly, compete for natural resources and become a threat to other species, habitats and ecosystems” (Florestas, 2019c). Their spread can cause serious environmental and socio-economic damage and can even become a health risk.

4.2.2. Carbon capture and storage capacity assessment

The role of terrestrial ecosystems in carbon sequestration can be divided into three main areas: aboveground biomass (especially important in forests), belowground biomass and soil organic matter. The carbon storage capacity of the living biomass of trees can vary depending on species, age, climate, soils, excess or lack of water, tree health, and especially fires and other natural or anthropogenic variables.

Expanding forest areas, even if moderately, will increase the forest's sequestration capacity. According to the Millennium Ecosystem Assessment report for Portugal (Pereira et al., 2009), cork oak, holm oak and other broadleaf trees have a carbon sequestration capacity of 1 to 5 tons of CO₂ per ha, per year (t CO₂/ha/y), pine trees have a carbon sequestration capacity of 15 to 26 t CO₂/ha/y and eucalyptus has a carbon capture and storage capacity of about 15 to 32 t CO₂/ha/y, as shown in Table 4.

Table 4 – Carbon sequestration capacity by type of forest

Forest species	Average sequestration capacity (t CO ₂ /ha/year)
Eucalyptus	15 - 32
Stone pine and maritime pine	15 - 26
Holm oak, cork oak and other broadleaf trees	1 - 5

Source: Adapted from Pereira et al. (2009).

Eucalyptus is the species with the greatest carbon capture and storage capacity due to its fast growth and to the fact that it has the highest carbon sequestration capacity. Renewing fast growing species allows them to maintain their carbon sequestration function, and consequently their mitigating effect on climate change, especially in the short term. According to Pereira et al. (2009), in regions with abundant rainfall and mild winters, such as the coastal areas of central and northern Portugal, eucalyptus can yield about 30 m³ of wood per hectare, per year, approximately twice as much as maritime pine.

Cork oak and holm oak are slow growing species with lower carbon sequestration capacity. In the long term, maintaining slower growing forests will result in more carbon stored in the soil.

Annual changes in carbon stocks can be estimated by calculating carbon losses and gains. Gains can be attributed to growth (biomass increase) and carbon transfers from another pool

(such as carbon transferred from the living biomass carbon pool to the dead organic matter pool due to logging or natural disturbances). Losses can be attributed to carbon transfers from one reservoir to another (for example, the carbon released through logging represents a loss in the aboveground biomass reservoir) or to emissions from decomposition, logging or burning (IPCC, 2021). The Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases (APA, 2021), estimates that eucalyptus forests grow 9.5 m³ per hectare, per year (m³/ha.y), pine forests grow 5.6 m³/ha.y, cork oak and holm oak grow 0.5 m³/ha.y and other broadleaf trees grow about 2.9 m³/ha.y (Table 5).

Table 5 – Average annual increase by type of forest

Forest species	MAI _f m ³ /ha.y
Eucalyptus spp.	9,5
Pinus pinaster, Pinus pinea	5,6
Quercus spp., Other broadleaves	2,9
Quercus suber, Quercus rotundifolia	0,5
Other coniferous	5,0
Where: MAI_f - Mean Annual Increment of dominant species f in Forest Type f	

Source: Adapted from APA (2021).

Table 6 shows the forest area and the carbon gains and losses for the most common species in the PoAF's forest park. Eucalyptus, stone pine and maritime pine are the species that most contribute to the PoAF's carbon sequestration capacity. In fact, eucalyptus is the species with the greatest carbon capture and storage capacity, in addition to being the species with the fastest production cycle. Overall, the PoAF forest has the capacity to capture and store 15,874 tons of carbon per year (t C/y), which corresponds to 58,203 t CO₂/y.

Table 6 – Carbon sequestration capacity

	Biomass								
	Forest Species	AFF (ha)	MAI (m ³ / ha.y)	OWU (m ³ /y)	BEF (t dm/m ³)	RTS ad	CF	LBG (t C/y)	LBL (t C/y)
CT	Eucalyptus	1 995	9.5	4 738	0.63	0.249	0.48	7 158	1 790
	Mix of cork oak, maritime pine and stone pine	3 974	3.9	3 875	0.98	0.095	0.50	8 296	2 074
	Stone pine	575	5.6	805	1.166	0.054	0.51	2 019	505
	Maritime pine	129	5.6	181	0.528	0.098	0.51	214	53
	Broadleaf trees (riparian gallery)	33	2.9	24	0.825	0.502	0.48	57	10
	Sub-total	6 706						17 744	4 432
BA5	Stone pine	2	5.6	3	1.166	0.054	0.51	9	2
	Maritime pine	162	5.6	227	0.528	0.098	0.51	268	67
	Eucalyptus	0	9.5	1	0.63	0.249	0.48	2	0
	Stone pine and maritime pine	32	5.6	45	0.85	0.076	0.51	83	21
	Sub-total	197						362	90
BA6	Stone pine	408	5.6	571	1.166	0.054	0.51	1 431	358
	Eucalyptus	1	9.5	2	0.63	0.249	0.48	3	1
	Stone pine and cork oak	27	4.6		1.1806	0.0698	0.50	80	
	Cork oak	5	0.5		1.239	0.133	0.48	2	
	Sub-total	441						1 515	359
BA11	Holm oak	189	0.5	24	0.797	0.748	0.48	63	16
	Cork oak	146	0.5	18	1.239	0.133	0.48	49	12
	Eucalyptus	12	9.5	30	0.63	0.249	0.48	45	11
	Ash	5	2.9	4	0.825	0.502	0.48	9	2
	Stone pine	99	5.6	138	1.166	0.054	0.51	346	87
	Broadleaf trees (riparian gallery)	5	2.9	4	0.825	0.502	0.48	9	2
	Sub-total	457						521	130
AM1	Maritime pine	283	5.6	396	0.528	0.098	0.51	468	117
	Sub-total	283						468	117
CFMTEFA	Stone pine	111	5.6		1.166	0.054	0.51	390	
	Sub-total	111						390	
TOTAL		8 195						21 001	5 127
LBG-LBL (t C/y)								15 874	
TOTAL SEQUESTRATION (t CO₂/y)								-58 203	
Where: AFF - Area of forest land remaining forest land; MAI - Mean Annual Increment; BEF - Biomass expansion factor; OWU - Volume of other wood use harvesting; RTS - Root-to-shoot factor of forest specie; CF - Carbon fraction of forest specie; LBG - Living biomass gains; LBL - Living biomass losses									

Source: Prepared from data provided by the EMFA (2021).

It is worth mentioning that only the units with the largest forest area and the most common species in the PoAF forest were included in the study. However, there are other carbon reservoirs: other species of trees, shrubs, scrubland, pastures and landscaped areas, as well as water reservoirs: wetlands, small ponds, lakes, reservoirs and dams. On average, each hectare of forest has the capacity to capture and store around 7.1 t CO₂/y. Based on the average price of carbon licenses in 2021, the carbon sequestration capacity of the PoAF forest has an economic potential of about 3 x 10⁶ €.

Some studies confirm that the spread of eucalyptus has several drawbacks, especially in regions with water shortages, due to its high-water consumption, to the loss of soil nutrients and soil erosion, the loss of biodiversity, as well as the fact that it replaces native species and is less resistant to forest fires. However, a recent study by the Agrarian School of the Polytechnic Institute of Coimbra (Boulet, et al., 2021) suggests that, in the central-northern region of Portugal, an area with a humid Mediterranean climate with rainy winters and dry summers, eucalyptus woods do not consume more water than maritime pine woods.

Even though eucalyptus and pine trees have greater carbon sequestration capacity, balancing and conserving ecosystems entails maintaining biodiversity and preserving the natural habitats of native species, such as cork oak and holm oak, among others.

4.2.3. Brief overview and answer to Subsidiary Question 2

Forests play a key role in neutralising carbon emissions. Therefore, it is crucial to conserve a healthy forest, relatively young and free of pests, as this will help mitigate the effects of climate change and protect it from wildfires. Currently, the PoAF does not have a complete inventory of its forest heritage, and the real carbon sequestration capacity of the PoAF forest is likely underestimated. Therefore, the answer to SQ2 – “What is the carbon sequestration capacity of the PoAF’s forest park?” – is that it has a capacity of 58,203 t CO₂/y. Eucalyptus, maritime pine and stone pine are the species with the greatest carbon sequestration capacity, as well as the largest stand areas. However, eucalyptus has the greatest sequestration potential and the expansion of its stand areas should be considered, especially in the CT, CFMTFA, BA5 and AM1, due to the climate conditions provided by their geographical location.

In the short-term, fast-growing species help maintain the forest’s carbon sequestration function, whereas in the long term, slow growing forests, such as cork oak and holm oak, will store more carbon in the soil.

4.3. Contribution to carbon neutrality

4.3.1. Balancing emissions and carbon sequestration capacity

Comparing the GHG emissions from the main activities conducted by the PoAF with the carbon sequestration capacity of the PoAF forest revealed that, until 2020, emissions exceeded the carbon capture and storage capacity (Figure 9).

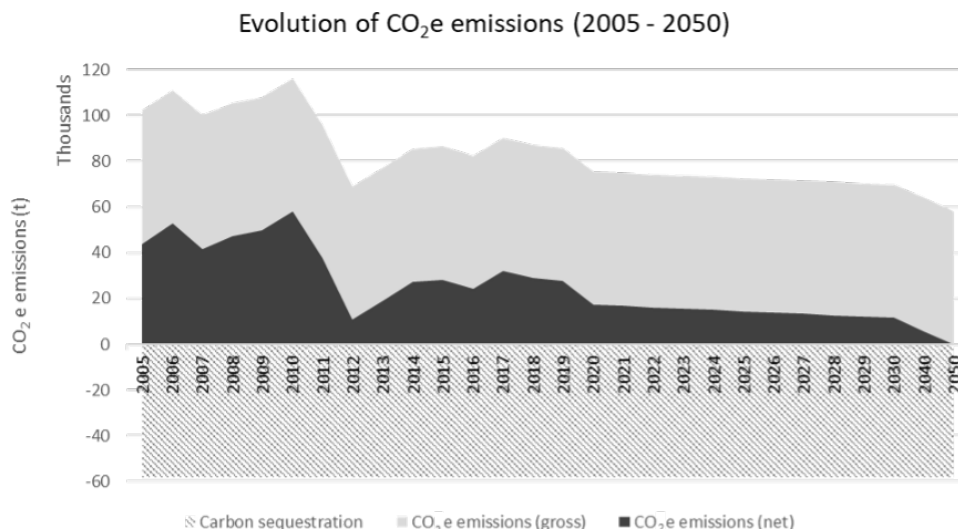


Figure 9 – Net GHG emissions

Source: Prepared from data provided by the EMFA (2021).

Planting new forest areas, expanding the forest area and replanting new trees increased the PoAF's carbon sequestration capacity from 57% in 2005 to 77% in 2020. Even though this increase is significant, it is still not enough to offset the PoAF's total emissions.

Considering that emissions should be reduced by 45% to 55% in 2030, 65% to 75% in 2040 and 85% to 90% in 2050, the PoAF must develop mechanisms to gradually decarbonise its activities. This process may occur at different rates, depending on the specific needs of each activity and on whether the technical and operational solutions available are economically viable. The intermediate environmental targets for 2030 and 2040 will make it possible to assess the state of the art and to compensate for any deviations from the goal of achieving carbon neutrality by 2050.

The policies that are defined to adapt to and combat climate change should: promote the digitalisation of processes and the replacement of fossil fuels with energy from renewable sources; increase efficiency and circularity in the use of resources by reducing the consumption of raw materials and by turning the waste chain into a chain of new materials; and make better use of the advantages of sinks to reduce the concentration of carbon dioxide in the atmosphere; and improve climate regulation through the forest by implementing better land management practices and planning and increasing the forest's productivity (RNC2050, 2019).

Becoming a carbon neutral organization will entail the adoption of sustainable individual and collective behaviour, but also changing production and consumption patterns, as well as fostering awareness and providing education on environmental issues for all stakeholders. Therefore, it is especially important to reduce consumption (without compromising the mission), replacing the PoAF fleet with electrical vehicles, improving the energy efficiency of buildings, replacing or converting less efficient and more polluting equipment, investing in

sustainable energies and improving the management and planning of the forest territory¹⁹.

The investments and structural reforms foreseen in the various environmental and energy schemes, such as ECO.AP2030, the Environmental Fund²⁰, the Sustainability and Resource Efficiency Operational Programme²¹, the Heritage Rehabilitation and Conservation Fund²², but especially the PRR, provide excellent opportunities for financing projects that contribute to the goal of decarbonising activities.

4.3.2. Brief overview and answer to the Research Question

To fulfil its mission, the PoAF conducts land-based and aviation activities, all of which release pollutant gases into the atmosphere, which is at odds with Portugal's commitment to achieve carbon neutrality by 2050. The PoAF forest plays an important role in maintaining the balance and biodiversity of ecosystems and in climate stabilization, as well as in regulating the hydrological cycle and protecting against soil erosion, functioning as a natural carbon sink. Bearing in mind the constraints described in subchapters 4.1.1.3. and 4.2.1., the answer to the RQ – “How does the PoAF's carbon sequestration potential help the organization achieve its carbon neutrality goals?” – is that, while the current carbon sequestration capacity of the PoAF forest is significant (77% in 2020), it is not yet sufficient to offset all GHG emissions. However, there is room to optimise it and obtain greater economic and environmental benefits through better forest management. Of all the species in the PoAF forest, eucalyptus has the greatest carbon sequestration potential. Therefore, the organization should consider increasing its stand areas in the CT, CFMTFA, BA5 and AM1 due to the climate conditions provided by the geographical location of these units. According to the Alcochete Shooting Range Commander (email interview, 02 November 2021), “the best way to increase carbon sequestration capacity is to plant irrigated eucalyptus because trees consume more carbon during their growth, which makes fast-growing species the best option.”

The strategy will entail implementing a sustainable organizational culture by digitalising processes, increasing the use of renewable energy, increasing efficiency and circularity in the use of resources, taking advantage of the potential of carbon sinks, improving the management and planning of forest land and, most importantly, changing both behaviour and mindsets and production and consumption patterns, which can only be achieved through an individual and collective commitment. Introducing more sustainable policies will undoubtedly require considerable financial investment. The PRR represents an excellent opportunity for Portugal and, especially, for the PoAF to tackle the energy, climate and digital transition, all of which are crucial to achieve the goal of carbon neutrality.

¹⁹ Council of Ministers Resolution No. 13/2019 of 21 January (2019). Approves the diagnosis report and the measures to improve the forest territory and promote active forest management.

²⁰ Created by Decree-Law no. 42-A/2016 of 12 August.

²¹ Established through a European Commission Implementing Decision on 16 December 2014.

²² Created by Decree-Law 24/2009 of 21 January.

5. Conclusions

Environmental sustainability and the issues surrounding it have been at the forefront of international political agendas. The long-term strategy defined by the EU of achieving carbon neutrality by 2050, which Portugal has committed to following, will entail reducing GHG emissions by 85% to 90% (relative to 2005) and offsetting the remaining emissions through forests and soils to limit the increase in the average global temperature to 1.5°C and mitigate the negative impact of climate change. However, this will not only require improving the country's carbon sequestration capacity through forests and other soil uses, but also decarbonising the power generation system and the transport sector, as well as investing in the transition to an increasingly resilient, circular and carbon neutral economy.

The State is responsible for leading this process by example. Therefore, the PoAF, as a public organization of excellence, should promote an organizational culture that is environmentally sustainable and adopt measures that contribute to the goal of achieving carbon neutrality by 2050.

Directive No. 08/2019 of the CEMFA, which establishes the PoAF's Strategic Planning for 2019/2022, states the need to promote an environmentally sustainable policy that focuses on the environmental management system, waste management, continuous improvement, pollution prevention, compliance with environmental laws, efficient management of natural resources and energy efficiency.

To help the PoAF accomplish its strategic objectives, this study aimed to identify the organization's carbon sequestration potential and shed light on the role of the forest in climate change mitigation and its contribution to carbon neutrality as a mechanism to offset emissions generated by the PoAF's activities.

The study analysed the PoAF forest park and was delimited as follows: temporally, it covers the period between 2005 and 2050, as well as the intermediate emission reduction targets in 2030 and 2040; geographically, to the PoAF and to the units with largest forest areas, specifically AM1, BA5, BA6, BA11, CFMTFA and CT; and in terms of content, to the carbon sequestration potential of the PoAF forest.

To answer the research RQ – “How does the PoAF's carbon sequestration potential help the organization achieve its carbon neutrality goals?” –, the study used deductive reasoning, a quantitative research strategy with qualitative elements, and a case study research design.

Table 7 summarises the objectives and research questions.

Table 7 – Research objectives and questions

General Objective	Specific Objective	Research Question	Subsidiary Question
To identify the carbon sequestration potential of the PoAF's forest areas	SO1 To assess the carbon emissions generated by the PoAF's activities	How does the PoAF's carbon sequestration potential help the organization achieve its carbon neutrality goals?	How much carbon is released into the atmosphere as a result of the PoAF's activities?
	SO2 To assess the carbon sequestration capacity of the PoAF's forest areas		SQ2 What is the carbon sequestration capacity of the PoAF's forest areas?

Table 8 summarises the analysis and the answer to the research questions and objectives.

Table 8 – Analysis and answer to the Research Questions and Objectives

Objective Question	Analysis	Answer
SO1 SQ1	There was an increase in emissions between 2005 and 2010, mainly caused by land-based road activities and, especially, aviation activities. The year with the lowest emissions was 2012, mainly because budget cuts by the government led to a sharp reduction in aviation activities. The reduction in 2020 resulted from the decrease in activity due to the COVID-19 pandemic.	Emissions stabilised at about 86.360 t CO ₂ e/y between 2014 and 2019. Aviation activities are responsible for the majority of carbon emissions (73% of total emissions in 2005 and 82% in 2020). One reason for this was the acquisition of new fleets that are technologically more advanced and provide new possibilities, but have higher consumption levels, which makes them more pollutant
SO2 SQ2	Eucalyptus and pine species have the greatest carbon sequestration capacity, as well as the largest stand areas. However, the eucalyptus species has the greatest sequestration potential, and the expansion of its stand areas should be considered, particularly in the CT, CFMTFA, BA5 and AM1, due to the climate conditions provided by its geographical location.	Analysing the values obtained for each species in the different units revealed that the PoAF forest has a carbon sequestration capacity of 58.203 t CO ₂ /y. This value could be greater if the analysis covered other units and unexploited carbon pools, both in the forest and in surface water pools.

[Cont.]

GO
RQ

The PoAF should implement a sustainable organizational culture by digitalising processes, increasing the use of renewable energy, increasing efficiency and circularity in the use of resources, taking advantage of the potential of carbon sinks, improving the management and planning of forest land and, most importantly, changing both production and consumption patterns and behaviour and mindsets, which can only be achieved through individual and collective commitment.

The PoAF should play an active role in developing specific guidelines and courses of action for its forest by promoting research and development partnerships with universities and other national and international organizations.

While significant (about 77%), the current carbon sequestration capacity of the PoAF forest is still not enough to offset all GHG emissions.

That capacity can be increased to obtain greater economic and environmental gains.

The carbon sequestration capacity of the PoAF forest has an economic potential of about 3x106 €, according to the carbon trading system.

The PRR is an opportunity for the PoAF to achieve an effective energy, climate and digital transition, which are crucial to achieve the goal of carbon neutrality.

The study's main **contribution to knowledge** is that it provides an analysis of the organization's emissions and carbon sequestration capacity, identifies and measures the GHG emissions released by the main PoAF activities, and measures the amount of carbon sequestered by the PoAF forest. The diagnosis of the PoAF's carbon footprint revealed the distance that must be covered to achieve the goal of carbon neutrality by 2050.

The study had some **limitations** which affected the findings, such as the fact that only the carbon sequestration potential of the units with the largest forested area and the most representative tree species were analysed. There are, however, other units and other carbon reservoirs that can be exploited, both in the forest (other species of trees, shrubs, scrubland, pastures and landscaped areas) and in surface hydric reservoirs (flooded areas, small ponds, lakes, reservoirs and dams), which means that the calculation of the total carbon sequestration capacity of the PoAF could be underestimated. Another limitation is the fact that the total GHG emission values are assigned to the PoAF, even those released during missions requested by third parties, that is, these emissions are not assigned to or shared by those who benefit from them.

As mentioned above, **future studies** are needed to inventory not only the PoAF's vegetation heritage, but also all existing natural carbon sinks, and to analyse the economic and environmental impact of increasing eucalyptus stands. Other studies could assess the use of forest biomass for energy production. It would also be relevant to make an accurate calculation of GHG emissions by mission or activity.

In light of these findings, the study's **recommendation** is that the PoAF prepare an annual report on the organization's global environmental performance. In terms of doctrine, environmental issues should be included in the training courses provided by the organization, a practice that is already followed by its counterparts.

Achieving carbon neutrality in the PoAF by 2050 depends on everyone, without exception. Individually and collectively, we have the responsibility of trying to ensure a prosperous and sustainable future for the next generations.

“A society grows great when old men plant trees in whose shade they know they will never sit in.”

Greek proverb

References

- Air Force General Staff. (2011). *Relatório Anual de Atividades 2010*. [Annual Activity Report 2010.] Lisbon: Author.
- Air Force General Staff. (2012). *Relatório Anual de Atividades 2011*. [Annual Activity Report 2011.] Lisbon: Author.
- Air Force General Staff. (2013). *Relatório Anual de Atividades 2012*. [Annual Activity Report 2012.] Lisbon: Author.
- Air Force General Staff. (2014). *Relatório Anual de Atividades 2013*. [Annual Activity Report 2013.] Lisbon: Author.
- Air Force General Staff. (2015). *Relatório Anual de Atividades 2014*. [Annual Activity Report 2014.] Lisbon: Author.
- Air Force General Staff. (2021). *Relatório de Sustentabilidade Ambiental 2020, da BA5*. [BA5 Environmental Sustainability Report 2020.] Lisbon: Author.
- APA. (2021). *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2019* [PDF]. Retrieved from https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/NIR20210415.pdf
- Boulet, A.-K., Rial-Rivas, M. E., Ferreira, C., Coelho, C. O. A., Kalantari, Z., Keizer, J. J., & Ferreira, A. J. D. (2021). *Hydrological Processes in Eucalypt and Pine Forested Headwater Catchments within Mediterranean Region*. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/10/1418/htm>
- Centro PINUS. (2020). *Manual de boas práticas para o pinheiro-bravo*. Retrieved from https://www.centropinus.org/files/upload/edicoes_tecnicas/silvicultura-centro-pinus-digital.pdf
- Chief of Staff of the Air Force. (2019). *Directive No. 08/CEMFA/2019 - Air Force Strategic Planning 2019/2022*. Lisbon: Author.
- Colaço, M. C. (Coord.) (2009). *Floresta, Muito Mais que Árvores. Manual de Educação Ambiental para a Floresta*. Lisbon: Portuguese Forest Authority. Retrieved from https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/19384/1/REP-C.Cola%C3%A7o-10-ManualEducacaoAmbiental_Floresta.pdf
- COP26. (2021). *UN Climate Change Conference UK 2021*. Retrieved from <https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2021/11/COP26-Presidency-Outcomes-The-Climate-Pact.pdf>

- Council of Ministers Resolution No. 6-B/2015, of 04 February (2015). *Aprova a Estratégia Nacional para as Florestas*. [Approves the National Strategy for Forests.] Journal of the Republic No. 24/2015, 1st Supplement, Series I, 692-(2) to 92-(92). Lisbon: Presidency of the Council of Ministers. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/6-b-2015-66432466>
- Council of Ministers Resolution No. 13/2019 of 21 January (2019). *Aprova o relatório de diagnóstico e as medidas de atuação para a valorização do território florestal e de incentivo à gestão florestal ativa*. [Approves the diagnosis report and the measures to improve the forest territory and to encourage active forest management.] Journal of the Republic No. 14/2019, Series I, 380-387. Lisbon: Presidency of the Council of Ministers. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/13-2019-118051702>
- Council of Ministers Resolution No. 107/2019 of 01 July (2019). *Aprova o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050*. [Approves the Roadmap for Carbon Neutrality 2050.] Journal of the Republic No. 123/2019, Series I, 3208-3299. Lisbon: Presidency of the Council of Ministers. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/107-2019-122777644>
- Council of Ministers Resolution No. 53/2020 of 10 July (2020). *Aprova o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)*. [Approves the National Energy and Climate Plan 2030 (PNEC 2030).] Journal of the Republic No. 133/2020, Series I, 2-158. Lisbon: Presidency of the Council of Ministers. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/53-2020-137618093>
- Council of Ministers Resolution No. 104/2020 of 24 November (2020). *Aprova o Programa de Eficiência de Recursos na Administração Pública para o período até 2030*. [Approves the Programme for Resource Efficiency in Public Administration until 2030.] Journal of the Republic No. 229/2020, Series I, 5-14. Lisbon: Presidency of the Council of Ministers. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/104-2020-149220156>
- Decision (EC) C(2014) 10110 of 16 December (2014). *Aprova determinados elementos do programa operacional «Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos» do apoio do Fundo de Coesão no âmbito do objetivo de Investimento no Crescimento e no Emprego em Portugal*. [Approves certain elements of the operational programme “Sustainability and Resource Efficiency” of the Cohesion Fund support under the Investment for growth and jobs goal in Portugal.] Official Journal of the European Union, 347, Brussels: European Commission. Retrieved from https://poseur.portugal2020.pt/Content/docs/Poseur/POSEUR_2014_PT.pdf
- Decision (EU) No 2016/1841 of 5 October (2016). *Conclusion, on behalf of the European Union, of the Paris Agreement adopted under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Official Journal of the European Union, 282, Brussels: Council of the European Union. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016D1841&from=EN>

- Decree-Law No. 24/2009 of 21 January (2009). *Cria o Fundo de Reabilitação e Conservação Patrimonial*. [Creates the Heritage Rehabilitation and Conservation Fund.] Journal of the Republic No. 14/2009, Series I, 453-454. Lisbon: Ministry of Finance and Public Administration. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/24-2009-602748>
- Decree-Law No. 42-A/2016 of 12 August (2016). *Cria o Fundo Ambiental, estabelecendo as regras para a respetiva atribuição, gestão, acompanhamento e execução e extingue o Fundo Português de Carbono, o Fundo de Intervenção Ambiental, o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos e o Fundo para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade*. [Creates the Environmental Fund, establishes the rules to assign, manage, monitor and execute it, and terminates the Portuguese Carbon Fund, The Environmental Intervention Fund, the Hydric Resources Protection Fund and the Nature and Biodiversity Conservation Fund] the Journal of the Republic No. 155/2016, 1st Supplement, Series I, 3-11. Lisbon: Environment. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/42-a-2016-75150234>
- Decision No. 2293-A/2019 of March 7 (2019). *Parque de Veículos do Estado*. [State Vehicle Fleet.] Journal of the Republic No. 47/2019, 1st Supplement, Series II, 7088-(2) to 7088-(6). Lisbon: Ministry of Finance and Ministry of Environment and Energy Transition. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/2293-a-2019-120696332>
- Decision No. 149/2020 of 07 January (2020). *Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional*. [Environmental Directive for National Defence.] Journal of the Republic No. 4/2020, Series II, 46-51. Lisbon: Office of the Minister of National Defence. Retrieved from <https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/149-2020-127811898>
- Dincer, I., & Acar, C. (2016). A review on potential use of hydrogen in aviation applications. *International Journal of Sustainable Aviation*, 2(1), 74-100.
- ECO.AP (2019). *Casos de sucesso: Força Aérea Portuguesa – Aeródromo de Manobra nº1 (Ovar)*. [Success stories: Portuguese Air Force – Manoeuvre Aerodrome nº1 (Ovar).] Retrieved from https://www.ecoap.pt/caso-de-sucesso/fa-aerodromo_manobra1-integrado/
- European Commission. (2018). *A Clean Planet for All. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy COM(2018) 773 final*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>
- European Commission. (2019). *The European Green Deal. COM(2019) 640 final*. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF
- European Commission. (2020). *Questions and Answers: A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe*. Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1257
- European Commission. (n.d.). *Recovery plan for Europe* [Online]. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en

- European Energy Exchange. (2021). *Emission Spot Primary Market Auction Report 2021*. Retrieved from <https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/eua-primary-auction-spot-download>
- European Environment Agency. (2021). *What are F-gases and why are they harmful?* Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/help/faq/what-are-f-gases-and>
- FAO. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations Global Forest Resources Assessment 2020. *Terms and Definitions*. Retrieved from <https://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf>
- Florestas. (2019a). *Qual a relação entre alterações climáticas e florestas?* [What is the relationship between climate change and forests?] Retrieved from <https://florestas.pt/conhecer/qual-a-relacao-entre-alteracoes-climaticas-e-florestas/>
- Florestas. (2019b). *Propriedade florestal: privada, fragmentada e com escassos planos de gestão*. [Forest ownership: private, fragmented and with few management plans.] Retrieved from <https://florestas.pt/conhecer/propriedade-florestal-em-portugal-privada-fragmentada-e-com-escassos-planos-de-gestao/>
- Florestas. (2019c). *Invasoras: o que são e porque prejudicam a floresta*. [Invasive species: what are they and why do they harm the forest?] Retrieved from <https://florestas.pt/conhecer/invasoras-o-que-sao-e-porque-prejudicam-a-floresta/>
- Florestas. (2020a). *As espécies florestais mais comuns da floresta portuguesa*. [Common forest species in Portuguese forests.] Retrieved from <https://florestas.pt/conhecer/as-especies-florestais-mais-comuns-da-floresta-portuguesa/>
- Florestas. (2020b). *Sobreiro: a árvore mãe da cortiça*. [Cork oak: the mother tree of cork.] Retrieved from <https://florestas.pt/conhecer/sobreiro-a-mae-da-cortica/>
- Florestas. (2020c). *Eucalipto: um nome para centenas de espécies florestais*. [Eucalyptus: one name for hundreds of forest species.] Retrieved from <https://florestas.pt/conhecer/eucalipto-um-nome-para-centenas-de-especies-florestais/>
- Florestas. (2021). *Pinheiro-manso: a espécie pioneira que lembra um guarda-sol*. [Stone pine: the pioneer species that resembles a parasol.] Retrieved from <https://florestas.pt/conhecer/pinheiro-manso-a-especie-pioneira-que-lembra-um-guarda-sol/>
- Fuel Cells and Hydrogen. (2020). *Hydrogen-powered aviation. A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050*. Retrieved from https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH%20Docs/20200507_Hydrogen%20Powered%20Aviation%20report_FINAL%20web%20%28ID%208706035%29.pdf
- GHG Protocol. (2016). *You, too, can master value chain emissions*. Retrieved from <https://ghgprotocol.org/blog/you-too-can-master-value-chain-emissions>
- Handmer, J., Honda, Y., Kundzewicz, Z.W., Arnell, N., Benito, G., Hatfield, J., Mohamed, I.F., ...Yan, Z. (2012). *Changes in Impacts of Climate Extremes: Human Systems and Ecosystems. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/changes-in-impacts-of-climate-extremes-human-systems-and-ecosystems/>

- ICNF. (2019). *6º Inventário Florestal Nacional*. [6th National Forest Inventory.] Retrieved from http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/doc/ifn/ifn6/IFN6_Relatorio_completo-2019-11-28.pdf
- IPCC. (2019) *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*, Chapter 4: Forest Land. Retrieved from https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch04_Forest%20Land.pdf
- IPCC. (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>
- Louro, G. (2012). *A economia da floresta e do sector florestal em Portugal*. Lisbon Academy of Sciences and Portuguese Society of Forest Sciences. Lisbon: Lisbon Academy of Sciences. ISBN 978-972-623-106-6.
- McDowell, N. G., Allen, C. D., Anderson-Teixeira, K., Aukema, B. H., Bond-Lamberty, B., Chini, L., ...Xu, C. (2020). Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world. *Science*, 368(6494), eaaz9463 (10 pp.). doi.org/10.1126/science.aaz9463
- Ministry of Education. (2006). *Guião de Educação Ambiental: conhecer e preservar as florestas*. Lisbon: Author.
- Pereira, H. M., Domingos, T., Pedroso, C. M., Proença, V., Rodrigues, P., Ferreira, M., ...Nogal, A. (2009). *Ecossistemas e Bem-Estar Humano – Resultados da Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Retrieved from <https://ecossistemas.org/pt/relatorios.htm>
- Recuperar Portugal. (2021). Recovery and Resilience Plan. [Online] Retrieved from <https://recuperarportugal.gov.pt>
- Santos, L.A.B., & Lima, J.M.M. (Coords.) (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* [Methodological Guidelines for the Elaboration of Research Papers] (2nd Ed., revised and updated). IUM Notebooks, 8. Lisbon: Military University Institute.
- UNIAV. (2007). *Manual Ilustrado de Enxertia do Pinheiro Manso*. Retrieved from https://www.inia.pt/images/publicacoes/livros_manuais/manual_ilustrado_enxertia_pinheiro_manso.pdf
- USAF. (2021). *The Air Force partners with Twelve, proves it's possible to make jet fuel out of thin air*. Retrieved from <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/2819999/>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

CONTRIBUTOS PARA A NEUTRALIDADE DE CARBONO NA FORÇA AÉREA¹

MEASURES TO MAKE THE PORTUGUESE AIR FORCE A CARBON NEUTRAL ORGANIZATION

Carlos Miguel Freixo Calaixo

Capitão Técnico de Manutenção de Material Terrestre da Força Aérea Portuguesa
Licenciado em Engenharia Mecânica, pelo Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
Chefe da Sub-Repartição de Equipamentos de Apoio e Ferramentas da Direção de Abastecimento e Transportes
2415-215 Leiria
c.calaixo@hotmail.com

Carlos Jorge Ramos Páscoa

Coronel Navegador da Força Aérea Portuguesa
Doutor em Engenharia Informática e de Computadores pelo Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa
Assessor para a Inovação do Chefe do Estado-Maior-General das Forças Armadas
1400-204 Lisboa
cjpascoa@gmail.com

Joana Sofia Guerreiro Pinto

Tenente (Recursos Humanos e Logística-Ambiente) da Força Aérea Portuguesa
Mestre em Engenharia do Ambiente pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
Coordenadora para as Infraestruturas, Ambiente e Normalização na Repartição de Logística da Divisão de Recursos do
Estado-Maior da Força Aérea
joana.guerreiro.pinto@gmail.com

Resumo

As preocupações ambientais da Organização das Nações Unidas vertidas na Agenda 2030 e no Acordo de Paris em 2015, que Portugal ratificou, urgem a que se atinja a neutralidade carbónica até 2050, para reduzir o aquecimento global e as alterações climáticas. A visão estratégica de Portugal, para o cumprimento das metas ambientais pelos diversos setores de atividade, encontra-se refletida no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 e no Plano Nacional de Energia e Clima 2030. Esta investigação visou estudar, identificar e analisar a situação atual do setor de Transportes, para avaliar os contributos para a neutralidade de carbono na Força Aérea, com o objetivo de cumprir com os normativos nacionais e internacionais. Para esta investigação foi utilizada uma metodologia baseada no raciocínio dedutivo, uma estratégia mista e um desenho

Como citar este artigo: Calaixo, C. M. F., Páscoa, C. J. R., & Pinto, J. S. G. (2022). Contributos para a Neutralidade de Carbono na Força Aérea. *Revista de Ciências Militares*, maio, X(1), 201-231. Retirado de <https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/Lista%20Pt/Lista%20de%20publica%C3%A7%C3%B5es%20Revista%20De%20Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20Militares.pdf>

¹ Artigo elaborado a partir do trabalho de investigação individual realizado no âmbito do Curso de Promoção a Oficial Superior 2021/2022, cuja defesa ocorreu em fevereiro de 2022, no Instituto Universitário Militar. A versão integral encontra-se disponível nos Repositórios Científicos de Acesso Aberto em Portugal (RCAAP).

de pesquisa de estudo de caso. Concluiu-se que a implementação de medidas (por exemplo a digitalização, procedimentos e sensibilização) tendentes a: i) diminuir o consumo de combustível; ii) reduzir a distância percorrida; iii) utilizar biocombustíveis em viaturas compatíveis e iv) substituir faseadamente viaturas de diferentes frotas, por viaturas com 0% de emissões de gases com efeito de estufa, compõem um conjunto de contributos identificados para a neutralidade de carbono na Força Aérea Portuguesa.

Palavras-chave: Força Aérea; Neutralidade Carbónica; Gases com Efeito de Estufa; Energia Renovável e Eficiência Energética.

Abstract

The environmental concerns expressed by the UN in its Agenda 2030 and in the Paris Agreement of 2015, which Portugal has ratified, warn that, to reduce global warming and climate change, the world must become carbon neutral by 2050. Portugal's strategy to meet these environmental targets in its national sectors of activity is outlined in the Roadmap for Carbon Neutrality 2050 and the National Energy and Climate Plan 2030. This study assesses, identifies and analyses the current carbon footprint of the Transport sector and proposes measures that the Portuguese Air Force can implement to achieve carbon neutrality and comply with national and international legislation. The study uses deductive reasoning, a mixed research strategy and a case study research design. The findings revealed that the Portuguese Air Force can become carbon neutral by implementing certain measures (such as improving digitalisation, implementing procedures and raising awareness) that will lead to: i) reduced fuel consumption; ii) reduced travel distances; iii) the use of biofuels in compatible vehicles and iv) the phased replacement of vehicles from different fleets with zero emission vehicles.

Keywords: Air Force; Carbon Neutrality; Greenhouse Gases; Renewable Energy and Energy Efficiency.

1. Introdução

Em setembro de 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) adotou a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2021b), uma agenda universal que contempla 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas a implementar pelos países signatários. Em dezembro do mesmo ano, foi adotado o Acordo de Paris² (ONU, 2015), onde 196 países signatários se comprometeram a realizar todos os esforços para limitar o aumento da temperatura média global bem abaixo dos 2° C acima dos níveis pré-industriais,

² Decorreu em novembro de 2021, uma nova conferência (COP26) sobre as alterações climáticas, que serviu para incentivar os atuais 197 signatários a adotar medidas mais ambiciosas que o tipificado no Acordo de Paris.

e prosseguir esforços no sentido de limitar o aumento da temperatura a 1,5° C e atingir a neutralidade de carbono antes de 2050.

Em Portugal, os normativos principais que enquadram esta temática são, o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050) (Resolução do Conselho de Ministros [RCM] n.º 107/2019, 2019), o Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC2030) (RCM n.º 53/2020, 2020), o Plano Nacional do Hidrogénio (RCM n.º 63/2020, 2020), a Estratégia Portugal 2030 (RCM n.º 98/2020, 2020) e o Plano de Recuperação e Resiliência (RCM n.º 46-B/2021, 2021).

No Ministério da Defesa Nacional (MDN), foi aprovada a Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional, vertida no Despacho n.º 149/2020 (2020), que define os objetivos estratégicos e operacionais que devem ser cumpridos pelas Forças Armadas (FFAA), considerando os compromissos assumidos por Portugal na Agenda 2030 (ONU, 2021b) e no Acordo de Paris (ONU, 2015).

A visão do Chefe de Estado-Maior da Força Aérea (CEMFA), está vertida na Diretiva n.º 08/2019 (CEMFA, 2019, p. 2), que define o Planeamento Estratégico para a Força Aérea (FA) durante o triénio 2019/2022 e que prevê: “[uma] FA robusta e dimensionada, tendencialmente apetrechada com meios de última geração e pessoal altamente qualificado, alicerçada numa organização profissional, eficiente e segura para comandar, controlar e executar operações, militares e de interesse público, com sucesso” e na Política Ambiental da FA, enquadrada no Despacho n.º 49/2017 (CEMFA, 2017), sendo estes os documentos que norteiam internamente os compromissos ambientais assumidos.

Em março de 2022 o CEMFA publicou a orientação estratégica para o período 2022/24 (CEMFA, 2022) dando prioridade ao desenvolvimento sustentável, assente nos pilares económico, social e ambiental, pelo que, com a realização deste trabalho pretende-se esclarecer quais os contributos para a neutralidade carbónica passíveis de obter com a adaptação ou modernização dos Transportes da FA, concretizando estas intenções superiores.

O PNEC2030 refere que “para atingir a neutralidade carbónica em 2050 é necessário reduzir as emissões de GEE entre 85% a 90% em relação a 2005 (RCM n.º 53/2020, p. 6)”³. De acordo com o Despacho n.º 149/2020 (2020), para o MDN, as metas da neutralidade de carbono são passíveis de ser conciliadas e concretizadas, sem prejudicar o bom cumprimento das missões atribuídas às FFAA.

O MDN estabeleceu também na Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional⁴ que, as FFAA têm de incluir no planeamento estratégico e na sua execução, em contexto de missões operacionais ou em exercícios, as devidas preocupações ambientais, possibilitando assim alcançar a neutralidade carbónica até 2050 (Despacho n.º 149/2020, 2020).

Face ao estado atual em relação a 2005 (ano de referência definido no PNEC2030), é necessário identificar quais os contributos disponíveis para atingir o objetivo nacional em 2050 e analisar como é que cada contributo pode materializar e complementar o estado da Força Aérea, em 2050, no setor dos transportes.

³ Disponível em <https://files.dre.pt/1s/2020/07/13300/0000200158.pdf>

⁴ A Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional está vertida no Anexo 1 do Despacho n.º 149/2020 (2020).

Recorrendo ao investimento em novas tecnologias, com novos métodos para a resolução de determinadas tarefas, será possível potenciar “o salto” tecnológico, incentivar a economia circular e a sustentabilidade energética na reorganização ou adaptação de infraestruturas e equipamentos, para uma melhor gestão de recursos humanos e materiais, contribuindo para um melhor desempenho ambiental da Defesa Nacional (Despacho n.º 149/2020, 2020).

Considerando as funções e experiência acumulada na área dos Transportes Terrestres, por parte de um dos investigadores, aliado à perceção dos constrangimentos existentes na FA ao nível dos recursos humanos e financeiros, propõe-se abordar a elaboração de possíveis contributos para a neutralidade carbónica. Os critérios para a definição do objeto de estudo, familiaridade, afetividade e recursos, conforme referido por Carmo e Ferreira, consideram-se estar reunidos (2009, cit. Santos & Lima, 2019, p. 49).

Nesse âmbito, define-se como objeto de estudo, os contributos para a neutralidade de carbono na FA e, à luz do preconizado por Santos e Lima (2019), delimitou-se a investigação nos seguintes domínios:

- Temporal: A dados e legislação enquadrante em vigor, para ter uma perspetiva atual em relação a 2005 e projetar o futuro até ao ano 2050, tendo como referência comparativa, o ano de 2005.

- Espacial: À recolha e análise de informação relativamente à FA.

- Conteúdo: Aos Transportes da FA.

O objetivo fundamental da investigação, segundo Santos e Lima (2019), é dar respostas e soluções para a resolução do problema de conhecimento identificado.

Define-se assim o problema como a ausência de conhecimento sobre o estado atual dos transportes da FA face aos objetivos definidos no PNEC2030 e quais os contributos e em que medida cada um pode materializar, de forma complementar, que a Força Aérea atinja, em 2050, os objetivos definidos.

Assim, define-se a Questão Central (QC): Quais as medidas e como se podem materializar, de forma complementar, para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA em 2050?

A QC compreende dois Objetivos Específicos (OE) que são:

OE1: Identificar o estado energético atual nos Transportes da FA.

OE2: Identificar quais as medidas e qual o contributo de cada para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA.

2. Enquadramento teórico e conceptual

A ONU, em dezembro de 2015, adotou o Acordo de Paris (ONU, 2015), onde constam três objetivos principais para que se consiga solucionar e limitar o aquecimento global. Este acordo conta atualmente com 197 países signatários por todo o mundo, demonstrando que os líderes mundiais estão preocupados e que, de certa forma, querem encontrar soluções para as constantes alterações climáticas (ONU, 2021a).

Foram definidos, nesse acordo, três objetivos globais, essenciais para limitar o aquecimento global (RCM n.º 53/2020, 2020):

- O aumento médio da temperatura global ser inferior a 2º C, mantendo esforços para conseguir efetivamente limitar o aumento médio da temperatura global a um máximo de 1,5º C, tendo em conta que tal desiderato reduziria de forma significativa os riscos e os impactes das alterações climáticas;
- Incrementar a capacidade de adaptação às alterações climáticas e diligenciar a resiliência climática;
- Os fluxos financeiros serem consistentes com as trajetórias de desenvolvimento resilientes e de baixo carbono.

Para conseguirem atingir os objetivos assumidos no Acordo de Paris (ONU, 2015), os países signatários terão de alcançar a neutralidade carbónica na segunda metade do século XXI. Ficou, por isso, determinado que, todos os países signatários necessitam realizar um esforço global para alcançar a redução de emissões e aumentar as remoções dos GEE, recorrendo por exemplo, a florestas ou a remoções artificiais de Dióxido de Carbono (CO₂) (RCM n.º 107/2019, 2019).

Anteriormente ao Acordo de Paris (ONU, 2015), a Assembleia Geral das Nações Unidas, aprovou em setembro de 2015, a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2021b), que pretende abordar várias dimensões do desenvolvimento sustentável e que promove a paz, a justiça e as instituições eficazes.

A Agenda 2030 (ONU, 2021b) é uma agenda universal, assente em 17 ODS e 169 metas a implementar por todos os países. Estes ODS vêm de certa forma substituir os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milénio (ONU, 2021d), que vigoraram de 2005 a 2015 e, o seu cumprimento pressupõe a integração destes objetivos e metas nas políticas, processos e ações desenvolvidas (ONU, 2021b).

Os ODS (ONU, 2021b) estão interligados, conforme ilustrado na Figura 1, formando uma rede de dependências entre si e são fundamentais para o desenvolvimento económico, social e ambiental.

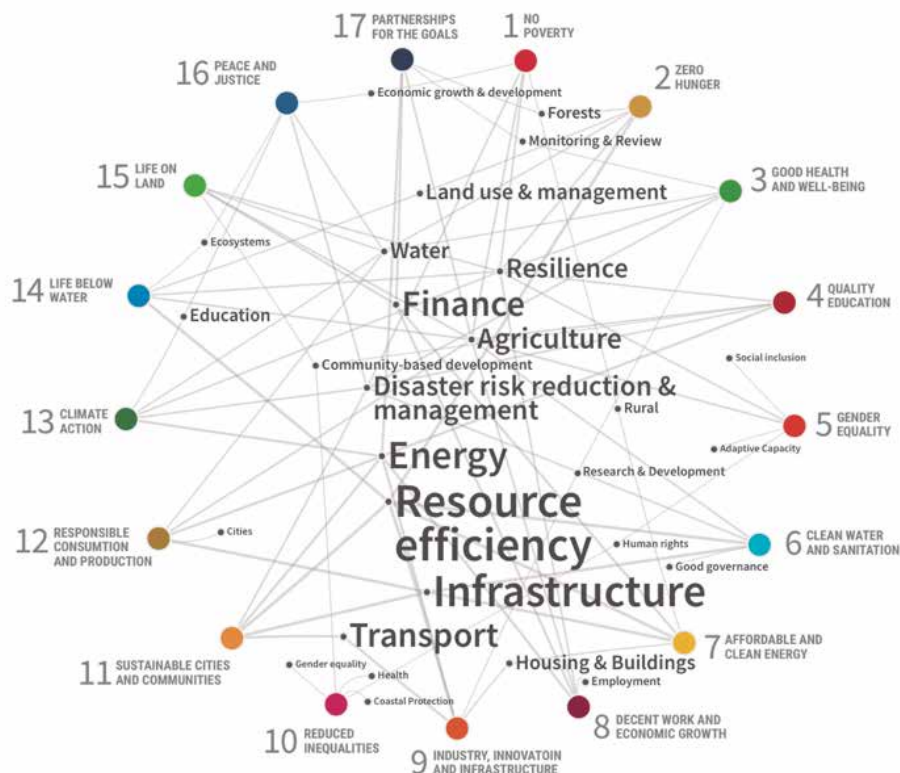


Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Fonte: Instituto do Ambiente de Estocolmo (2018).

Com base nos ODS (ONU, 2021b), Portugal definiu no seu modelo de desenvolvimento e na sua visão estratégica, que nove deles são cruciais para alcançar a neutralidade carbónica (RCM n.º 107/2019, 2019):

- Erradicar a Pobreza;
- Saúde de Qualidade;
- Educação de Qualidade;
- Trabalho Digno e Crescimento Económico;
- Indústria, Inovação e Infraestruturas;
- Cidades e Comunidades Sustentáveis;
- Produção e Consumo Sustentáveis;
- Ação Climática;
- Proteger a Vida Terrestre.

De acordo com o PNEC2030 (RCM n.º 53/2020, 2020), conseguir transitar para uma sociedade neutra em carbono implica, estimular, apoiar e investir nos diversos setores de atividade em Portugal para que se consiga realizar a transição energética. A FA, enquanto organização de referência no panorama nacional, não poderá ficar alheia a essa mudança,

tendo que atingir o objetivo estratégico de ser uma “Força Aérea Moderna de Excelência” (CEMFA, 2019, p.4).

Como um ramo das Forças Armadas tecnologicamente evoluído, a FA tem que cumprir com os normativos em vigor e fazer a transição energética, tal como outras instituições públicas e civis, escolhendo a estratégia mais favorável para atingir esse desígnio (R.M. Cotovio, entrevista por *e-mail*, 12 de novembro de 2021).

A FA e os outros ramos da Defesa Nacional, executam missões de interesse público com o intuito de proteger e salvaguardar o meio ambiente, tendo que efetuar as mudanças necessárias para combater as alterações climáticas e, continuar a cumprir com a sua *mui* nobre missão em prol de Portugal e dos portugueses (Despacho n.º 149/2020, 2020).

Tendo por base os objetivos estratégicos definidos superiormente, no Planeamento Estratégico da FA (CEMFA, 2019), e para cumprimento dos normativos em vigor, urje a necessidade de racionalizar, gerir (os recursos) e executar de forma criteriosa e eficiente, as diferentes missões e tarefas que estão atribuídas à FA, procurando efetuar os ajustes necessários para acompanhar os desafios atuais e futuros, de uma organização que se pretende inovadora, vanguardista, dinâmica e energeticamente eficiente.

O setor dos Transportes é uma área fundamental para que se consiga atingir as metas pretendidas, uma vez que na década 2007 a 2017, foi responsável por cerca de 25% das emissões de GEE em Portugal (RCM n.º 107/2019, 2019).

O setor dos Transportes, entre outros, tem que ser descarbonizado, havendo necessidade de progressivamente substituir os combustíveis fósseis por Hidrogénio (H₂), biocombustíveis ou por eletricidade (P.J. Balixa, entrevista por *e-mail*, 12 de novembro de 2021).

Para atingir a eficiência energética pretendida, será necessário mais que uma mudança no meio de transporte em si, é essencial, por exemplo, fomentar entre a população a mobilidade sustentável, a utilização de bicicletas, o *car sharing*, a promoção e o reforço da utilização dos transportes coletivos, também eles descarbonizados e com tarifas baixas para aumentar a procura por parte da população (RCM n.º 53/2020, 2020).

A pesquisa realizada por Gargiulo, Russo e Papa (2017) indicou que, a mobilidade sustentável será uma realidade numa cidade inteligente, que poderá corresponder às necessidades dos seus habitantes, de forma eficiente, sustentável e com o recurso às novas tecnologias para informar os seus cidadãos.

A tecnologia nas cidades do futuro, permitirá disponibilizar determinadas informações úteis e fidedignas, contribuindo para reduzir a utilização de viaturas particulares nas cidades, através da redução do tráfego e do risco de acidentes (Gargiulo et al., 2017).

A mobilidade inteligente juntamente com a mobilidade sustentável, no entendimento de Mohammadian e Rezaie (2020), podem compensar as crescentes necessidades de Transportes nos grandes centros urbanos, conseguindo assim, apesar desse aumento, reduzir as emissões de GEE e reduzir as viaturas nas cidades.

Para alcançar a mobilidade sustentável expectável numa cidade inteligente, é preciso, de acordo com Mohammadian e Rezaie (2020) que, as pessoas estejam devidamente alinhadas com essas preocupações ambientais, com o sucesso económico e com a qualidade de vida,

promovendo assim uma mobilidade, sustentável e inteligente contribuindo ainda para atingir os ODS (ONU, 2021b).

Para uma eficiente transição energética numa cidade do futuro, é ainda necessário, ter em consideração que, a mobilidade sustentável e a sustentabilidade social não podem ser dissociadas, tendo que se garantir, equidade no acesso aos transportes por todos os cidadãos (Jeekel, 2017).

As alterações e os investimentos, necessários para atingir as várias metas tipificadas, são ambiciosos, mas exequíveis (RCM n.º 53/2020, 2020).

2.1. Revisão da literatura e conceitos estruturantes

2.1.1. Eficiência Energética

O PNEC2030 (RCM n.º 53/2020, 2020), define, eficiência energética como sendo a redução do consumo de energia primária nos vários setores num contexto de sustentabilidade e custo eficácia, através do uso eficiente dos recursos.

A eficiência, de acordo com Bilhim (2006), pode ser definida como uma medida normativa que visa a utilização dos recursos, meios e métodos que, quando planeados, visam convergir para uma otimização geral. É uma otimização da relação entre o custo e o benefício, com o intuito de alcançar melhores resultados (Bilhim, 2006).

Ao nível de Unidades da FA, no Plano Estratégico de Sustentabilidade Ambiental da Base Aérea n.º 5 (BA5), em Monte Real (BA5, 2021b), estão definidas as várias metas a atingir para obter um melhor desempenho ambiental da Unidade.

Para a eficiência energética ser alcançada, será necessário o contributo resultante da implementação de várias medidas, como a redução da utilização de combustíveis fósseis e uma promoção de fontes de energia renovável, uma utilização eficiente dos recursos e a promoção de uma economia circular e sustentável (BA5, 2021b).

No âmbito civil, a Câmara Municipal de Cascais, para melhorar a eficiência energética da autarquia, adquiriu dois autocarros movidos a H_2 , sendo estas, as primeiras unidades, com estas características, em Portugal (Mirante, 2021). Para conseguir melhorar a economia circular e a sustentabilidade, foi desenvolvido um sistema, que transforma lixo doméstico em H_2 , servindo este, para suprir as necessidades energéticas desses autocarros e ao mesmo tempo, reduzir os resíduos urbanos em aterro (Mirante, 2021).

2.1.2. Energia renovável

A energia renovável é um recurso natural, capaz de se regenerar num determinado espaço de tempo e de forma ambientalmente sustentável (Associação de Energias Renováveis [APREN], 2021). O movimento das marés, o vento, o sol e a água são exemplos de fontes renováveis de energia passíveis de serem utilizadas, em detrimento de combustíveis fósseis (APREN, 2021).

Num estudo da Deloitte realizado em 2019, prevê-se que, em 2030, a produção anual de eletricidade através das fontes de energia renovável seja de 66.528 GWh, sendo essa produção

de energia fundamental para a transição energética e para o cumprimento das normas em vigor (APREN, 2019).

A produção de energia elétrica será suportada em grande parte, por três fontes de energia renovável, nomeadamente a eólica, a hídrica e a solar (APREN, 2019).

As energias renováveis, como a eólica ou a solar, de acordo com o Parlamento Europeu (PE), serão fundamentais para a transição energética da Europa, ao serem utilizadas para produzir eletricidade limpa e de baixo custo, que entre outras utilizações, pode ser usada para produzir H_2 verde (PE, 2021b).

No setor automóvel, a Porsche desenvolveu o *eFuel*, uma gasolina sintética que representa um tipo de energia limpa e de baixo custo (Cole, 2021). Este é o produto de um sistema tecnológico complexo, mas, muito inovador e que pode tornar-se útil para o futuro dos Transportes (Cole, 2021). O princípio básico é retirar o H_2 gerado através da eletrólise da água e combiná-lo com o CO_2 capturado do meio ambiente, obtendo-se metanol sintetizado, que será depois convertido em gasolina (Cole, 2021).

Este processo pode ainda ser utilizado para produzir querosene sintético que, possibilita a substituição dos combustíveis fósseis atualmente utilizados nos aviões e até nos navios (Cole, 2021). O querosene é a base dos combustíveis utilizados por motores a jato na aviação civil e na aviação militar (Galp, 2021).

A Figura 2 mostra o processo de produção do *eFuel*, um combustível particularmente interessante e deveras importante para a Porsche, segundo o gestor de projeto, Jan Ohmstedt, porque, cerca de 70% de todos os carros que já produziram, ainda se encontram em funcionamento pelo mundo inteiro (Cole, 2021).

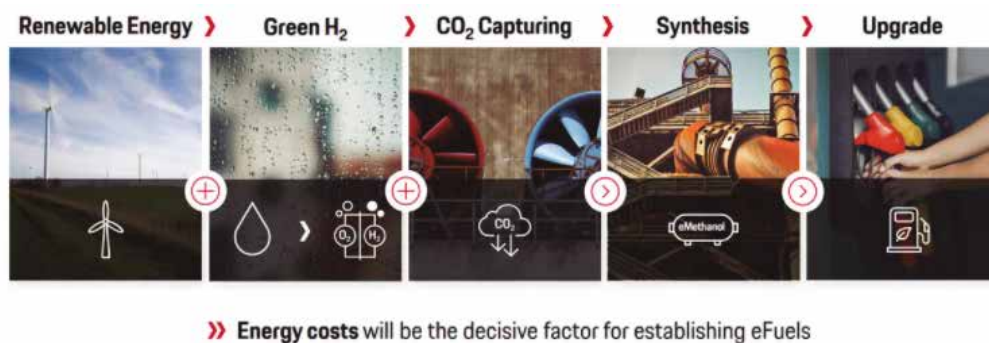


Figura 2 – Fases de produção do *eFuel* da Porsche

Fonte: Cole e Craig (2021).

Este tipo de combustível é mais limpo que os combustíveis fósseis, é passível de ser utilizado por motores de combustão interna e surge como opção viável e sustentável, sem obrigatoriedade de substituir as viaturas existentes (Cole, 2021).

O desenvolvimento de combustível sintético, é um conceito que foi abordado por Maréchal, Schnidrig e Nguyen (2021), que tem como vantagem o facto de não ser necessário,

substituir as viaturas existentes. No entanto, consideram que a necessidade de capturar o CO₂ da atmosfera, para depois o libertar novamente ao utilizar o combustível, tem uma reduzida diminuição total das emissões de GEE (Maréchal et al., 2021).

Os combustíveis sintéticos têm uma eficiência energética e um custo associado, muito dependente da energia renovável utilizada, na produção desse combustível, sendo considerados quase neutros em carbono (Maréchal et al., 2021).

Esta solução para Maréchal et al. (2021), não resolve os problemas a longo prazo nos Transportes, no entanto, pode ser uma opção ambiental e financeiramente viável, não só para o setor dos Transportes, mas principalmente para os setores naval e da aviação, a curto e a médio prazo.

O sucesso da descarbonização e da neutralidade carbónica na União Europeia (UE), para Maréchal et al. (2021), depende de uma integração ambiciosa e fundamental, das energias renováveis, para se alcançar a eficiência energética pretendida nos Transportes, por forma a diminuir as emissões de GEE deste setor, que representam na UE e em Portugal, cerca de 25% das emissões totais de GEE.

2.1.3. Gases com efeito de estufa

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC), define como GEE, os gases naturais e antropogénicos, constituintes da atmosfera, que absorvem radiação infravermelha, impedindo que o calor se perca para o Espaço, após ter sido refletido, pela superfície terrestre (ONU, 2021c).

Este efeito de estufa, que permite que a Terra mantenha uma temperatura estável, é um fenómeno natural e indispensável para que exista vida, porque sem a atmosfera e o efeito de estufa, as temperaturas médias seriam negativas (Salsa, Guimarães & Cunha, 2021).

A elevada concentração de gases nocivos, nomeadamente o CO₂, o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), entre outros, na atmosfera, tem potenciado uma retenção de calor em demasia e, consequentemente o aumento da temperatura média na Terra (Iberdrola, 2021).

O aumento da temperatura tem-se verificado como prejudicial para o meio ambiente, provocando as alterações climáticas, aquecimento global e degelo, pelo que, para contrariar estes fenómenos prejudiciais para a vida na Terra, é fundamental controlar e reduzir as emissões de GEE (Iberdrola, 2021).

O presidente-executivo da Toyota, Akio Toyoda, não considera que os motores de combustão interna, sejam o principal problema para o meio ambiente (Casimiro, 2021). O objetivo de reduzir as emissões de GEE e o objetivo da neutralidade de carbono nos Transportes, podem ser atingidos, recorrendo a várias escolhas, caminhos e opções tecnológicas (Casimiro, 2021).

A empresa Prio, na sua fábrica em Aveiro, produz biocombustíveis, recorrendo principalmente à reciclagem de óleos alimentares usados, borras de café e gorduras resultantes da indústria agropecuária (Marmé, 2019). Posteriormente estes biocombustíveis são incorporados no diesel normal até uma determinada percentagem para ser vendido ao público nos postos de abastecimento, sob a forma de biodiesel (Marmé, 2019).

O Decreto-Lei (DL) n.º 89/2008 (2008), alterado pelo Decreto-Lei n.º 142/2010, estabelece que, as misturas de biocombustíveis com derivados de petróleo, devem incorporar concentrações de biocombustíveis superiores a 10% em volume de bioetanol ou superiores a 7% em volume de FAME, desde que garantam a qualidade e características equivalentes ao diesel normal, cumprindo com o estipulado pela norma europeia (EN) para o controlo analítico da qualidade do diesel EN 590 (DL n.º 89/2008, 2008).

Em Portugal o gasóleo que se encontra à venda ao público nos postos de abastecimento, já não é 100% fóssil, porque contém incorporado misturas de 7% de biocombustível (B7), que oferece uma redução de emissões de GEE estimadas em 15% face ao diesel normal (Prio, 2021). Em alguns postos de abastecimento, também é possível encontrar, misturas contendo 15% de biocombustível (B15), potenciando uma maior redução de emissões de GEE, estimadas em 18% face ao diesel normal (Prio, 2021).

Existem outros biodiesel com misturas diferentes, apesar de não se encontrarem à venda ao público, tal como o biodiesel a 100% (B100), que permite uma redução de cerca de 84% de emissões de CO₂ comparativamente ao diesel normal, e que pode ser utilizado em algumas viaturas dependendo do modelo e após autorização do fabricante (Marmé, 2019).

Existe também o biodiesel a 30% (B30) e estima-se que possa ser utilizado por cerca de 15% das viaturas ligeiras e por 30% das viaturas pesadas a circular em território nacional, permitindo uma redução de cerca de 25% das emissões de CO₂ comparativamente ao uso de diesel normal (Prio, 2021).

Numa parceria entre a Prio e a Carris, foi realizado um estudo de caso, em que dois autocarros a diesel, sem qualquer tipo de alteração, estão a funcionar com o biocombustível B100 (Marmé, 2019). Após vários meses de testes, não houve qualquer problema mecânico a reportar, apenas um ligeiro aumento nos consumos, comparativamente aos autocarros que consomem biodiesel normal (B7) (Marmé, 2019). Este estudo de caso, demonstrou ser viável para a transição energética (Marmé, 2019).

É previsível que, no futuro, a utilização de biodiesel aumente e o desafio, passará por conseguir encontrar a matéria-prima certa, para conseguir produzir biodiesel sustentável e de qualidade, pois o uso de óleos vegetais tem concorrência com a utilização alimentar (Durão, 2020). Os óleos usados ou as gorduras residuais, não possuem as características ideais, de acordo com Durão (2020), mas são mais baratos e sustentáveis e permitem uma economia circular. No entanto, estes não existem em quantidade suficiente, para suprir as necessidades do mercado (Durão, 2020).

A BA5, visando assegurar a neutralidade carbónica das suas atividades no âmbito do seu programa ambiental (BA5, 2021a), está a equacionar uma parceria com a Prio e com o Instituto Politécnico de Leiria, para utilizar o biocombustível B100 ou o B30, em algumas viaturas e equipamentos da Unidade e posteriormente, aferir sobre a viabilidade, bem como as vantagens e desvantagens destas opções, que serão analisadas num estudo de caso (R.M. Cotovio, *op. cit.*).

2.1.4. Neutralidade carbónica

No RCM n.º 107/2019 (2019), a neutralidade carbónica, é definida como, o objetivo de redução de emissões de GEE por forma a que o balanço entre as emissões e as remoções desses gases da atmosfera, seja nulo.

O objetivo de alcançar a neutralidade carbónica em 2050, implica uma descarbonização geral, na produção de energia ou na mobilidade urbana, mudanças profundas na utilização da energia e dos recursos e uma potenciação da capacidade de sequestro de carbono pelas florestas e por outros usos do solo (RCM n.º 53/2020, 2020).

Atingir a neutralidade carbónica até 2050, significa que terá que se abandonar progressivamente o modelo económico linear, sustentado nos combustíveis fósseis, apostando numa economia apoiada nos recursos renováveis e que utiliza, os recursos de forma eficiente, prossequindo com modelos de economia circular, que valoriza o território e promove a coesão territorial (RCM n.º 53/2020, 2020).

Segundo o PE (2021a), podemos chamar de sumidouro de carbono a um sistema que, consegue absorver da atmosfera, uma quantidade de carbono superior àquela que emite. Já existem sumidouros artificiais, no entanto, os principais sumidouros de carbono, continuam a ser os naturais, mais concretamente o solo, as florestas e os oceanos (PE, 2021a).

De acordo com as estimativas, os sumidouros naturais removem entre 9,5 e 11 Giga toneladas (Gt) de emissões de CO₂ da atmosfera por ano e as emissões anuais globais de CO₂ atingiram 38 Gt em 2019 (PE, 2021a).

A Toyota e outros construtores, desejam alcançar a neutralidade carbónica recorrendo a viaturas elétricas, no entanto, nesta fase, não querem ainda terminar com os veículos de combustão interna, pretendendo recorrer a alterações ao seu funcionamento, para utilizar combustíveis mais limpos, tipo *eFuel* ou H₂ (Casimiro, 2021).

Para atingir a neutralidade carbónica, esta construtora tem investido e desenvolvido outras tecnologias, como os veículos com pilha de combustível (*fuel cell*), em que, o H₂ é armazenado na viatura e é utilizado para produzir energia elétrica a bordo, combinando esse H₂ com Oxigénio (O₂), a reação química produz energia para alimentar o motor elétrico, libertando apenas água neste processo, que será tanto mais ecológico quanto a produção do próprio H₂ (Toyota, 2021).

Seja qual for o estudo de caso e a opção a ser considerada, para Maréchal et al. (2021) o melhor custo-benefício para descarbonizar os Transportes, implica uma eletrificação maciça:

- Optando por veículos elétricos com pouca autonomia, para deslocações curtas;
- Optando por veículos elétricos com muita autonomia ou viaturas com *fuel cell* a H₂ para deslocações longas.

A evolução destas tecnologias, o potencial de produção de energias renováveis e o custo final para o utilizador, serão fundamentais para definir qual será a melhor opção (Maréchal et al., 2021).

Este entendimento é também partilhado por Gil (2019), considerando que uma viatura pesada elétrica é exequível para pequenos percursos, sendo que, para médio e longo curso,

esta tecnologia, pelo menos atualmente, ainda não é viável, pelo peso extra das baterias, pela baixa autonomia e pela obrigatoriedade de carregamentos demorados várias vezes ao dia.

No caso das viaturas pesadas a *fuel cell*, assim que a produção de H_2 através da utilização de energias renováveis esteja otimizada e, assim que existam infraestruturas de abastecimento em número suficiente, será uma opção importante para a persecução da neutralidade carbónica (Gil, 2019)

Na Suíça, a Hyundai tem 46 camiões a *fuel cell* que, em cerca de 11 meses, já percorreram mais de 1.000.000 km, com uma redução estimada de emissões de GEE de aproximadamente 631 t de CO_2 equivalente (eq) (GreenFuture, 2021). Esta experiência, irá incentivar o mercado e outras marcas concorrentes a explorar esta tecnologia, porque os clientes que utilizam estas viaturas deram um *feedback* positivo e até 2025, esta frota vai aumentar para 1.600 viaturas a *fuel cell*, sendo um excelente contributo para a neutralidade carbónica (GreenFuture, 2021).

2.2. Modelo de análise

No Quadro 1 apresenta-se o modelo de análise da investigação.

Quadro 1 – Modelo de análise

Questão Central	Quais as medidas e como se podem materializar, de forma complementar, para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA em 2050?		
Objetivos Específicos	Conceitos	Dimensões	Técnicas de recolha de dados
OE1 Identificar o estado energético atual nos Transportes da FA.	Eficiência Energética	Financeira	Análise documental e entrevistas semiestruturadas
	GEE		
OE2 Identificar quais as medidas e qual o contributo de cada para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA.	Energia Renovável	Organização	Análise documental e entrevistas semiestruturadas
	Neutralidade Carbónica	Política	

3. Metodologia e método

Apresentam-se, neste parágrafo, a metodologia e o método que orientaram a presente investigação.

3.1. Metodologia

Este estudo pauta-se por um raciocínio dedutivo, assente numa estratégia de investigação mista (qualitativa e quantitativa) e num desenho de pesquisa do tipo do estudo de caso, seguindo as orientações metodológicas propostas por Santos e Lima (2019).

3.2. Método

3.2.1. Participantes e procedimentos

Participantes. A investigação desenvolveu-se recorrendo a um grupo de nove participantes, peritos em Transportes. A Gestora de Viaturas da FA, os Comandantes (Cmdt) de Esquadras de Manutenção de Base (EMB) ou Esquadrilhas de Manutenção equiparadas (EM) e os Comandantes de Esquadrilhas de Transportes (ET), conforme descrito no Quadro 2. Todos são Oficiais Técnicos de Manutenção de Material Terrestre.

Quadro 2 - Identificação da Unidade e Função dos entrevistados

Unidade	Função
Direção de Abastecimento e Transportes	Gestora de Viaturas
Unidade Apoio Lisboa	Cmdt da EMB
Base Aérea n.º 5	Cmdt da EMB
Depósito Geral de Material da FA	Cmdt da EM
Base Aérea n.º 1	Cmdt da ET
Base Aérea n.º 6	Cmdt da ET
Direção de Infraestruturas	Cmdt da EM de Viaturas e Equipamentos de Aeródromo
Base Aérea n.º 11	Cmdt da ET
Centro de Formação Militar e Técnica da FA	Cmdt da ET

Procedimento. Os entrevistados foram contactados pessoalmente, de forma informal, por telefone, com o objetivo de confirmarem a disponibilidade para a participação nas entrevistas e a assegurar as devidas garantias de anonimato e de confidencialidade, de que todos abdicaram. Após a boa receção e confirmação de disponibilidade por parte dos participantes, foram enviadas, por *email*, as entrevistas semiestruturadas adaptadas à realidade de cada elemento.

3.2.2. Instrumentos de recolha de dados

Foram redigidos dois guiões de entrevistas semiestruturadas. Um destinado à perita da DAT, Gestora de Viaturas da FA, outro destinado aos oito peritos das Unidades da FA.

Os dados obtidos destas entrevistas foram importantes para perceber o conhecimento dos responsáveis dos Transportes das várias Unidades da FA nesta matéria ambiental. E também para perceber o que, ao longo dos últimos anos se tem feito localmente para reduzir custos e a pegada ambiental nesta área dos Transportes, nomeadamente ao reduzir as distâncias percorridas e os consumos de combustível das viaturas e equipamentos da FA.

Foi feita uma revisão da literatura e recolha de informação relevante. A investigação necessitou, também, da recolha de vários dados estatísticos e características técnicas das viaturas. Recorreu-se ao Anuário da FA, também conhecido como Relatório Anual de Atividades e aos Sistemas de Informação (SI) da FA, mais concretamente, o Sistema Integrado de Gestão e o Sistema Integrado de Gestão Automóvel.

Para consolidação de mais conhecimento foi também consultada a bibliografia apresentada, a qual teve por base alguns artigos científicos da área, notícias sobre o tema e ainda a legislação internacional, nacional e específica que enquadram bem toda a temática deste estudo.

3.2.3. Técnica de tratamento de dados

Consistiu numa estratégia de avaliação mista. Neste âmbito, utilizou-se como técnica principal, a análise estatística dos dados quantitativos, e de forma complementar, a análise de conteúdo (Santos & Lima, 2019).

4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados

Neste parágrafo é analisada a informação recolhida e face aos OE1 e OE2 tendo em vista responder à QC.

Para esta análise foram considerados os dados recolhidos das entrevistas efetuadas, os dados retirados das bases de dados sobre as viaturas da FA, os seus consumos e as distâncias efetuadas. Como não existem dados referentes ao ano de 2005⁵ nos atuais SI, porque na altura ainda não se encontravam em funcionamento, foram considerados, os dados compilados e divulgados no Relatório Anual de Atividades da FA – Anuário do ano 2005 (FA, 2005).

Existem 945 viaturas e equipamentos de várias marcas e modelos na FA. Independentemente dessa marca ou modelo, as viaturas na FA estão divididas pela função para a qual foram adquiridas, constituindo-se em diferentes tipos de frotas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Tipo de Frotas da FA

Tipo	Frota
Motorizadas	Motorizadas e Velocípedes Ligeiros (MVL)
Ligeiros	Automóveis (AUT), Carrinhas de 2/5 lugares (TP5), Carrinhas de 8/9 lugares (TP9), Jeeps (JEE), Pick-Ups (PIK)
Pesados	Camionetas (CAP), Furgões (FUR), Miniautocarros (MAC), Autocarros (ACR), Camiões Pesados (CAG), Camiões Basculantes (CBS), Camião Trator Semirreboque (CSR)
Especiais	Ambulâncias (AMB), Auto Vassouras (AVA), Autotanques de Água (ATA), Autotanques de Combustível (ATC), Equipamentos de Engenharia Militar (EEM), Equipamentos de Movimentação de Carga (EMC), Auto Gruas (GRU), Tratores Agrícolas (TAA), Pesado Militar (PML), Viatura Blindada de Rodas (VBR), Viaturas de Combate a Incêndios (VCI)
Específico	Lote Específico (LES)

Fonte: Construído a partir de dados disponibilizados pela DAT (2021).

⁵ Considerado como ano de referência por ter sido o ano em que se registou o pico de emissões de GEE em Portugal.

4.1. Identificar o estado energético atual nos Transportes da FA (OE1)

Para determinar o estado energético atual nos Transportes da FA, foi feita a análise do parque de viaturas e equipamentos da FA. Designadamente o total de quilómetros percorridos desde 2005 até ao ano de 2021 e o consumo de combustível (diesel) das viaturas, por tipologia de frota.

4.1.1. Distâncias percorridas por tipologia de frota

As distâncias percorridas ao longo do ano 2021 pelas várias tipologias de viaturas e equipamentos da FA, estão resumidas na Figura 3.

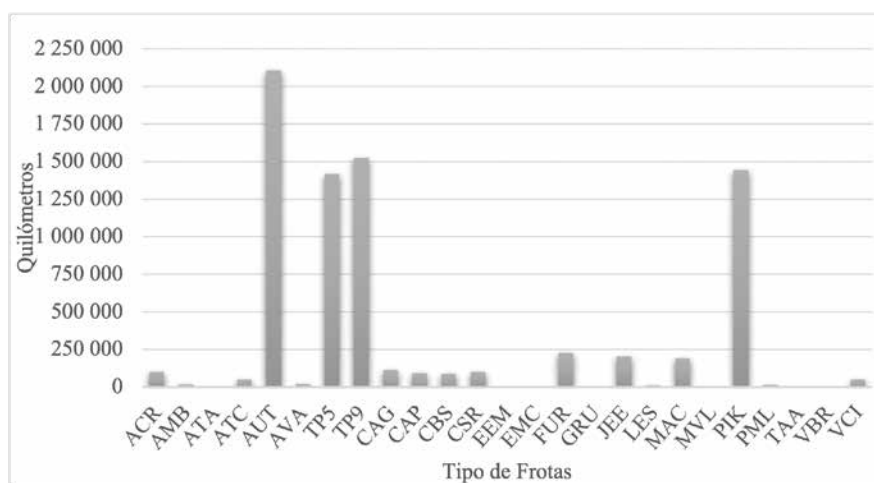


Figura 3 – Distância percorrida por frotas da FA em 2021

Fonte: Construído a partir de dados da DAT (2021).

Em 2021 a distância percorrida aumentou 11% face a 2020.

As viaturas da FA no ano 2021, percorreram uma distância total de 7.778.299 km.

4.1.2. Consumos de combustível por tipologia de frota

Os consumos de diesel das várias viaturas e equipamentos da FA em 2021, nas respetivas tipologias, são os constantes na Figura 4.

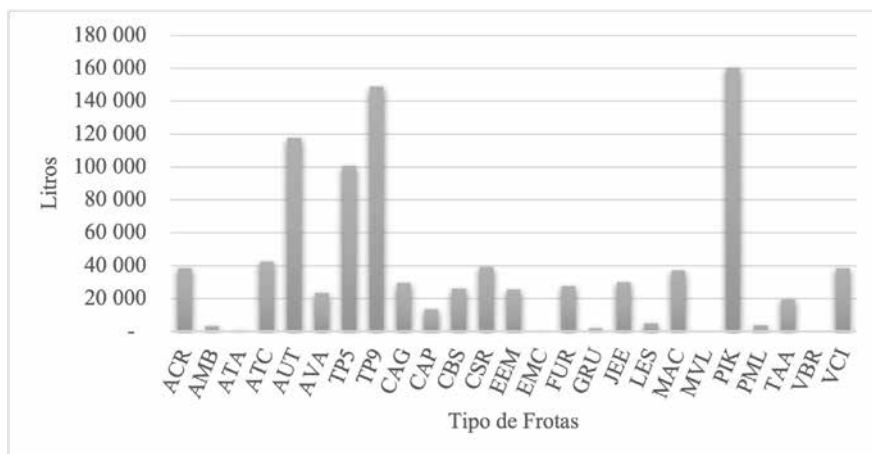


Figura 4 – Consumo de combustível por frota das viaturas da FA em 2021

Fonte: Construído a partir de dados da DAT (2021).

O consumo de combustível em 2021 aumentou 14% em relação a 2020.

O combustível consumido pelas viaturas e equipamentos da FA no ano 2021, foi de 932.807 l.

4.1.3. Comparação com o ano de 2005

Os dados apurados no ano de 2021, são importantes para aferir o estado energético atual e para quantificar as emissões de GEE. De acordo com o RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019), é necessário apurar os valores atuais e realizar previsões dos valores futuros, comparando com os dados de emissões de GEE referentes ao ano de 2005.

Os SI atuais permitem verificar dados pormenorizados de cada viatura, por outro lado, os SI utilizados em 2005 eram diferentes, como tal, não é possível verificar os dados da mesma forma, tendo por isso, que se recorrer ao Anuário da FA referente ao ano 2005 (FA, 2005), para colmatar essa lacuna. Foi verificada a distância percorrida pelas viaturas da FA bem como quais as viaturas existentes, e sua distribuição por frotas. O consumo de combustível foi estimado, de acordo com as médias de consumo dessas viaturas.

Ao comparar os dados de 2021 com os de 2005, verificou-se uma redução de 6.166.171 km percorridos o que equivale a menos 44% de distância percorrida, tendo o consumo de combustível, diminuído 527.281 l, o que equivale a menos 36% de consumo de combustível.

Após obter a distância percorrida e os consumos de combustível, as emissões de GEE do ano 2021 e do ano 2005, podem ser calculadas recorrendo às fórmulas tipificadas na Portaria n.º 228/90 (1990) e no Despacho n.º 17313/2008 (2008).

As emissões de GEE referentes ao ano 2021 foram cerca de 2.134 t de CO₂eq e as referentes ao ano 2005, foram cerca de 3.919 t de CO₂eq.

Relacionando os valores obtidos, verificou-se uma redução de 46% nas emissões de GEE entre 2005 e 2021.

4.1.4. Síntese conclusiva relativa ao OE1

Para identificar o estado energético atual nos Transportes da FA (OE1), considerando que todas as viaturas da FA são movidas a combustíveis fósseis, verificou-se que no ano de 2021 as emissões de GEE para a atmosfera, foram de 2.134 t de CO₂eq. Os níveis de redução dos últimos anos, poderão ser usados como exemplo do que deverá ser feito, para que, constantemente a pegada ecológica diminua e a eficiência energética melhore conseguindo cumprir, cabalmente, com as missões atribuídas.

As emissões de GEE em 2021, apresentaram uma redução de 46% face a 2005.

4.2. Identificar quais as medidas e qual o contributo de cada para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA (OE2)

Para que se consiga atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA poderão ser implementadas várias medidas, em separado ou preferencialmente, conjugadas entre si, dando corpo ao que se está já a fazer na FA.

No sentido de complementar a utilização das medidas foram colocadas duas premissas base: i) diversificar e complementar as ações considerando o número de medidas mais abrangente possível; ii) privilegiar o menor custo da solução a selecionar.

As medidas identificadas foram: a utilização de biocombustíveis e combustíveis sintéticos, a coordenação e partilha de Transportes e a substituição de viaturas por outras elétricas, híbridas e a *fuel cell* de H₂.

Os parágrafos seguintes descrevem as medidas identificadas, analisando a sua praticabilidade tendo em vista atingir a neutralidade de carbono no setor dos Transportes, cumprindo com os vários normativos em vigor, mas mais concretamente o vertido no RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019).

4.2.1. Utilização de biocombustíveis e combustíveis sintéticos

As viaturas da Citroen cujo motor funciona a injeção direta a alta pressão (*HDI*), podem utilizar o B30 (Citroen, 2021). A FA tem dez viaturas Citroen Berlingo e três Citroen Jumper equipadas com o motor *HDI*, que podem utilizar este tipo de combustível.

As outras viaturas ligeiras nas quais seria possível utilizar o B30, estimam-se em cerca de 143 viaturas de várias frotas, que representam cerca de 29% da frota de viaturas ligeiras.

As viaturas e equipamentos pesados da FA, compatíveis com o B30, estão estimadas em cerca de 130, o que equivale a cerca de 40% do total dessas viaturas e equipamentos.

Utilizar combustíveis sintéticos (considerados quase neutros), tal como o *eFuel*, significa que o CO₂ retirado da atmosfera para produzir esse combustível, será devolvido para a atmosfera, após a combustão no motor das viaturas (Cole, 2021). Esta opção é ambientalmente sustentável, no entanto ainda não existem dados suficientes para aferir o total de redução das emissões de GEE no ciclo de vida do combustível. Por esse motivo e porque nesta fase inicial de desenvolvimento da tecnologia, o *eFuel* é apenas substituto de gasolina e não do diesel, não foi considerado como uma opção para os Transportes da FA.

4.2.2. Coordenação e partilha de Transportes

Na FA a coordenação de movimentos, e partilha de Transportes é uma realidade porque o SI utilizado, permite verificar todos os movimentos previstos para um determinado dia e local, possibilitando assim que os gestores locais das Esquadrilhas de Transportes possam coordenar e conciliar meios para reduzir quilómetros efetuados e as viaturas alocadas para o cumprimento da missão (R.M. Cotovio, *op. cit.*).

Para os exercícios e missões, essas coordenações normalmente são previstas durante a fase de planeamento e geridas nas operações de projeção, missão e retração, quer pela DAT, quer pelo Comando Aéreo, dependendo de quem tenha a responsabilidade pela realização e coordenação desse exercício ou dessa missão (B.R. Prazeres, entrevista por *e-mail*, 12 de novembro de 2021).

As distâncias percorridas pelas viaturas só no interior de Unidades como a BA5 e a Base Aérea n.º 11 (BA11), representam cerca de 40% do total (N.R. Sá & R.M. Cotovio, entrevista por *e-mail*, 12 de novembro de 2021), o que deixa antever que nestas situações, caso se aplique as indicações de Gargiulo et al. (2017), tratando as Unidades da FA como se fossem cidades, será possível obter reduções significativas nas distâncias totais percorridas.

Caso a utilização das novas tecnologias se intensifique em determinadas áreas, onde não seja estritamente necessária a presença física das pessoas, a diminuição nas deslocações em viaturas militares da FA para reuniões, consultas e/ou aulas será certamente potenciada (F.M. Morais, entrevista por *e-mail*, 12 de novembro de 2021).

Tendo em consideração o defendido para as cidades inteligentes por Gargiulo et al. (2017) e o defendido para uma mobilidade sustentável por Mohammadian e Rezaie (2020), reduzir as distâncias percorridas pelas viaturas das diversas Unidades da FA e o consumo de combustível associado é possível. A Diretiva n.º 6 do CEMFA (2021), define a necessidade de redução em 5% dos vários indicadores associados ao consumo de combustível terrestre e à distância percorrida pelas viaturas da FA, face à média do último triénio.

Conjugando esses três contributos, com a coordenação de movimentos, a partilha de viaturas e a redução geral de necessidades de movimentos, projeta-se que, seja possível atingir reduções de consumo e de distâncias percorridas até 2050 face a 2021, contribuindo para a redução das emissões de GEE.

4.2.3. Substituição de Viaturas

Atualmente os diferentes tipos de viaturas consideradas ecológicas e sustentáveis, para além das que utilizam biocombustíveis ou combustíveis sintéticos, são as elétricas, híbridas ou viaturas com *fuel cell* de H₂ (Serrano, Carvalho, Pires, Pereira & Silva, 2019).

As viaturas da FA têm uma idade média de 21 anos e a distância média percorrida de 203.400 km, para atingir as metas ambientais terá que se recorrer, inevitavelmente, à substituição faseada de viaturas até 2050 (B.R. Prazeres, *op. cit.*), o que implica um investimento inicial alto, algo que possibilitará alcançar uma redução significativa com os custos de manutenção e de combustível, bem como uma redução significativa nas emissões de GEE (Correia, 2020).

Se a substituição faseada destas viaturas tiver início perto do ano 2030, ficando concluída antes de 2050, o intervalo de tempo será de aproximadamente 20 anos. O que permite considerar que, devido ao menor desgaste mecânico e pela diminuição de distâncias a percorrer, as viaturas a serem adquiridas inicialmente, ainda permanecerão ao serviço em 2050, não sendo por isso, necessário que nesta projeção, se considere o abate e substituição das viaturas novas que se prevê adquirir com 0% de emissões de GEE.

Tendo em consideração a premissa de privilegiar o menor custo foram analisadas duas possibilidades: i) substituir os veículos pesados e parte das viaturas mais utilizadas (PIK, TP9, AUT e TP5); ii) substituir as viaturas mais utilizadas. Tendo em atenção o custo mais baixo foi tomada a opção de substituição da totalidade das viaturas mais utilizadas, num total de 469 viaturas.

4.2.3.1. Viaturas elétricas

As viaturas elétricas têm como vantagem os baixos custos de manutenção e de funcionamento, a redução total das emissões de GEE no seu funcionamento e que, será tanto menor em todo o seu ciclo, quanto maior a quantidade de energia renovável utilizada para produzir a energia elétrica necessária para carregar as baterias (Serrano et al., 2019).

Tem como desvantagem, o tempo necessário para carregar as baterias, a baixa autonomia associada, a necessidade de pontos de carregamento, o curto período de vida útil das baterias e o custo de aquisição elevado (Serrano et al., 2019).

No caso da instalação de parques com painéis fotovoltaicos para autoconsumo nas Unidades, à semelhança do que aconteceu na BA5, os custos associados à energia elétrica necessária para o carregamento das baterias e as emissões de GEE associadas à produção de energia, são reduzidos pelo que, esta tornar-se-ia uma opção sustentável, mais económica e ecológica, para todo o ciclo de funcionamento das viaturas (BA5, 2021b).

4.2.3.2. Viaturas Híbridas

As viaturas híbridas são viaturas com motor de combustão interna que consomem combustíveis fósseis e que, por terem também um motor elétrico acoplado, possibilitam a realização de alguns quilómetros em modo elétrico, reduzindo o consumo de combustível. Estas podem possibilitar carregamentos elétricos externos, como é o caso das viaturas tipo *plug-in*, que por isso, permitem a realização de mais quilómetros em modo elétrico e são mais ecológicas e económicas do que uma viatura híbrida normal (Serrano et al., 2019).

Têm como maior vantagem a sua autonomia, porque, a qualquer momento, podem recorrer à utilização do motor de combustão interna, mas como desvantagens, têm o facto de necessitar de manutenções regulares, como qualquer outra viatura de combustão interna, e o seu custo de aquisição ser elevado (Serrano et al., 2019).

Apesar da redução nos consumos de combustível, a mesma não é suficiente para alcançar as metas tipificadas no RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019), não sendo por isso, considerada uma opção viável para a FA (J.L. Braga, entrevista por *e-mail*, 12 de novembro de 2021).

4.2.3.3. Viaturas a *fuel cell* de H_2

As viaturas a *fuel cell* de H_2 , já existem no mercado, quer como opção para viaturas ligeiras quer para pesadas, no entanto, é uma opção que ainda tem um custo elevado e só daqui a alguns anos será totalmente viável pois neste momento, são poucas as opções existentes o que se traduz numa viatura mais cara, além de que ainda não existem infraestruturas para possibilitar o abastecimento destas viaturas (Serrano et al., 2019).

Este tipo de viaturas, não é uma opção viável para a FA, uma vez que a sua aquisição não é possível por as viaturas a *fuel cell* de H_2 , não constarem no documento que, indica os tipos de viaturas que podem ser adquiridas para o Parque de Viaturas do Estado (Despacho n.º 2293-A/2019, 2019).

Assim que essas limitações sejam ultrapassadas, para Gil (2019) adquirir viaturas pesadas e viaturas ligeiras a *fuel cell* é uma opção viável, porque proporcionam a flexibilidade, autonomia, alcance e rapidez de abastecimento, possibilitando de forma prática e sem inconvenientes cumprir as missões da FA e cumprir com as normas tipificadas para atingir a neutralidade carbónica até 2050.

Ao instalar nas Unidades da FA, postos de abastecimento e produção de H_2 tipo *Drhyve*, que permitam produzir o H_2 necessário para abastecer as viaturas recorrendo a fontes de energia renovável, possibilita-se que todo o ciclo de funcionamento, com recurso a esta tecnologia, seja prático, autossuficiente e principalmente mais económico e ecológico do que recorrendo aos combustíveis fósseis e conseguindo satisfazer as necessidades de uma mobilidade flexível e sem limitações nas distâncias a percorrer (Tomé, 2021).

4.2.4. Síntese conclusiva relativa ao OE2

Depois de identificadas medidas para atingir a neutralidade de carbono e de identificar quais as que podem ser implementadas na FA, conclui-se que, em relação a “quais as medidas e qual o contributo de cada para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA” (OE2), estas passam pela redução de distâncias percorridas e do consumo de combustível, a utilização de biocombustíveis nas viaturas que o permitam, o incentivo à partilha de meios e, gradualmente, a substituição de viaturas por outras mais ecológicas com 0% de emissões de GEE. Concluiu-se, ainda, que a implementação deve ser coordenada e implementada de forma coerente e faseada.

4.3. Quais as medidas e como se podem materializar, de forma complementar, para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA em 2050 (QC)

Recorrendo às medidas elencadas anteriormente, para quantificar as projeções anuais de emissões de GEE e comparando as mesmas, com as emissões de GEE no ano 2005, é possível aferir sobre quais os contributos daí resultantes e que irão permitir atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA.

Foram considerados três possíveis contributos para atingir a neutralidade carbónica nos Transportes da FA: i) reduzir o consumo de combustível e a respetiva distância percorrida pelas viaturas; ii) utilizar biodiesel; iii) substituir faseadamente as viaturas em utilização em 2021, por viaturas ecológicas no decorrer dos próximos anos.

4.3.1. Redução do consumo de combustível através da redução da distância percorrida

Neste ponto foram considerados quatro horizontes temporais, aos quais correspondem quatro níveis de ambição apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Níveis de Ambição

Até (ano)	% Redução (Distância percorrida) (km) face a 2005	% Redução (Emissões) (CO ₂ eq) face a 2005	Redução (Emissões) (toneladas CO ₂ eq) face a 2005
2030	10%	51%	1.999
2035	15%	54%	2.106
2040	20%	56%	2.212
2050	25%	59%	2.319

Esta projeção, baseia-se na premissa de que, tal como explanado em 4.2.2. é possível continuar a reduzir as distâncias percorridas e o consumo de combustível.

4.3.2. A utilização de biodiesel⁶ B30 e B15

A utilização de biodiesel B30 nas viaturas da FA afigura-se como uma solução de relevante interesse nos próximos anos e até 2040. A partir de 2040, com a expectável renovação das diversas frotas da FA, a sua utilização deixará de ser extensível a um tão grande número de viaturas.

Em Portugal é utilizado o biodiesel B7, o que no caso da FA, proporcionou em 2021, cerca de 10% de redução das emissões de GEE face a 2005, o equivalente a uma redução de emissões de sensivelmente 374 t de CO₂eq.

Assim, estimou-se que, até ao ano de 2040, a FA passará a utilizar o biodiesel B30 em detrimento do B7, em 286 viaturas ligeiras e pesadas, a partir de 2040 e até 2050, estimou-se a sua utilização em apenas 191 viaturas.

Foi assumida a utilização de biodiesel B15 em detrimento do B7, nas restantes 659 viaturas ligeiras e pesadas da FA, que não permitem misturas superiores. A partir de 2040 e até 2050, este número estimou-se ser de apenas 285 viaturas.

Nestes pressupostos e até 2040, se a FA começar a utilizar o biocombustível B30 e B15 nas suas 945 viaturas e equipamentos, a redução de emissões de CO₂eq será de 13% face a 2005.

Entre 2041 e 2050, com a utilização de biocombustível B30 e B15 em apenas 476 viaturas, a redução de emissões de CO₂eq será de 11% face a 2005.

⁶ De acordo com o estipulado no artigo 10.º do DL n.º 8/2021 de 20 de janeiro e com as regras da contratação pública, a FA pode adquirir biocombustíveis B15, B30 ou B100 a qualquer produtor de biocombustíveis (como é o caso da Prio), para utilização em frotas de transporte de passageiros ou mercadorias. Como identificado no ponto 4.2.1 o B30 pode ser utilizado em cerca de 286 viaturas e equipamentos da FA e o B15 pode ser utilizado pelas restantes sem qualquer inconveniente.

4.3.3. Substituição faseada de 469 viaturas⁷

Assumiu-se que a FA irá proceder à substituição faseada de 469 viaturas de quatro frotas diferentes, nomeadamente os AUT, PIK, TP5 e TP9, por serem as mais representativas no que concerne ao consumo de combustível e a distâncias percorridas, conforme as Figuras 3 e 4.

Considerando a idade e quilometragem média atual das viaturas da FA (21 anos e 201.000 km), assumiu-se que, se as aquisições de viaturas se iniciarem apenas em 2030, estas 469 viaturas irão permanecer ao serviço, pelo menos até ao ano 2050, não sendo necessário realizar a substituição das viaturas com 0% emissões de GEE, que venham a ser adquiridas nesse intervalo de tempo.

Correia (2020) refere que, para serem abatidas, as viaturas têm de cumprir dois requisitos, ter mais de dez anos e mais de 150.000 km ou, terem mais de 20 anos, mesmo que, tenham percorrido menos de 150.000 km.

De acordo com esses requisitos, a FA (frota com 21 anos e 201.000 km de média), poderia já em 2022, abater 415 viaturas ligeiras. Por esse motivo, a inclusão de uma proposta de substituição faseada de determinadas viaturas, não deve ser vista apenas como um investimento avultado para o cumprimento dos normativos ambientais, tem também que, ser encarada como uma renovação normal e necessária das viaturas da FA para o bom cumprimento da missão.

O que é sugerido nesta investigação é que, ao realizar a substituição das viaturas da FA, não se adquiram viaturas com motor de combustão interna, mas sim, viaturas com 0% de emissões de GEE durante o seu funcionamento, para atingir as metas ambientais do RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019).

Para Correia (2020), as viaturas elétricas face às viaturas a diesel são mais caras no momento da aquisição, no entanto, os seus custos operacionais são muito mais baixos e em média, ao fim de oito anos, é atingido o ponto de retorno do investimento, essencialmente através da diminuição dos custos em manutenções e dos custos de combustível, muito superiores aos custos da energia elétrica, para a realização das mesmas distâncias.

Se a esse facto se aliar a produção de energia elétrica com recurso a painéis fotovoltaicos instalados nas Unidades da FA, cumprindo com o previsto na Diretiva n.º 6 do CEMFA (2021), o custo operacional das viaturas elétricas pode diminuir e o ponto de retorno do investimento das viaturas elétricas face às viaturas diesel, pode ser alcançado antes.

Para a aquisição de viaturas foi formulada a hipótese para a substituição de viaturas apresentada na Tabela 3.

⁶ A substituição de viaturas na FA, tem de obedecer ao estipulado no artigo 3.º do Despacho n.º 2293-A/2019. Os pressupostos apresentados nesta investigação, estão ao abrigo do referido Despacho.

Tabela 3 – Substituição de Viaturas

Até (ano)	N.º de Viaturas substituídas	% Redução (Emissões) (CO ₂ eq) face a 2005
2030	100	50%
2035	175	54%
2040	275	60%
2045	370	67%
2050	469	73%

A aquisição de viaturas elétricas, terá um custo estimado de dezasseis milhões de euros. Caso sejam adquiridas viaturas a diesel, o valor estimado é de treze milhões de euros. Verifica-se que, o ponto de retorno é atingido ao fazer uma projeção a seis anos, sendo por isso, uma solução viável ambiental e economicamente para a FA.

4.3.4. Síntese conclusiva e resposta à QC

Pelo exposto, e em resposta à QC “Quais os contributos para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA?”, verificou-se que, ao implementar apenas uma das medidas de forma isolada, o esforço despendido para atingir o objetivo de pelo menos 85% de redução de GEE seria imensurável. Neste âmbito, e da análise combinada dos dados e dos resultados discutidos nos OE1 e OE2, conclui-se que a solução encontrada passa essencialmente pela conjugação das medidas (solução integrada) apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Conjugação de Medidas (Solução integrada)

Medida	Descrição
Redução da distância percorrida e do consumo de combustível	10% (até 2030), 15% (até 2035), 20% (até 2040) e 25% (em 2045)
	Digitalização com a diminuição da necessidade de transportes
	Sensibilização e procedimentos de condução
Utilização de biodiesel B30 e biodiesel B15 nas 945 viaturas e equipamentos	Até 2040, reduzindo a sua utilização para 476 viaturas e equipamentos a partir de 2040
Substituição de viaturas	Faseada de 469 viaturas, até 2050, com um investimento estimado de 16 milhões de Euros

A Figura 5 apresenta a projeção das emissões de GEE até ao ano 2050, de acordo com a solução integrada, anteriormente identificada.

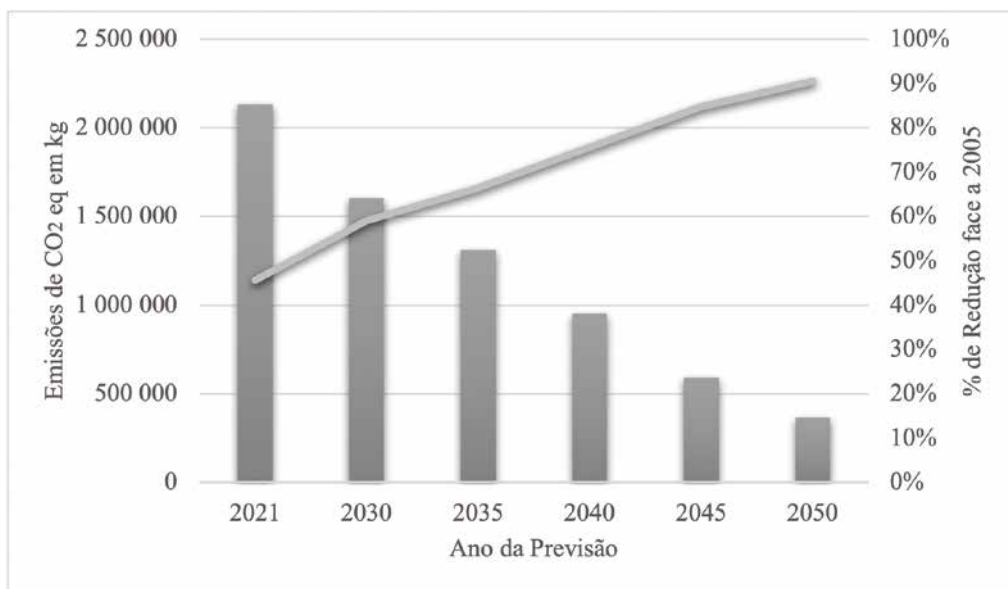


Figura 5 - Projeção para atingir a Neutralidade de Carbono nos Transportes da FA

Em 2045 são atingidas as metas tipificadas no RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019), ao atingir uma redução de **85%** nas emissões de GEE face a 2005. Esta previsão indica que, até 2050, é possível atingir uma redução de **91%** nas emissões de GEE face a 2005.

A Lei de Bases do Clima (Lei n.º 98/2021, 2021) definiu metas mais ambiciosas que o previsto no RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019), com a necessidade de, atingir a neutralidade de carbono já em 2045 e alcançar uma redução das emissões de GEE de 90% até 2050. A projeção prevista por este estudo, cumpre igualmente com o estipulado nesta Lei.

5. Conclusões

Neste trabalho procurou-se identificar e avaliar os **contributos para a neutralidade de carbono na FA**, com o objetivo de que no setor dos Transportes da FA, se cumpram os compromissos ambientais assumidos por Portugal.

O constante aumento da temperatura média da Terra, tem-se verificado como prejudicial para o meio ambiente provocando constantes alterações climáticas. No intuito de diminuir estes fenómenos prejudiciais à vida na Terra, é fulcral a diminuição das emissões de GEE.

Existem vários documentos legislativos internacionais e nacionais, que visam o cumprimento das metas ambientais, nomeadamente a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2021b), o Acordo de Paris (ONU, 2015), o RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019) e o PNEC2030 (RCM n.º 53/2020, 2020).

Uma das ambições de Portugal é conseguir reduzir entre 85% e 90%, as emissões de GEE até 2050 face ao ano de 2005, em diversos setores de atividade, sendo o setor dos Transportes um dos referenciados, conforme o RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019).

Este estudo foi delimitado aos Transportes da FA, foram analisados o Estado da Arte, os dados retirados dos SI e a legislação internacional e nacional enquadrante em vigor. O que, possibilitou uma perspectiva atual e permitiu projetar o futuro, até ao ano de 2050. Tendo como referência comparativa, o ano de 2005, foi possível calcular a percentagem de redução das emissões dos GEE.

Os objetivos e as questões de investigação estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Objetivos e Questões de investigação

Questão Central	Objetivo Específico
QC: Quais as medidas e como se podem materializar, de forma complementar, para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA em 2050	OE1: Identificar o estado energético atual nos Transportes da FA
	OE2: Identificar quais as medidas e qual o contributo de cada para atingir a neutralidade de carbono nos Transportes da FA

A análise e a resposta aos objetivos e às questões de investigação encontram-se representados na Tabela 6.

Tabela 6 – Análise e Resposta aos Objetivos e Questões de investigação

Objetivo Questão	Análise	Conclusão
OE1	Foram analisados os dados de 2021 e de 2005, referentes a viaturas e equipamentos da FA, determinaram-se as distâncias percorridas e os consumos de combustível terrestre de forma a calcular o total das emissões de GEE de todas as frotas da FA.	Após calcular as emissões de GEE em 2021 (estimadas em 2.134 t de CO ₂ eq) e em 2005 (estimadas em 3.919 t de CO ₂ eq) identificou-se uma redução de 46%, em 2021 face a 2005.
OE2	Foram identificadas várias medidas passíveis de ser implementadas no setor dos Transportes, para cumprir com as metas ambientais nacionais e internacionais estipuladas, designadamente: – coordenação de movimentos internos e externos, e incremento da digitalização e das novas tecnologias, reduzindo as necessidades de deslocações em viaturas militares, reduzindo o consumo de combustíveis; – utilização de biocombustíveis B15 e B30; – alteração da forma como se encara a mobilidade e a sustentabilidade através da sensibilização e da criação de procedimentos para uma condução sustentável.	Existem várias medidas identificadas que, conjugadas de forma coerente e faseada, assegurarão a neutralidade de carbono nos Transportes da FA antes de 2050. As medidas são: – a redução do consumo de combustível e da distância percorrida; – a utilização de biodiesel com maior percentagem (B15 e B30); – a substituição de viaturas por viaturas com 0% emissões de GEE, sendo necessários, até 2050, um investimento estimado em 16 milhões de Euros.

[Cont.]

QC	Medidas para reduzir GEE face a 2005:	
	1. Uso de biodiesel – A utilização do biodiesel B7, reduziu em 10% as emissões de GEE em 2021; – Até 2040, ao utilizar o biodiesel B30 e B15 a redução de emissões de CO₂eq será de 13%.	Através de uma solução integrada: 1. Utilização de biocombustíveis B15 e B30; 2. Redução da distância percorrida e do combustível consumido através da digitalização e da coordenação de movimentos; 3. Substituição faseada de 469 viaturas até 2050 (com um custo estimado de dezasseis milhões de euros).
	2. Redução do consumo de combustível e da distância percorrida – Reduzir 10%, diminui GEE em 51%; – Reduzir 25%, diminui GEE em 59%.	Os valores de redução das emissões de GEE face ao ano de 2005, serão de 85% em 2045. Em 2050 o valor alcançado será de 91%, atingindo assim a neutralidade carbónica e cumprindo com as metas tipificadas no RNC2050 (RCM n.º 107/2019, 2019).
	3. Substituição faseada de 469 viaturas ligeiras de quatro frotas diferentes por viaturas com 0% de GEE – Até 2030, 100 viaturas, diminui GEE em 50%; – Até 2050, 469 viaturas, diminui GEE em 73%.	

Considera-se que este trabalho produziu **contributos para o conhecimento** materializados nos valores dos quantitativos das emissões de GEE, das distâncias percorridas e do consumo de combustível das suas 945 viaturas e equipamentos, bem como a identificação das medidas que atualmente já se encontram em implementação nas diversas Unidades da FA, para reduzir as distâncias percorridas e os consumos de combustível nos Transportes e quais devem ser implementadas futuramente e quais os efeitos resultantes, para a concretização da projeção realizada para se atingir a neutralidade de carbono no setor dos Transportes até 2045.

Este estudo apresenta como **limitação**, embora não tenha sido condicionante para a condução da investigação, o facto do Despacho n.º 2293-A/2019 (2019) estar desatualizado porque apresenta valores para aquisição de algumas viaturas elétricas, mas não abrange, qualquer viatura a *fuel cell* de H₂ e, no caso de viaturas Pick-Up e TP9, prevê apenas opções a diesel.

A eliminação da limitação anteriormente referida e a possível utilização do *eFuel* na aviação, constituem-se assim, como propostas para **estudos futuros**.

Como **recomendações** sugere-se que, a DAT efetue um maior controlo do preenchimento e carregamento de dados nos SI e que este estudo seja enviado para o EMFA, para fazer parte do repositório de conhecimento sobre o ambiente.

Referências bibliográficas

- Associação de Energias Renováveis. (2019). *Impacto da eletricidade de origem renovável* [Versão PDF]. Retirado de <https://www.apren.pt/contents/files/apren-relatorio-impactos-eletricidade-fer.pdf>
- Associação de Energias Renováveis. (2021). *Energias Renováveis*. Retirado de <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/destaques>

- Base Aérea n.º 5. (2021a, 25 de janeiro). *Diretiva n.º 1/2021. Política Ambiental da Unidade*. Monte Real: Autor.
- Base Aérea n.º 5. (2021b, 05 de junho). *Plano Estratégico de Sustentabilidade Ambiental da Base Aérea N.º5*. Monte Real: Autor.
- Bilhim, J. A. F. (2006). *Teoria Organizacional* (5.ª edição, revista e atualizada). Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa: Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas.
- Casimiro, J. T. (2021, 15 de novembro). *Toyota adia transição para veículos elétricos e reforça aposta no hidrogénio*. Retirado de <https://jornaleconomico.sapo.pt/noticias/toyota-adia-transicao-para-veiculos-eletricos-e-reforca-aposta-no-hidrogenio-808443>
- Chefe do Estado-Maior da Força Aérea. (2017). *Despacho n.º 49/CEMFA/2017 - Política Ambiental da Força Aérea*. Lisboa: Autor.
- Chefe do Estado-Maior da Força Aérea. (2019). *Diretiva n.º 08/CEMFA/2019 - Planeamento Estratégico da Força Aérea 2019/2022*. Lisboa: Autor.
- Chefe do Estado-Maior da Força Aérea. (2021). *Diretiva n.º 06/CEMFA/2021 – Objetivos e Indicadores de Gestão para 2021*. Lisboa: Autor.
- Chefe do Estado-Maior da Força Aérea. (2022). *Orientações para a Força Aérea*. Lisboa. Autor.
- Citroen. (2021, 27 de dezembro). *Energias Alternativas*. Retirado de <https://www.citroen.pt/universo-da-marca-citroen/ambiente-e-desenvolvimento-sustentavel/energias-alternativas.html>
- Cole, C. (2021, 04 de novembro). *Porsche's eFuel could be a climate game-changer*. Retirado de <https://www.cnet.com/roadshow/news/porsche-efuel-climate-gamechanger/>
- Correia, R. J. S. (2020). *Mobilidade Sustentável: Avaliação Do Impacto Da Introdução De Veículos Elétricos* (Tese de Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Empresariais: Ramo de Gestão Logística). Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal.
- Decreto-Lei n.º 89/2008, de 30 de maio (2008). *Estabelece as normas referentes às especificações técnicas aplicáveis ao propano, butano, GPL auto, gasolinas, petróleos, gasóleos rodoviários, gasóleo colorido e marcado, gasóleo de aquecimento e fuelóleos, definindo as regras para o controlo de qualidade dos carburantes rodoviários e as condições para a comercialização de misturas de biocombustíveis com gasolina e gasóleo em percentagens superiores a 5 %*. Diário da República, 1.ª Série, 104, 3072-3080. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação.
- Decreto-Lei n.º 142/2010, de 31 de dezembro (2010). *Altera as normas de especificação técnica para a composição da gasolina e do gasóleo rodoviário, introduz um mecanismo de monitorização e de redução das emissões de gases com efeito de estufa, transpõe parcialmente para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2009/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril, procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 281/2000, de 10 de Novembro, e à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 89/2008, de 30 de Maio*.
- Despacho n.º 149/2020, de 07 de janeiro (2020). *Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional*. Diário da República, 2.ª Série, 4, 46-51. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- Despacho n.º 17313/2008, de 26 de junho (2008). *Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Factores de Conversão*. Diário da República, 2.ª Série, 122, 27912-27913. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação.

- Despacho n.º 2293-A/2019, de 07 de março (2019). *Parque de Veículos do Estado*. Diário da República, 2.ª Série, 47, 7088-(2)-7088-(8). Lisboa: Finanças e Ambiente e Transição Energética - Gabinetes dos Ministros das Finanças e do Ambiente e da Transição Energética.
- Durão, L. F. V. (2020). *Processos termoquímicos para conversão de materiais ricos em lípidos em biocombustíveis e utilização da pirogasolina em motores de ignição comandada* (Tese de Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Bioenergia). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Força Aérea. (2005). *Relatório Anual de Atividades 2005*. Lisboa: Autor.
- Galp. (2021). *Combustíveis para aviação*. Retirado de <https://galp.com/pt/pt/empresas/aviacao>
- Gargiulo, C., Russo, L., & Papa, R. (2017, junho). *The evolution of smart mobility strategies and behaviors to build the smart city*. Paper apresentado na 5ª International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems do Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrónicos, Nápoles.
- Gil, L. (2019). Materiais Necessários para a Transição Energética Via Mobilidade Elétrica Rodoviária. *Ciência e Tecnologia de Materiais*, 31(1), pp. 22-27. Retirado de NP1917075_revista_SPM_V1_V18_low_AF.pdf
- GreenFuture. (2021, 03 de julho). *Camiões a hidrogénio superam um milhão de quilómetros*. Retirado de <https://greenfuture.pt/2021/07/03/camioes-a-hidrogenio-superam-um-milhao-de-quilometros/>
- Iberdrola. (2021). *Consequências do efeito de estufa*. Retirado de <https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/consequencias-efeito-estufa>
- Instituto do Ambiente de Estocolmo. (2018, 13 de dezembro). *The Sustainable Development Goals viewed through a climate lens*. Retirado de <https://www.sei.org/publications/the-sustainable-development-goals-viewed-through-a-climate-lens/>
- Jeekel, H. (2016, julho). *Social Sustainability and Smart Mobility: Exploring the relationship*. Paper apresentado na 14ª World Conference on Transport Research da WCTRS, Shanghai.
- Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro (2021). *Lei de Bases do Clima*. Diário da República, 1.ª Série, 253, 5-32. Lisboa: Assembleia da República.
- Maréchal, F., Schnidrig, J., & Nguyen, T. (2021, julho). *An analysis of the impacts of green mobility strategies and technologies on different European energy systems*. Paper apresentado na 34ª International conference on efficiency, cost, optimization, simulation and environmental impact of energy systems do Concelho Ambiental dos Estados (ECOS), Taormina.
- Marmé, P. (2019, 13 de dezembro). *Autocarros com Diesel 100% feito com óleos alimentares usados já rolam em Lisboa*. Retirado de <https://wattson.pt/2019/12/13/autocarros-com-diesel-100-feito-com-oleos-alimentares-usados-ja-rolam-em-lisboa/>
- Mirante, O. (2021, 07 de novembro). *Cascais vai transformar lixo doméstico em hidrogénio para abastecer autocarros*. Retirado de <https://omirante.pt/sociedade/2021-11-07-Cascais-vai-transformar-lixo-domestico-em-hidrogenio-para-abastecer-autocarros-24b6a966>

- Mohammadian, H. D., & Rezaie, F. (2020). Blue-Green Smart Mobility Technologies as Readiness for Facing Tomorrow's Urban Shock toward the World as a Better Place for Living (Case Studies: Songdo and Copenhagen). *Technologies*, 8 (3), pp. 3-4. doi: <https://doi.org/10.3390/technologies8030039>
- Organização das Nações Unidas. (2015). *Paris Agreement*. [Versão PDF]. Retirado de https://www.portaldiplomatico.mne.gov.pt/images/pdf/politica_externa/english_paris_agreement.pdf
- Organização das Nações Unidas. (2021a). *O Estado dos Tratados, Capítulo XXVII, Subcapítulo 7.d., Ambiente*. Acordo de Paris. Retirado de https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en
- Organização das Nações Unidas. (2021b). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Retirado de <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>
- Organização das Nações Unidas. (2021c). *Acordo Quadro para as Alterações Climáticas*. Retirado de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/glossary-of-climate-change-acronyms-and-terms#g>
- Organização das Nações Unidas. (2021d). *Objetivos de Desenvolvimento do Milénio*. Retirado de <https://www.un.org/millenniumgoals/mdgmomentum.shtml>
- Parlamento Europeu. (2021a). *O que é a neutralidade das emissões de carbono e como pode ser atingida até 2050?*. Retirado de <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20190926STO62270/como-a-ue-podera-atingir-a-neutralidade-carbonica-ate-2050>
- Parlamento Europeu. (2021b). *Quais são as vantagens do hidrogénio verde para a Europa?*. Retirado de <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20210512STO04004/quais-sao-as-vantagens-do-hidrogenio-verde-para-a-europa>
- Portaria n.º 228/90, de 27 de março (1990). *Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Sector dos Transportes*. Diário da República, 1.ª Série, 72, 1491-1493. Lisboa: Ministério da Indústria e Energia.
- Prio. (2021, 27 de dezembro). *Relatório de Sustentabilidade 2020*. [Versão PDF]. Retirado de https://www.prio.pt/downloads/file265_pt.pdf
- Resolução Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 01 de julho de 2019. (2019). *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050*. Diário da República, 1.ª Série, 123, 3208-3299. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros.
- Resolução Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho de 2020. (2020). *Plano Nacional de Energia e Clima 2030*. Diário da República, 1.ª Série, 133, 2-158. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros.
- Resolução Conselho de Ministros n.º 63/2020, de 14 de agosto de 2020. (2020). *Plano Nacional do Hidrogénio*. Diário da República, 1.ª Série, 158, 7-88. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros.
- Resolução Conselho de Ministros n.º 98/2020, de 13 de novembro de 2020. (2020). *Estratégia Portugal 2030*. Diário da República, 1.ª Série, 222, 12-61. Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros.

- Resolução Conselho de Ministros n.º 46-B/2021, de 04 de maio de 2021. (2021). *Estrutura de Missão «Recuperar Portugal»*. Diário da República, 1.ª Série, 86, 11-(9)-11-(11). Lisboa: Presidência do Conselho de Ministros.
- Salsa, J., Guimarães, O., & Cunha, R. (2021). *CienTic*. Porto: Porto Editora.
- Santos, L. A., & Lima, J. M. (Coords.) (2019). *Orientações metodológicas para elaboração de trabalhos de investigação* (2.ª edição, revista e atualizada). Cadernos do IUM, 8. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Serrano, L., Carvalho, P. M., Pires, N., Pereira, N., & Silva, M. G. (2019, julho). *Comparing sustainable alternatives for energy source for the automotive sector*. Paper apresentado na conferência da Energy for Sustainability International 2019, Turim.
- Tomé, J. D. (2021). *Drhyve. O posto de abastecimento de hidrogénio portátil e Português*. Retirado de <https://www.razaoautomovel.com/2021/08/drhyve-o-posto-de-abastecimento-de-hidrogenio-portatil-e-portugues>
- Toyota. (2021). *Novo Toyota Mirai, o futuro é de quem o sonha*. Retirado de <https://www.toyota.pt/world-of-toyota/campanhas/toyota-mirai.json>

MEASURES TO MAKE THE PORTUGUESE AIR FORCE A CARBON NEUTRAL ORGANIZATION¹

CONTRIBUTOS PARA A NEUTRALIDADE DE CARBONO NA FORÇA AÉREA

Carlos Miguel Freixo Calaixo

Captain (Ground Materiel Maintenance Technician) in the Portuguese Air Force
Degree in Mechanical Engineering from ISEC - Coimbra Institute of Engineering
Head of the Support Equipment and Tools Department of the Supply and Transport Directorate
2415-215 Leiria
c.calaixo@hotmail.com

Carlos Jorge Ramos Páscoa

Colonel (Navigator) in the Portuguese Air Force
PhD in Computer Science and Engineering from Instituto Superior Técnico,
University of Lisbon
Innovation Advisor to the Chief of Staff of the Armed Forces
1400-204 Lisbon
cjpascoa@gmail.com

Joana Sofia Guerreiro Pinto

Lieutenant (Human Resources and Logistics - Environment) in the Portuguese Air Force
Master's degree in Environmental Engineering from the School of Science and Technology of the NOVA University of
Lisbon
Infrastructure, Environment and Standardisation Coordinator in the Logistics Department of the Air Force Staff
Resources Division
joana.guerreiro.pinto@gmail.com

Abstract

The environmental concerns expressed by the UN in its Agenda 2030 and in the Paris Agreement of 2015, which Portugal has ratified, warn that, to reduce global warming and climate change, the world must become carbon neutral by 2050. Portugal's strategy to meet these environmental targets in its national sectors of activity is outlined in the Roadmap for Carbon Neutrality 2050 and the National Energy and Climate Plan 2030. This study assesses, identifies and analyses the current carbon footprint of the Transport sector and proposes measures that the Portuguese Air Force can implement to achieve carbon neutrality and comply with national and international legislation. The study uses deductive reasoning, a mixed research strategy and a case study research design. The findings revealed that the Portuguese Air Force can become carbon neutral by implementing certain measures (such as

How to cite this article:

Calaixo, C. M. F., Páscoa, C. J. R., & Pinto, J. S. G. (2022). Measures to make the Portuguese Air Force a Carbon Neutral Organization. *Revista de Ciências Militares*, May, X(1), 233-260. Retrieved from <https://www.iium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/Lista%20Pt/Lista%20de%20publica%C3%A7%C3%B5es%20Revista%20De%20Ci%C3%A7%C3%A2ncias%20Militares.pdf>

¹ Article adapted from the individual research work carried out in the 2021/2022 Field Grade Officers Course. The defence took place in February 2022 at the Military University Institute. The full version of the paper is available from Portugal's Open Access Scientific Repositories (RCAAP).

improving digitalisation, implementing procedures and raising awareness) that will lead to: i) reduced fuel consumption; ii) reduced travel distances; iii) the use of biofuels in compatible vehicles and iv) the phased replacement of vehicles from different fleets with zero emission vehicles.

Keywords: Air Force; Carbon Neutrality; Greenhouse Gases; Renewable Energy and Energy Efficiency.

Resumo

As preocupações ambientais da Organização das Nações Unidas vertidas na Agenda 2030 e no Acordo de Paris em 2015, que Portugal ratificou, urgem a que se atinja a neutralidade carbónica até 2050, para reduzir o aquecimento global e as alterações climáticas. A visão estratégica de Portugal, para o cumprimento das metas ambientais pelos diversos setores de atividade, encontra-se refletida no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 e no Plano Nacional de Energia e Clima 2030. Esta investigação visou estudar, identificar e analisar a situação atual do setor de Transportes, para avaliar os contributos para a neutralidade de carbono na Força Aérea, com o objetivo de cumprir com os normativos nacionais e internacionais. Para esta investigação foi utilizada uma metodologia baseada no raciocínio dedutivo, uma estratégia mista e um desenho de pesquisa de estudo de caso. Concluiu-se que a implementação de medidas (por exemplo a digitalização, procedimentos e sensibilização) tendentes a: i) diminuir o consumo de combustível; ii) reduzir a distância percorrida; iii) utilizar biocombustíveis em viaturas compatíveis e iv) substituir faseadamente viaturas de diferentes frotas, por viaturas com 0% de emissões de gases com efeito de estufa, compõem um conjunto de contributos identificados para a neutralidade de carbono na Força Aérea Portuguesa.

Palavras-chave: *Palavras-chave: Força Aérea; Neutralidade Carbónica; Gases com Efeito de Estufa; Energia Renovável e Eficiência Energética.*

1. Introduction

In September 2015, the United Nations (UN) adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development (UN, 2021b), a universal agenda that includes 17 Sustainable Development Goals (SDGs) and 169 targets to be implemented by signatory countries. In December that same year, the Paris Agreement was adopted² (UN, 2015) by 196 signatory countries agreed to pursue efforts to limit the global temperature increase to well below 2° C above pre-industrial levels and to implement measures to limit the temperature increase to 1.5° C by reaching carbon neutrality before 2050.

² In November 2021, during another conference on climate change (COP26), the current 197 signatories were urged to adopt more ambitious measures than the ones stipulated in the Paris Agreement.

In Portugal, the main documents that regulate this topic are the *Roteiro para a Neutralidade Carbónica* [Roadmap for Carbon Neutrality 2050] (RNC2050) (Council of Ministers Resolution [CMR] No. 107/2019, 2019), the *Plano Nacional de Energia e Clima* [National Energy and Climate Plan 2030] (PNEC2030) (CMR No. 53/2020, 2020), the *Plano Nacional do Hidrogénio* [National Hydrogen Plan] (CMR No. 63/2020, 2020), the *Estratégia Portugal 2030* [Portugal 2030 Strategy] (CMR No. 98/2020, 2020) and the *Plano de Recuperação e Resiliência* [Recovery and Resilience Plan] (CMR No. 46-B/2021, 2021).

Decision No. 149/2020 (2020) of the Ministry of National Defence (MDN) approved the Environmental Directive for National Defence, which defines the strategic and operational objectives that the Armed Forces (AAFF) must meet to honour the commitments made by Portugal in Agenda 2030 (UN, 2021b) and the Paris Agreement (UN, 2015).

The Chief of Staff of the Air Force (CEMFA) has outlined his vision in Directive No. 08/2019 (CEMFA, 2019, p. 2), which defines the Strategic Planning of the Portuguese Air Force (PoAF) for 2019/2022, envisioning: “[a] robust and properly sized PoAF, increasingly equipped with state-of-the-art equipment and highly qualified personnel, supported by a professional, efficient and safe organization capable of leading, overseeing and executing operations of both military and public interest”, and in Decision No. 49/2017 (CEMFA, 2017), which defines PoAF’s Environmental Policy. These two documents contain the guidelines that the PoAF must follow to meet its environmental commitments.

The CEMFA issued, in March 2022 (CEMFA, 2022), the PoAF’s Strategic Directions for 2022/24 giving priority to sustainable development based on the economic, social, and environmental pillars. Therefore, this work aims to ascertain how measures such as adapting or modernising the PoAF Ground Transportation fleet will help the organization comply with these directives and become carbon neutral.

PNEC2030 states that “achieving carbon neutrality by 2050 will entail reducing GHG emissions from 85% to 90%, relative to 2005 (CMR No. 53/2020, p. 6)”³. According to Decision No. 149/2020 (2020), the MDN believes that the carbon neutrality targets can be achieved without hindering the tasks assigned to the AAFF.

Furthermore, in the Environmental Directive for National Defence⁴, the MDN states that the AAFF must bear environmental concerns in mind during the strategic planning and execution of operational missions or exercises to achieve carbon neutrality by 2050 (Decision No. 149/2020, 2020).

Given the current situation compared to 2005 (the reference year defined in the PNEC2030), it is necessary to assess how Portugal can achieve its goal in 2050 by implementing certain measures and analyse how they can be implemented in an integrated way to offset the PoAF’s ground transportation emissions by 2050.

³ Available from <https://files.dre.pt/1s/2020/07/13300/0000200158.pdf>

⁴ The Environmental Directive for National Defence is contained in Annex 1 of Decision No. 149/2020 (2020).

Investing in new technologies and using new methods to complete certain tasks will trigger a technological “leap”, promote the circular economy and energy sustainability when reorganizing and adapting infrastructures and equipment, and improve the management of human resources and materials, and, consequently, the environmental performance of the National Defence sector (Decision No. 149/2020, 2020).

As one of the authors of this study performs duties and has considerable experience in the field of Ground Transportation, and bearing in mind that the PoAF faces constraints in terms of human and financial resources, this study will address measures that can help the organization become carbon neutral. Therefore, the study topic meets criteria proposed by Carmo and Ferreira: familiarity, involvement and resources (2009, cited in Santos & Lima, 2019, p. 49).

The research object are the measures that will be identified to make the PoAF carbon neutral. As advised by Santos and Lima (2019), the following delimitations were defined:

- Temporal: The study analyses relevant data and legislation to assess the situation compared to 2005 and provides a forecast until 2050, using 2005 as the reference year.
- Geographical: The study collects and analyses information on the PoAF.
- Content: The PoAF Ground Transportation fleet.

According to Santos and Lima (2019), a scientific study aims to provide answers and solutions to a knowledge problem that has been identified.

Therefore, the problem analysed here is the lack of knowledge on the current situation of the PoAF’s ground transportation fleet vis a vis the goals set out in PNEC2030, and solving it will entail identifying measures (and how they can be combined) to help the PoAF become carbon neutral by 2050.

The study will answer the following Research Question (RQ): What measures can the PoAF implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral by 2050, and how can they be implemented in an integrated way?

The RQ is subdivided into two Specific Objectives (SOs):

SO1: To assess the current carbon footprint of the PoAF Ground Transport fleet.

SO2: To identify measures that the PoAF can implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral, and how each will contribute to this goal.

2. Theoretical and conceptual framework

In December 2015, the UN adopted the Paris Agreement (UN, 2015), which sets three main goals to solve and limit global warming. To date, the agreement has been signed by 197 countries from all continents, proving that the world’s leaders are concerned and, to a certain degree, want to find solutions to climate change (UN, 2021a).

Three global goals considered essential to limit global warming are defined in this agreement (CMR No. 53/2020, 2020):

- Limiting the rise in the global average temperature to below 2° C, pursuing efforts to limit the global average temperature increase to a maximum of 1.5° C, as this would significantly reduce the risks and impacts of climate change;

- Increasing the ability to adapt to climate change and foster climate resilience;
- Making finance flows consistent with a pathway towards resilient low carbon development.

To meet the targets set out in the Paris Agreement (UN, 2015), signatory countries must become carbon neutral by the second half of the 21st century. Therefore, it was decided that all parties must make a global effort to reduce their emissions and offset GHG emissions, using, for example, forests or artificial carbon sinks (CO₂) (CMR No. 107/2019, 2019).

In September 2015, before the Paris Agreement (UN, 2015), the United Nations General Assembly adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development (UN, 2021b), a document that addresses several dimensions of sustainable development and promotes peace, justice and effective institutions.

The 2030 Agenda (UN, 2021b) is a universal agenda that contains 17 SDG and 169 targets to be implemented by all member countries. To some extent, these SDG replace the eight Millennium Development Goals (UN, 2021d) that were in place from 2005 to 2015, and achieving them will entail integrating these goals and targets in the policies, processes and actions that are developed (UN, 2021b).

As Figure 1 shows, the SDG (UN, 2021b) are interconnected in a network, are dependant on each other, and are essential for economic, social and environmental development.

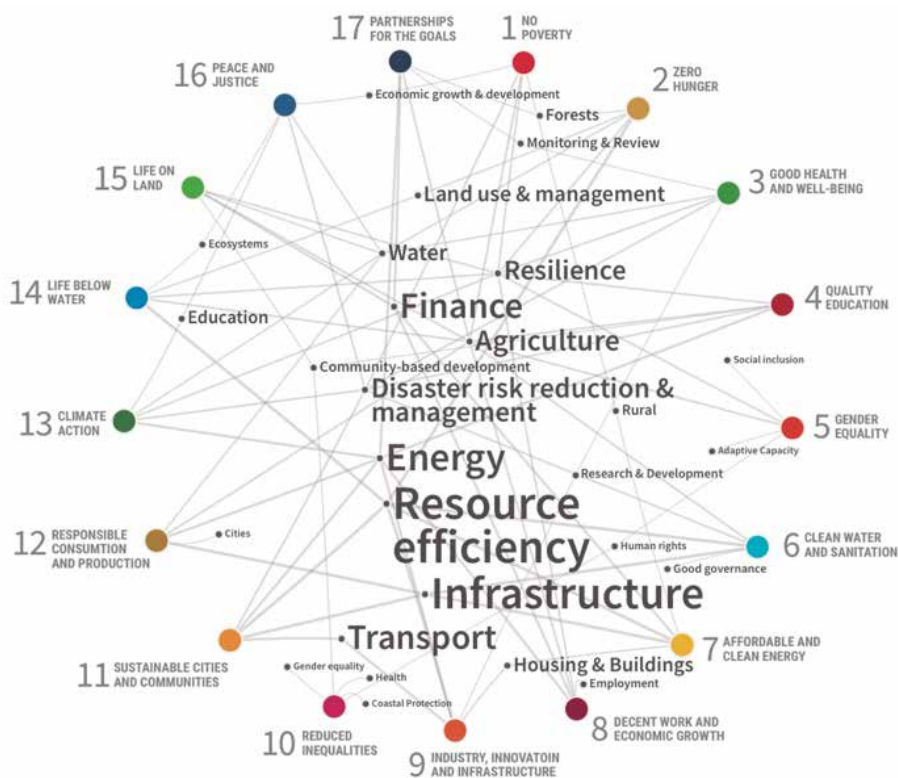


Figure 1 – Sustainable Development Goals

Source: Stockholm Environment Institute (2018).

Portugal's development model and strategic vision states that nine SDGs (UN, 2021b) are essential to achieve carbon neutrality (CMR No. 107/2019, 2019):

- No poverty;
- Good health and well being;
- Quality education;
- Decent work and economic growth;
- Industry, innovation and infrastructure;
- Sustainable cities and communities;
- Responsible production and consumption;
- Climate action;
- Life on land.

According to the PNEC2030 (CMR No. 53/2020, 2020), the transition to a carbon-neutral society entails promoting, supporting and investing in the energy transition of Portugal's sectors of activity. As a benchmark organization in Portugal, the Portuguese Air Force must address these changes to achieve the strategic goal of being a "Modern Air Force of Excellence" (CEMFA, 2019, p.4).

As a technologically advanced branch of the Armed Forces, the PoAF must comply with the legislation in force and complete the energy transition, as do all other public and civilian institutions, and choose the best strategy to achieve this (R.M. Cotovio, email interview, 12 November 2021).

The PoAF and the other branches of National Defence carry out public interest missions to protect and safeguard the environment, and must make the necessary changes to combat climate change and continue to fulfil their noble mission for Portugal and the Portuguese citizens (Decision No. 149/2020, 2020).

Based on the strategic objectives defined in the PoAF's Strategic Planning (CEMFA, 2019), to comply with the legislation in force, the PoAF must rationalise and manage its resources and execute the missions and tasks assigned to the organization in a careful and efficient manner, making the necessary adjustments to tackle current and future challenges facing an innovative, cutting-edge, dynamic and energy efficient organization.

The Transportation sector was responsible for about 25% of Portugal's GHG emissions from 2007 to 2017, and as such it is essential to meet the targets that have been set (CMR No. 107/2019, 2019).

Transportation is one of the sectors that must be decarbonised by gradually replacing fossil fuels with Hydrogen (H₂), biofuels or electricity (P.J. Balixa, email interview, 12 November 2021).

Achieving energy efficiency will require more than changing the means of transportation themselves, it will require, among other measures, promoting sustainable mobility, encouraging citizens to use bicycles and car sharing, and promoting and improving the public transport network, which should be decarbonised and affordable (CMR No. 53/2020, 2020).

A study by Gargiulo, Russo and Papa (2017) argues that sustainable mobility will be one of the features of a smart city that can meet the needs of its residents efficiently and sustainably, using new technologies to provide relevant information to its citizens.

In the cities of the future, technology will provide access to useful and reliable information. This will reduce the use of private cars in cities, which will in turn reduce traffic and the risk of accidents (Gargiulo et al., 2017).

For Mohammadian and Rezaie (2020), despite the growing Transportation needs of large urban centres, it will be possible to reduce GHG emissions and the number of vehicles circulating in cities through smart and sustainable mobility.

Also, according to Mohammadian and Rezaie (2020), achieving the sustainable mobility expected of a smart city will require people that share a concern for the environment, as well as for economic success and quality of life. This will promote sustainable and smart mobility and contribute to achieve the SDG (UN, 2021b).

Future cities must integrate sustainable mobility and social sustainability to achieve an efficient energy transition, and guarantee that all citizens have access to affordable public transportation (Jeekel, 2017).

The changes and investments required to meet these targets are ambitious but achievable (CMR No. 53/2020, 2020).

2.1. Literature review and key concepts

2.1.1. Energy efficiency

The PNEC2030 (CMR No. 53/2020, 2020) defines energy efficiency as reducing primary energy consumption in all sectors of activity to achieve sustainability and cost effectiveness through the efficient use of resources.

Bilhim (2006) defines efficiency as a regulatory measure that establishes how resources, means and methods will be planned and used to optimise a system. It consists of optimising the relationship between costs and benefits to achieve better results (Bilhim, 2006).

The Strategic Plan for Environmental Sustainability of the Monte Real Air Base (BA5) (BA5, 2021b) defines the goals that must be achieved to improve the environmental performance of the PoAF units.

Achieving energy efficiency will entail several measures, such as reducing the use of fossil fuels and increasing the use of renewable energy sources, using resources efficiently and promoting a circular and sustainable economy (BA5, 2021b).

A civilian institution, the Municipal Council of Cascais acquired two buses that run on H₂ (the first vehicles of this type circulating in Portugal) to improve the municipality's energy efficiency (Mirante, 2021). To improve the circular economy and sustainability, a system was developed to turn household waste into H₂. The system supplies the energy needs of these buses and simultaneously reduces municipal waste in landfills (Mirante, 2021).

2.1.2. Renewable energy

Renewable energy is a natural resource that regenerates itself within a certain period of time and in an environmentally sustainable way (Portuguese Renewable Energy Association [APREN], 2021). Tidal currents, wind, sun and water are examples of renewable energy sources that can replace fossil fuels (APREN, 2021).

A study carried out by Deloitte in 2019 foresees that the electricity produced through renewable energy sources will reach 66,528 GWh per year in 2030. This will be essential to achieve the energy transition and to comply with the regulations in force (APREN, 2019).

Electricity will be largely provided by three renewable energy sources: wind energy, hydropower and solar energy (APREN, 2019).

According to the European Parliament (EP), renewable energies such as wind or solar will be crucial for Europe's energy transition, as they will be used to produce clean and low-cost electricity, which, among other things, can be used to produce green H_2 (EP, 2021b).

In an example from the automotive sector, Porsche developed eFuel, a synthetic gasoline that is a type of clean and low-cost energy (Cole, 2021). It is the product of a complex, but, very innovative technological system that could prove invaluable for the future of Transportation (Cole, 2021). Essentially, the H_2 produced through the electrolysis of water is combined with the CO_2 captured from the air to obtain synthesised methanol, which will then be converted into gasoline (Cole, 2021).

This process can also be used to produce synthetic kerosene, which can replace the fossil fuels currently used in aviation and even shipping (Cole, 2021). The fuels used by jet engines in civil and military aviation are kerosene based (Galp, 2021).

Figure 2 shows the eFuel production process. This is a particularly interesting and important fuel for Porsche, according to project manager Jan Ohmstedt, because about 70% of all cars produced by the brand are still in circulation around the world (Cole, 2021).

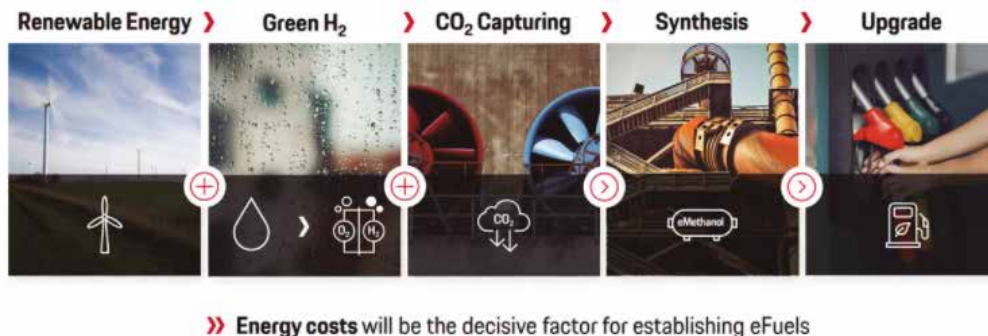


Figure 2 – Production phases of Porsche eFuel

Source: Cole and Craig (2021).

This type of fuel is cleaner than fossil fuels and can be used in internal combustion engines, making it a viable and sustainable option that does not require replacing existing vehicles (Cole, 2021).

Maréchal, Schnidrig and Nguyen (2021) examined the option of developing synthetic fuel. This fuel has the advantage of not requiring the replacement of existing vehicles. However, the authors argue that, due to the need to capture CO_2 from the air to release it into the atmosphere again when using the fuel, its impact on reducing GHG emissions will be small (Maréchal et al., 2021).

The energy efficiency and cost of synthetic fuels varies depending on the type of renewable energy used to produce that fuel, and are considered almost carbon neutral (Maréchal et al., 2021).

For Maréchal et al. (2021), while this solution does not solve the long-term problems of the Transportation sector, it can be an environmentally and financially viable option, especially for the shipping and aviation sectors, in the short and medium term.

Maréchal et al. (2021) also state that to decarbonise and achieve carbon neutrality in the European Union (EU) will require an ambitious goal, that is, to integrate renewable energies to achieve the desired energy efficiency in the Transportation sector, to reduce GHG emissions from this sector, which represent about 25% of the total GHG emissions of the EU and Portugal.

2.1.3. Greenhouse gases

The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) defines GHG as natural and anthropogenic gases in the atmosphere that absorb infrared radiation, preventing heat from being lost to space after being reflected by the Earth's surface (UN, 2021c).

This greenhouse effect allows the Earth to maintain a stable temperature. It is a natural phenomenon that is essential to life because, without the atmosphere and the greenhouse effect, the global average temperature would be negative (Salsa, Guimarães & Cunha, 2021).

High concentrations of noxious gases in the atmosphere, such as CO₂, methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O), among others, has resulted in the earth retaining too much heat and, consequently, in an increase in the average global temperature (Iberdrola, 2021).

The rise in temperature has proved harmful to the environment, causing climate change, global warming and thawing. Therefore, to counteract these phenomena that are harmful to life on Earth, GHG emissions must be monitored and reduced (Iberdrola, 2021).

Toyota CEO Akio Toyoda does not believe that internal combustion engines are the main problem for the environment (Casimiro, 2021). The goal of reducing GHG emissions and making the transportation sector carbon neutral can be achieved in different ways and using different technological options (Casimiro, 2021).

The Prio plant in Aveiro produces biofuels essentially by recycling edible oils, coffee grounds and fats from the agricultural industry (Marmé, 2019). Later, these biofuels are added to regular diesel (up to a certain percentage) and are sold to the public at petrol stations as biodiesel (Marmé, 2019).

Decree-Law (DL) No. 89/2008 (2008), amended by Decree-Law No. 142/2010, establishes that biofuel blends with petroleum derivatives must have concentrations of biofuel higher than 10% by volume of bioethanol or higher than 7% by volume of FAME, as long as they guarantee quality and characteristics similar to normal diesel, according to the requirements of the European Standard (EN) for analytical control of diesel quality EN 590 (DL No. 89/2008, 2008).

In Portugal, the diesel available for sale to the public at petrol stations is no longer 100% fossil fuel. It contains blends of 7% biofuel (B7), which is estimated to reduce GHG emissions by 15% compared to regular diesel (Prio, 2021). Some petrol stations also sell blends containing

15% biofuel (B15), which is estimated to reduce GHG emissions by 18% compared to normal diesel (Prio, 2021).

There are other biodiesels with different blends, which are not for sale to the public, such as 100% biodiesel (B100), which generates about 84% less CO₂ emissions compared to regular diesel, and which can be used in some vehicles (depending on the model) after obtaining permission from the manufacturer (Marmé, 2019).

Another option is 30% biodiesel (B30), which can be used by about 15% of the light vehicles and 30% of the heavy vehicles circulating in the national territory, reducing CO₂ emissions by about 25% when compared to regular diesel (Prio, 2021).

Prio and Carris conducted a case study that analysed the performance of two diesel buses running on B100 biofuel without any modifications (Marmé, 2019). There were no mechanical problems to report after several months of tests, only a slight increase in consumption compared to buses using regular biodiesel (B7) (Marmé, 2019). This case study provides a viable option for the energy transition (Marmé, 2019).

It is to be expected that, in the future, the use of biodiesel will increase and the challenge will be to find the right raw material to produce sustainable and quality biodiesel because vegetable oils are also used for cooking (Durão, 2020). According to Durão (2020), waste oils or fats are not ideal, but they are cheaper and more sustainable and allow promote a circular economy. However, they are not yet available in sufficient quantity to supply the market's needs (Durão, 2020).

To ensure that the activities foreseen in its environmental programme (BA5, 2021a) are carbon neutral, BA5 is considering a partnership with Prio and the Polytechnic Institute of Leiria that would allow it to use B100 or B30 biofuel in some of the Unit's vehicles and equipment. Later, a case study will be conducted to assess the feasibility, as well as the benefits and drawbacks of both options (R.M. Cotovio, op. cit.).

2.1.4. Carbon neutrality

CMR No. 107/2019 (2019) defines carbon neutrality as the goal of reducing GHG emissions to ensure that the balance between the amount of gas produced and the amount removed from the atmosphere is zero.

Reaching carbon neutrality by 2050 will imply decarbonising the energy production and urban mobility sectors, drastically changing the way energy and resources are used, and improving the carbon sequestration capacity of forestry and other land uses (CMR No. 53/2020, 2020).

Achieving carbon neutrality by 2050 means gradually abandoning the linear economic model based on fossil fuels, investing in an economy based on the efficient use of renewable resources, and promoting circular economy models that add value to the national territory and promote territorial cohesion (CMR No. 53/2020, 2020).

According to the EP (2021a), a carbon sink is a system that absorbs more carbon from the atmosphere than it emits. While artificial sinks exist, the main carbon sinks are natural ones, more specifically soils, forests and oceans (EP, 2021a).

It is estimated that natural sinks remove between 9.5 and 11 gigatonnes (Gt) of CO₂ emissions from the atmosphere per year and that global annual CO₂ emissions reached 38 Gt in 2019 (EP, 2021a).

Toyota and other manufacturers intend to use electric vehicles to achieve carbon neutrality. However, they do not wish to abandon internal combustion vehicles at this stage, and will instead change their features so they can run on cleaner fuels, such as eFuel or H₂ (Casimiro, 2021).

To achieve carbon neutrality, this manufacturer has invested in and developed other technologies, including fuel cell vehicles in which H₂ is stored on-board the vehicle and used to produce electrical power by combining that H₂ with Oxygen (O₂). The chemical reaction generates energy to power the electric engine, releasing only water in the process, which will be as ecological as the process to produce hydrogen (Toyota, 2021).

For Maréchal et al. (2021), regardless of the case studies and options that will be assessed, from a costs / benefits perspective the best option to decarbonise the Transport sector is massive electrification:

- Using short range electric vehicles for short trips;
- Using long range electric vehicles or H₂ fuel cell vehicles for long trips.

The evolution of these technologies, the production potential of renewable energies and the final cost for the user will be crucial when choosing the best option (Maréchal et al., 2021).

Gil (2019) agrees that electric heavy vehicles can be used for short trips, but adds that this technology is not yet sufficiently developed to be used for medium and long distances due to the extra weight and low autonomy of the batteries, which have to be charged several times a day.

Once the production of H₂ from renewable energy sources is optimised and a suitable supply infrastructure is available, fuel cell heavy duty vehicles will be a good solution to achieve carbon neutrality (Gil, 2019)

Hyundai has 46 fuel cell trucks in circulation in Switzerland, which covered more than 1.000.000 km in about 11 months, with a GHG emission decrease of approximately 631 t of CO₂ equivalent (e) (GreenFuture, 2021). This experience will encourage the market and other competitors to develop this technology because there has been positive feedback from customers who use these vehicles and, by 2025, this fleet will be increased to 1,600 fuel cell vehicles. This will be an excellent step in achieving carbon neutrality (GreenFuture, 2021).

2.2. Analysis model

Table 1 contains the analysis model.

Table 1 – Analysis Model

Research Question	What measures can the PoAF implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral by 2050, and how can they be implemented in an integrated way?		
Specific Objectives	Concepts	Dimensions	Data collection techniques
SO1 To assess the current carbon footprint of the PoAF Ground Transport fleet.	Energy Efficiency	Financial	Literature review and semi-structured interviews
	GHG		
SO2 To identify measures that the PoAF can implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral, and how each will contribute to this goal.	Renewable Energy	Organization	Literature review and semi-structured interviews
	Carbon Neutrality	Policy	

3. Methodology and method

This section presents the methodology and method used in the study.

3.1. Methodology

The study uses inductive reasoning, a mixed research strategy (with qualitative and quantitative elements) and a case study research design, as advised by Santos & Lima, 2019.

3.2. Method

3.2.1. Participants and procedure

Participants. The study sample consisted of nine experts in the field of Transportation: the PoAF Vehicle Manager, the Commanders (Cmdt) of Base Maintenance Squadrons (BMS) or similar Maintenance Squadrons (MS) and the Transport Squadrons Commanders (TS), as described in Table 2. All interviewees are Ground Materiel Maintenance Technician Officers.

Table 2 – Unit and position of respondents

Unit	Position
Supply and Transport Directorate	Vehicle Manager
Lisbon Support Unit	BMS Cmdt
Air Base No. 5	BMS Cmdt
General Storage Complex of the Air Force	MS Cmdt
Air Base No. 1	TS Cmdt
Air Base No. 6	TS Cmdt
Infrastructure Directorate	Airfield Vehicles and Equipment MS Cmdt
Air Base No. 11	TS Cmdt
Military and Technical Training Center of the Air Force	TS Cmdt

Procedure. First, an informal phone call was made to each interviewee to confirm their availability to participate in the interviews and assure them of the anonymity and confidentiality of their answers, which all waived. After the experts confirmed their availability to participate in the study, semi-structured interviews tailored to the area of expertise of the participants were sent by email.

3.2.2. Data collection instruments

Two semi-structured interview scripts were prepared. One was sent to the expert from the DAT (the PoAF Vehicle Manager), and the other was sent to the eight experts from the PoAF Units.

The data obtained from these interviews were important to assess if the Transportation managers of the PoAF units are aware of this environmental issue, as well as to understand what has been done locally over the past few years to reduce the costs and environmental footprint of this area of Transportation, such as reducing the travel distances and fuel consumption of the PoAF vehicles and equipment.

A literature review was carried out and relevant data were collected. This included statistical data and data on the technical features of the vehicles. The review included the PoAF Yearbook, which also known as the Annual Activity Report, and the PoAF Information Systems (IS), specifically the Integrated Management System and the Integrated Vehicle Management System.

To consolidate this knowledge, the works listed in the References section were also consulted, including scientific articles and news on the topic, as well as the applicable international, national and specific legislation.

3.2.3. Data processing technique

The data were processed using a mixed evaluation strategy. The main technique used to analyse the data was statistical quantitative analysis. A content analysis was performed as a complementary technique (Santos & Lima, 2019).

4. Data presentation and discussion of findings

This section analyses the collected data and answers the RQ based on SO1 and SO2.

The analysis included the data collected from the interviews and the data extracted from the PoAF vehicles databases (consumption and travel distances). Since there are no data for 2005⁵ in the current IS because they were not yet operational at that time, the data used in the study were taken from the PoAF Annual Activities Report – Yearbook 2005 (PoAF, 2005).

The PoAF has 945 vehicles and equipment of different brands and models. Regardless of their brand and model, the PoAF vehicles are classified by the use for which they were acquired, and are organized in different types of fleets, as shown in Table 3.

⁵ Chosen as the reference year because it was the year Portugal reached peak GHG emissions.

Table 3 – Types of fleets in the PoAF

Type	Fleet
Motorbikes	Motorbikes and Light Motorcycles (MVL)
Light vehicles	Cars (AUT), 2-5 Seat Vans (TP5), 8-9 Seat Vans (TP9), Jeeps (JEE), Pick-Ups (PIK)
Heavy vehicles	Trucks (CAP), Wagons (FUR), Minibuses (MAC), Buses (ACR), Heavy Trucks (CAG), Tipper Trucks (CBS), Semi-trailer Trucks (CSR)
Special vehicles	Ambulances (AMB), Road Sweepers (AVA), Water Tankers (ATA), Fuel Tankers (ATC), Military Engineering Equipment (EEM), Cargo Handling Equipment (EMC), Mobile Cranes (GRU), Tractors (TAA), Military Heavy Equipment (PML), Wheeled Armoured Vehicles (VBR), Fire Fighting Vehicles (VCI)
Specific vehicles	Specific Lot (LES)

Source: Prepared from data provided by the DAT (2021).

4.1. To assess the current carbon footprint of the PoAF Ground Transport fleet (SO1)

The study analysed the PoAF's vehicles and equipment to assess the current carbon footprint of the PoAF Ground Transport fleet. The analysis included the total kilometres covered from 2005 to 2021 and the fuel consumption (diesel) of the vehicles by fleet type.

4.1.1. Travel distances by fleet type

Figure 3 shows the distances covered in 2021 by the different types of PoAF vehicles and equipment.

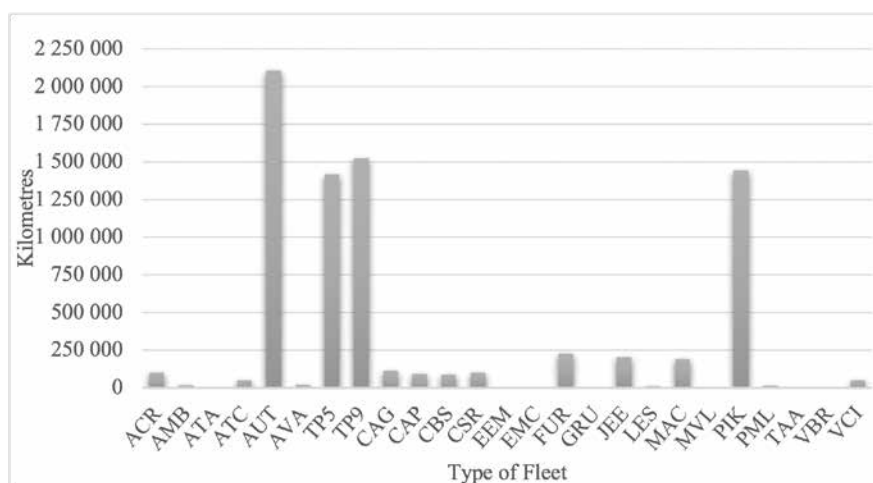


Figure 3 – Distance covered by the PoAF fleets in 2021

Source: Prepared from data provided by the DAT (2021).

In 2021, the distance covered by the PoAF fleets increased by 11% relative to 2020.

In 2021, the PoAF vehicles covered a total distance of 7,778,299 km.

4.1.2. Fuel consumption by fleet type

Figure 4 shows the diesel consumption of the PoAF vehicles and equipment in 2021, by type.

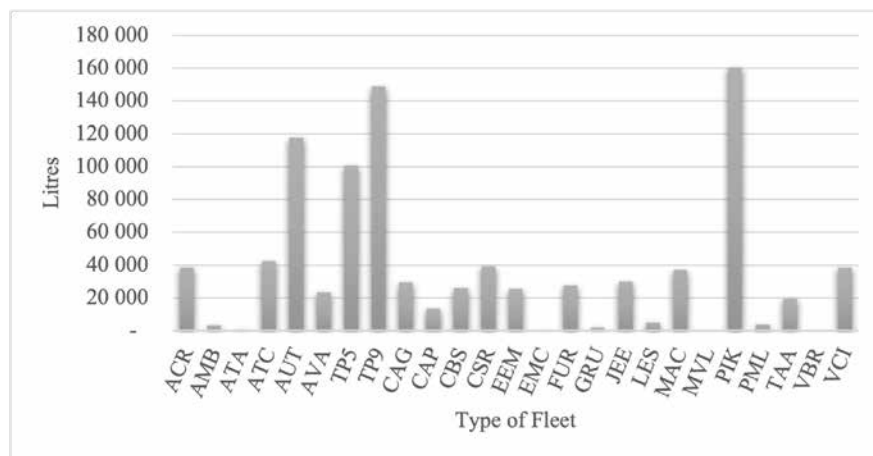


Figura 4 – Consumo de combustível por frota das viaturas da FA em 2021

Fonte: Construído a partir de dados da DAT (2021).

In 2021, fuel consumption increased by 14% relative to 2020.

In 2021, the PoAF's vehicles and equipment consumed 932,807 l of fuel.

4.1.3. Comparison with 2005

The data for 2021 are important to assess the PoAF's current carbon footprint and the organization's GHG emissions. As set out in RNC2050 (CMR No. 107/2019, 2019), these values must be calculated so forecasts can be performed by comparing current emissions with the data for 2005.

The current IS have detailed data on each vehicle. However, as the IS used in 2005 did not, this data was obtained from the PoAF Yearbook for 2005 (PoAF, 2005). The distance covered by the PoAF vehicles was ascertained, as well as the existing vehicles and their distribution by fleet. The fuel consumption values were estimated from the average consumption of these vehicles.

Relative to 2005, the distances covered in 2021 decreased by 6,166,171 km, which represents a reduction of 44%, and fuel consumption decreased by 527,281 l, which represents a 36% reduction in fuel consumption.

After the travel distances and fuel consumption data were obtained, the GHG emissions for 2021 and 2005 were calculated using the formulas in Order No. 228/90 (1990) and Decision No. 17313/2008 (2008).

GHG emissions reached about 2,134 t of CO₂e in 2021 and about 3,919 t of CO₂e in 2005.

Therefore, GHG emissions decreased by 46% between 2005 and 2021.

4.1.4. Brief overview on SO1

The analysis of the carbon footprint of the PoAF Ground Transportation fleet (SO1) revealed that, at this time, all PoAF vehicles run on fossil fuels, and that the PoAF's GHG emissions into the atmosphere reached 2,134 t of CO₂e in 2021. The reduction of the last few years is an example of what should be done to continue reducing the PoAF's ecological footprint and improve the organization's energy efficiency without hindering the tasks it has been assigned.

4.2. To identify measures that the PoAF can implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral, and how each will contribute to this goal (SO2)

Several measures were identified to help the PoAF make its Ground Transportation fleet carbon neutral. These measures can be implemented separately but should preferably be integrated.

The measures are based on two principles: i) diversifying and complementing the actions taken to include as many measures as possible; ii) choosing the most cost-effective solution.

The identified measures are: using biofuels and synthetic fuels, coordinating trips and sharing vehicles and replacing some vehicles with electric, hybrid and H₂ vehicles.

The next sections describe the measures and analyse how they contribute to a carbon neutral Transportation sector, to comply with the applicable legislation, more specifically with the rules set out in RNC2050 (CMR No. 107/2019, 2019).

4.2.1. Using biofuels and synthetic fuels

The decrease in GHG emission depends on the type of biofuel that is used. This includes all GHG emissions and costs, from the moment the fuel is extracted and refined to the moment it is consumed in the engine, and not only the emissions emitted by the engine when burning the fuel (Prio, 2021).

The biodiesel used in Portugal is B7 biodiesel, which is estimated to reduce GHG emissions of about 15%. However, using B15 biodiesel would reduce emissions by 18% compared to regular diesel (Prio, 2021). Using B30 biodiesel would reduce GHG emissions by about 25% (Prio, 2021).

Citroen vehicles with high pressure direct injection (HDI) engines can use B30 (Citroen, 2021). The PoAF fleet includes ten Citroen Berlingo and three Citroen Jumper vehicles with HDI engines that run on this type of fuel.

In the different fleets, about 143 light vehicles can run on B30, that is, about 29% of the light vehicle fleet.

The PoAF has about 130 heavy vehicles and equipment compatible with B30, that is, about 40% of the organization's vehicles and equipment.

Using synthetic fuels such as eFuel (which are considered near-neutral) means that the CO₂ removed from the air to produce the fuel will be released into the atmosphere after it is consumed in the vehicle's engine (Cole, 2021). While this option is environmentally

sustainable, there are not enough data at present to assess the total GHG emissions reduction throughout the fuel's life cycle. Therefore, and because at this early stage of development eFuel is not available to replace diesel, only gasoline, it was not considered a viable option for the PoAF's Ground Transportation fleet.

4.2.2. Coordinating trips and sharing vehicles

The PoAF already coordinates the movements of its fleets and vehicles through the IS, which provides an overview of all the trips planned for a given day and location. This allows the local managers of the transport squadrons to coordinate and combine resources to reduce travel distances and the vehicles allocated to a given task (R.M. Cotovio, op. cit.).

In the case of exercises and missions, this coordination is usually prepared during the planning phase and managed during the deployment, mission and withdrawal phases either by the DAT or by the Air Command, depending on who is in charge of commanding and coordinating that exercise or mission (B.R. Prazeres, email interview, 12 November 2021).

The distances covered within the units, including BA5 and Air Base No. 11 (BA11), represent about 40% of the total (N.R. Sá & R.M. Cotovio, email interview, 12 November 2021). This suggests that, in these cases, if the PoAF units are managed as if they were cities, as advised by Gargiulo et al. (2017), it will be possible to significantly decrease the total distances travelled.

If new technologies are used more extensively in certain areas that do not require the presence of people on site, this will reduce trips to attend meetings, appointments and / or classes using the PoAF's military vehicles (F.M. Morais, email interview, 12 November 2021).

Based on the features of smart cities proposed by Gargiulo et al. (2017) and on the requirements for sustainable mobility listed by Mohammadian and Rezaie (2020), it will be possible to reduce the distance covered by the vehicles of the various PoAF units and, consequently, their fuel consumption. Directive No. 6 of the CEMFA (2021) defines the need to reduce the indicators associated with ground fuel consumption and the distance covered by PoAF vehicles by 5% relative to the average of the last three years.

In addition to these three measures, coordinating trips, sharing vehicles and reducing the overall need for travel will decrease consumption and travel distances by 2050 relative to 2021, contributing to reduce the PoAF's GHG emissions.

4.2.3. Replacing vehicles

Currently, the types of vehicles that are considered green and sustainable, in addition to those that use biofuels or synthetic fuels, are electric, hybrid or H₂ fuel cell vehicles (Serrano, Carvalho, Pires, Pereira & Silva, 2019).

On average, the PoAF vehicles are 21 years old and have covered an average distance of 203,400 km. To meet the environmental targets that have been set, some vehicles will have to be phased out until 2050 (B.R. Prazeres, op. cit.), which will imply a high initial investment. However, this will significantly reduce maintenance and fuel costs as well as GHG emissions (Correia, 2020).

If the PoAF begins phasing out these vehicles in 2030, it will have approximately 20 years to do so by 2050. Due to the reduction in mechanical wear and tear and travel distances, the first vehicles that will be acquired should still be in service in 2050. Therefore, this forecast does not include scrapping and replacing any of the new zero emission vehicles that are acquired.

Bearing in mind the cost-effectiveness principle, two possibilities were analysed: i) replacing heavy vehicles and part of the most frequently used vehicles (PIK, TP9, AUT and TP5); ii) replacing the most frequently used vehicles. The most cost-effective solution is to replace the most frequently used vehicles (a total of 469 vehicles).

4.2.3.1. Electric vehicles

The advantages of electric vehicles are their low maintenance and operating costs, the total reduction of GHG emissions during their operation, which will be lower throughout their life cycle if a greater proportion of renewable energy is used to produce the electrical power required to charge the batteries (Serrano et al., 2019).

The drawbacks are the time required to charge the batteries, the low autonomy, the need for charging stations, the short life span of the batteries and the high acquisition costs (Serrano et al., 2019).

Installing parks with photovoltaic panels to supply the units, as BA5 has done, will reduce both the cost of the electric power required for charging the batteries and the GHG emitted during its production. Therefore, this would be a sustainable, more economical and ecological solution throughout the vehicles' operating cycle (BA5, 2021b).

4.2.3.2. Hybrid vehicles

Hybrid vehicles have an internal combustion engine that consumes fossil fuels and an electric engine that allows the vehicle to be driven in electric mode for several kilometres to reduce fuel consumption. Some vehicles, such as plug-in vehicles, can be charged using an external power source. Therefore, they can cover more kilometres in electric mode and are more ecological and economical than a regular hybrid car (Serrano et al., 2019).

Their greatest advantage is autonomy because the internal combustion engine can be used at any time, but they require regular maintenance, like any other internal combustion vehicle, and their acquisition cost is high (Serrano et al., 2019).

However, the fuel consumption reduction is not enough to meet the targets set out in RNC2050 (CMR No. 107/2019, 2019), and thus these vehicles are not considered a viable option for the PoAF (J.L. Braga, email interview, 12 November 2021).

4.2.3.3. H₂ fuel cell vehicles

H₂ fuel cell vehicles already exist in the market as an option for light or heavy vehicles. However, this solution is still expensive and will only be fully viable in a few years, as there are few options available at this time, which raises the price of these vehicles. Furthermore, there is a lack of infrastructures to power these vehicles (Serrano et al., 2019).

This type of vehicle is not a viable option for the PoAF because H₂ fuel cell vehicles are not listed in the document that establishes the types of vehicles that can be acquired for the State Vehicle Fleet (Decision No. 2293-A/2019, 2019).

Gil (2019) argues that, when these limitations are overcome, acquiring heavy and light fuel cell vehicles is a viable solution because they provide flexibility, autonomy, range and fast refuelling, allowing the PoAF to complete its missions in a practical and convenient way, in compliance with the requirements that have been defined to reach carbon neutrality by 2050.

Installing Drhyve type H₂ refuelling and production stations in the units will allow the PoAF to produce the H₂ required to power the vehicles using renewable energy sources. The entire operating cycle will be practical, self-sufficient and, most importantly, more economical and ecological than using fossil fuels, and it will provide flexible mobility without limiting the distances that can be covered (Tomé, 2021).

4.2.4. Brief overview on SO₂

The previous section identified possible measures to achieve carbon neutrality and analysed which ones can be implemented in the PoAF. Therefore, the “measures that the PoAF can implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral, and how each will contribute to this goal” (SO₂) are: reducing travel distances and fuel consumption, using biofuels in compatible vehicles, promoting resource sharing, and gradually replacing vehicles for more ecological ones with zero emissions. Furthermore, these measures should be coordinated and implemented in a coherent and phased manner.

4.3. What measures can the PoAF implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral by 2050, and how can they be implemented in an integrated way? (RQ)

Based on the measures listed above, annual GHG emission forecasts were calculated and compared to the PoAF’s GHG emissions in 2005, which provided information on the impact of the measures and how they will help the PoAF make its Ground Transportation fleet carbon neutral.

Three measures were found that will help the PoAF make its Ground Transportation fleet carbon neutral: i) reducing fuel consumption and, consequently, the distances covered by vehicles; ii) using biodiesel; iii) replacing the vehicles in use in 2021 with environmentally friendly vehicles over the next years, in a phased manner.

4.3.1. Reducing fuel consumption by reducing travel distances

Four time horizons were analysed, which correspond to four levels of ambition, as shown in Table 4.

Table 4 – Levels of Ambition

Until (year)	% reduction (distance covered) (km) relative to 2005	% reduction (emissions) (CO ₂ e) relative to 2005	Reduction (emissions) (tonnes CO ₂ e) relative to 2005
2030	10%	51%	1.999
2035	15%	54%	2.106
2040	20%	56%	2.212
2050	25%	59%	2.319

This forecast is based on the premise that travel distances and fuel consumption can be further reduced, as explained in 4.2.2.

4.3.2. Using B30 and B15 biodiesel⁶

Using B30 biodiesel in PoAF vehicles could be an interesting solution for the next few years and until 2040. As the PoAF fleets will be gradually renewed, by 2040 there will be significantly less vehicles that can use this fuel.

The biodiesel used in Portugal is B7 biodiesel. This fuel decreased the PoAF's GHG emissions by about 10% in 2021 compared to 2005, which corresponds to an emission reduction of about 374 t of CO₂e.

The PoAF should have replaced B7 with B30 biodiesel in 286 light and heavy vehicles by 2040, and, from 2040 until 2050, this fuel will only be used in about 191 vehicles.

For the purposes of this forecast, it was assumed that the remaining 659 light and heavy vehicles will use B15 biodiesel, rather than B7, as they are not compatible with higher blends. From 2040 until 2050, this number is estimated to decrease to 285 vehicles.

Based on these premises, if the PoAF begins to use B30 and B15 biofuel in its 945 vehicles and equipment, CO₂e emissions will decrease by 13% by 2040, relative to 2005.

From 2041 to 2050, using B30 and B15 biofuel in only 476 vehicles will decrease CO₂e emissions by 11% compared to 2005.

4.3.3. Phased replacement of 469 vehicles⁷

It was assumed that the PoAF will replace 469 vehicles from four fleets in a phased manner, specifically AUT, PIK, TP5 and TP9 type vehicles, which have the highest values in terms of fuel consumption and mileage, as shown in Figures 3 and 4.

Bearing in mind the average age and mileage of the PoAF vehicles (21 years and 201,000 km), it was assumed that, if the PoAF begins acquiring new vehicles in 2030, those 469 vehicles will remain in service at least until 2050. Therefore, the zero emission vehicles acquired during that period should not need to be replaced until then.

⁵ Pursuant to article 10 of DL No. 8/2021 of 20 January, and as set out in the public procurement laws, the PoAF can purchase B15, B30 or B100 biofuels from any biofuel producer (such as Prio) for use in its passenger or cargo transport fleets. As mentioned in 4.2.1, B30 can be used in approximately 286 PoAF vehicles and equipment and B15 can be used by the remaining vehicles without any problems.

⁷ The vehicles in the PoAF must be replaced according to the procedures set out in Article 3 of Decision No. 2293-A/2019. The proposals presented in this study are based on this Decision.

Table 5 – Replacing vehicles

Until (year)	No. of replaced vehicles	% reduction (emissions) (CO ₂ e) relative to 2005
2030	100	50%
2035	175	54%
2040	275	60%
2045	370	67%
2050	469	73%

The cost of purchasing electric vehicles is estimated at sixteen million Euros. If diesel vehicles are acquired, the estimated cost is thirteen million Euros. As the table shows, a return on investment will be reached after six years, making this a cost-effective and environmentally viable solution for the PoAF.

4.3.4. Brief overview and answer to the RQ

The above analysis provided the answer to the RQ “What measures can the PoAF implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral by 2050?” is that, by implementing any of the proposed measures separately, the resources required to meet the target of reducing GHG emissions by at least 85% would be incalculable. Therefore, by analysing the data and the findings discussed in SO1 and SO2, a solution was found that essentially involves combining the measures presented in Table 6 (an integrated solution).

Table 6 – Combined Measures (Integrated Solution)

Measure	Description
Reducing travel distances and fuel consumption	10% (by 2030), 15% (by 2035), 20% (by 2040) and 25% (in 2045)
	Digitalising processes to reduce transport needs
	Raising awareness and implementing driving procedures
Using B30 biodiesel and B15 biodiesel in 945 vehicles and equipment	By 2040, after which the number of vehicles and equipment using this fuel will be reduced to 476
Replacing vehicles	Replacing 469 vehicles in a phased manner by 2050 (an estimated investment of 16 million Euros)

Figure 5 shows a GHG emissions forecast until 2050, according to the integrated solution described above.

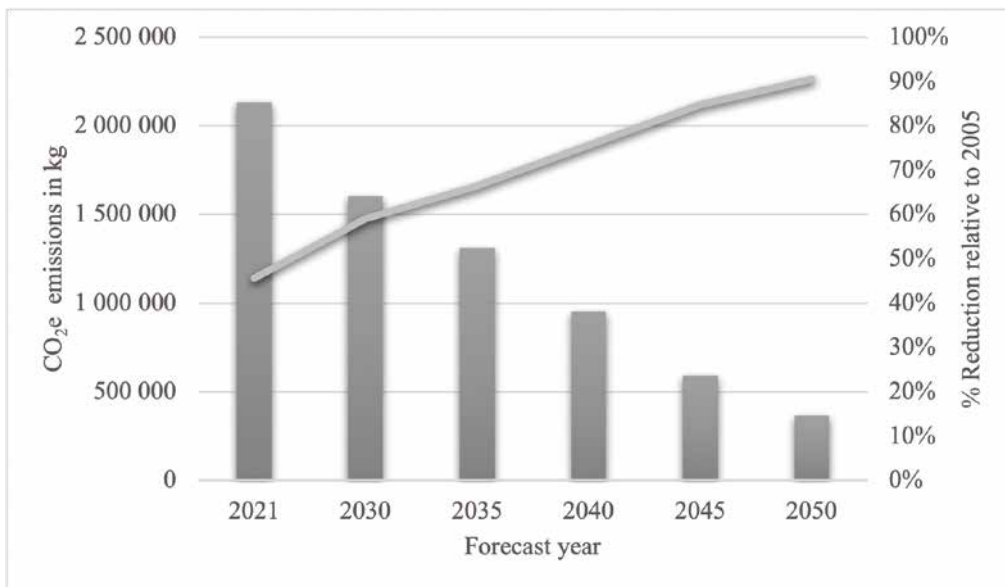


Figure 5 – Carbon Neutrality forecast for the PoAF Ground Transportation fleet

The targets set out in RNC2050 (CMR No. 107/2019, 2019) should be reached in 2045, with an **85%** reduction in GHG emissions compared to 2005. This forecast shows that the PoAF can reduce its GHG emissions by **91%** by 2050, relative to 2005.

The **Basic Law on the Climate** (Law No. 98/2021, 2021) sets more ambitious targets than those defined in RNC2050 (CMR No. 107/2019, 2019), such as the need to achieve carbon neutrality as early as 2045 and reduce GHG emissions by 90% by 2050. The forecast proposed in this study also complies with the requirements set in this Law.

5. Conclusions

This study aimed to identify and assess measures that the PoAF can implement to achieve carbon neutrality, to ensure that the PoAF Ground Transportation fleet complies with the environmental commitments taken on by Portugal.

The steady rise in the Earth's global average temperature has proved harmful to the environment, leading to constant climate change. It is, therefore, crucial to reduce GHG emissions in order to mitigate these phenomena, which are harmful to life on Earth.

Several international and national regulations have set environmental targets, such as the 2030 Agenda for Sustainable Development (UN, 2021b), the Paris Agreement (UN, 2015), the RNC2050 (CMR No. 107/2019, 2019) and the PNEC2030 (CNR No. 53/2020, 2020).

One of Portugal's goals is to reduce GHG emissions in various sectors of activity from 85% to 90% by 2050 compared to 2005. According to RNC2050, the Transport sector will be instrumental in achieving this (CMR No. 107/2019, 2019).

As for delimitations, the study addressed the PoAF Ground Transportation fleet. First, the state of the art was analysed and data were extracted from the IS and the applicable

international and national legislation. This analysis provided an overview of the current situation and the collected data were used to make a forecast until 2050. Using 2005 as the year of reference, it was possible to calculate the percentage reduction in GHG emissions.

Table 7 lists the objectives and research questions.

Table 7 – Research objectives and questions

Research Question	Specific Objective
RQ: What measures can the PoAF implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral by 2050, and how can they be implemented in an integrated way?	SO1: To assess the current carbon footprint of the PoAF Ground Transportation fleet.
	SO2: To identify measures that the PoAF can implement to make its Ground Transportation fleet carbon neutral, and how each will contribute to this goal.

The analysis of the research objectives and the answer to the research questions are provided in Table 8.

Table 8 – Analysis of the Research Objectives and answer to the Research Questions

Objective Question	Analysis	Conclusion
SO1	The 2021 and 2005 data for the PoAF vehicles and equipment were analysed, the distances covered and ground fuel consumed by the vehicles were assessed to calculate the total GHG emissions of all PoAF fleets.	Calculating the GHG emissions for 2021 (estimated at 2,134 t of CO ₂ e) and 2005 (estimated at 3,919 t of CO ₂ e) revealed that emissions decreased by 46% in 2021, relative to 2005.
SO2	The study identified several measures that the PoAF can implement in its Ground Transportation fleet, in order to meet the national and international environmental targets that have been set: – Coordinating internal and external movements, promoting digitalisation and the use of new technologies to reduce the need for trips using military vehicles, reducing fuel consumption; – using B15 and B30 biofuels; – changing mindsets with regards to mobility and sustainability by raising awareness and creating sustainable driving procedures.	If the identified measures are combined in a coherent, phased manner, the PoAF Ground Transportation fleet will be carbon neutral before 2050. The measures are: – reducing fuel consumption and travel distances; – using (B15 and B30) biodiesel in a higher percentage of vehicles; – replacing vehicles with zero emissions vehicles, which will entail an estimated investment of 16 million Euros by 2050.

RQ	Measures to reduce GHG compared to 2005:	
	1. Using biodiesel – Using B7 biodiesel reduced GHG emissions by 10% in 2021; – By 2040, using B30 and B15 biodiesel will reduce CO₂e emissions by 13%.	The integrated solution: 1. Using B15 and B30 biofuels; 2. Reducing travel distances and fuel consumption by digitalising processes and coordinating trips; 3. Replacing 469 vehicles by 2050 in a phased manner (an estimated cost of 16 million Euros).
	2. Reducing fuel consumption and travel distances – A 10% decrease will reduce GHG by 51%; – A 25% decrease will reduce GHG by 59%.	
	3. Replacing 469 light vehicles from four fleets with zero emission vehicles, in a phased manner – By 2030, replacing 100 vehicles will reduce GHG by 50%; – By 2050, replacing 469 vehicles will reduce GHG by 73%.	In 2045, the reduction in GHG emissions will be 85%, relative to 2005. In 2050, this reduction will reach 91%, achieving carbon neutrality and meeting the targets set out in RNC2050 (CMR No. 107/2019, 2019).

This study **contributions to knowledge** are: providing data on the GHG emissions, travel distances and fuel consumption for the PoAF's 945 vehicles and equipment; proposing measures (which are already being implemented in the PoAF units) to reduce the travel distances and fuel consumption of the Ground Transportation fleet, and; assessing which measures should be implemented and what their impact will be, in order to meet the target of making the Transportation sector carbon neutral by 2045.

This study had a **limitation** that did not affect the findings, which consists of the fact that Decision No. 2293-A/2019 (2019) is outdated because it lists the cost of purchase of some electric vehicles, but does not cover H₂ fuel cell vehicles, and, in the case of Pick-Up and TP9 vehicles, it only includes diesel powered vehicles.

Therefore, future studies are needed to address this limitation and assess the possibility of using eFuel in aviation.

As for **recommendations**, the study suggests that the DAT monitor how data is filled out and uploaded to the IS more closely, and that this study be forwarded to the EMFA and added to the knowledge repository on the environment.

References

- Air Base No. 5 (2021a, 25 January). Directive No. 1/2021. *Política Ambiental da Unidade*. Monte Real: Author.
- Air Base No. 5 (2021b, 05 June). *Plano Estratégico de Sustentabilidade Ambiental da Base Aérea N.º5*. Monte Real: Author.
- Bilhim, J. A. F. (2006). *Teoria Organizacional* (5th Edition, revised and updated). University of Lisbon. Lisbon: Institute of Social and Political Sciences.

- Casimiro, J. T. (2021, 15 November). *Toyota adia transição para veículos elétricos e reforça aposta no hidrogénio*. Retrieved from: <https://jornaleconomico.sapo.pt/noticias/toyota-adia-transicao-para-veiculos-eletricos-e-reforca-aposta-no-hidrogenio-808443>
- Chief of Staff of the Air Force. (2017). *Decision No. 49/CEMFA/2017 - Política Ambiental da Força Aérea*. [Environmental Policy of the Portuguese Air Force.] Lisbon: Author.
- Chief of Staff of the Air Force. (2019). *Directive No. 08/CEMFA/2019 - Planeamento Estratégico da Força Aérea 2019/2022*. [Air Force Strategic Planning 2019/2022.] Lisbon: Author.
- Chief of Staff of the Air Force. (2021). *Directive No. 06/CEMFA/2021 – Objetivos e Indicadores de Gestão para 2021*. [Management Objectives and Indicators for 2021]. Lisbon: Author.
- Chief of Staff of the Air Force. (2022). *Guidance for the Air Force*. Lisbon: Author
- Citroen. (2021, 27 December). *Energias Alternativas*. Retrieved from: <https://www.citroen.pt/universo-da-marca-citroen/ambiente-e-desenvolvimento-sustentavel/energias-alternativas.html>
- Cole, C. (2021, 04 November). *Porsche's eFuel could be a climate game-changer*. Retrieved from: <https://www.cnet.com/show/news/porsche-efuel-climate-gamechanger/>
- Correia, R. J. S. (2020). *Mobilidade Sustentável: Avaliação Do Impacto Da Introdução De Veículos Elétricos* (Thesis prepared for the Master's Degree in Business Sciences (Logistics Management). Polytechnic Institute of Setúbal.
- Council of Ministers Resolution No. 107/2019 of 01 July 2019. (2019). *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050*. [Roadmap for Carbon Neutrality 2050.] Journal of the Republic, 1st Series, 123, 3208-3299. Lisbon: Presidency of the Council of Ministers.
- Council of Ministers Resolution No. 53/2020 of 10 July 2020. (2020). *Plano Nacional Energia e Clima 2030*. [National Energy and Climate Plan 2030.] Journal of the Republic, 1st Series, 133, 2-158. Lisbon: Presidency of the Council of Ministers.
- Council of Ministers Resolution No. 63/2020 of 14 August 2020. (2020). *Plano Nacional do Hidrogénio*. [National Hydrogen Plan] Journal of the Republic, 1st Series, 158, 7-88. Lisbon: Presidency of the Council of Ministers.
- Council of Ministers Resolution No. 98/2020 of 13 November 2020. (2020). *Estratégia Portugal 2030*. [Portugal 2030 Strategy] Journal of the Republic, 1st Series, 222, 12-61. Lisbon: Presidency of the Council of Ministers.
- Council of Ministers Resolution No. 46-B/2021 of 04 May 2021. (2021). *Estrutura de Missão «Recuperar Portugal»*. [Mission Structure “Recovering Portugal”] Journal of the Republic, 1st Series, 86, 11-(9)-11-(11). Lisbon: Presidency of the Council of Ministers.
- Decree-Law No. 89/2008 of 30 May (2008). *Estabelece as normas referentes às especificações técnicas aplicáveis ao propano, butano, GPL auto, gasolinas, petróleos, gasóleos rodoviários, gásóleo colorido e marcado, gásóleo de aquecimento e fuelóleos, definindo as regras para o controlo de qualidade dos carburantes rodoviários e as condições para a comercialização de misturas de biocombustíveis com gasolina e gásóleo em percentagens superiores a 5 %*. [Establishes technical requirements for the use of propane, butane, auto LPG, gasoline, petroleum, road diesel, dyed or marked fuel, heating gas oil and fuel oils, and sets procedures for the quality control of road fuels and requirements for the sale of biofuel blends with petrol and diesel in percentages higher than 5%] Journal of the Republic, 1st Series, 104, 3072-3080. Lisbon: Ministry of Economy and Innovation.

- Decree-Law No. 142/2010 of 31 December (2010). *Altera as normas de especificação técnica para a composição da gasolina e do gasóleo rodoviário, introduz um mecanismo de monitorização e de redução das emissões de gases com efeito de estufa, transpõe parcialmente para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2009/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril, procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 281/2000, de 10 de Novembro, e à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 89/2008, de 30 de Maio.* [Amends the technical requirements for the composition of petrol and diesel, introduces a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions, partially transposes Directive No. 2009/30/EC of the European Parliament and Council of 23 April into Portuguese law, and introduces the second amendment to Decree Law No. 281/2000 of 10 November and the first amendment to Decree Law no. 89/2008, of 30 May]
- Decision No. 149/2020 of 07 January (2020). *Diretiva Ambiental para a Defesa Nacional.* [Environmental Directive for National Defence.] Journal of the Republic, 2nd Series, 4, 46-51. Lisbon: Ministry of National Defence.
- Decision No. 17313/2008 of 26 June (2008). *Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Factores de Conversão.* Journal of the Republic, 2nd Series, 122, 27912-27913. Lisbon: Ministry of Economy and Innovation.
- Decision No. 2293-A/2019 of 7 March (2019). *Parque de Veículos do Estado.* Journal of the Republic, 2nd Series, 47, 7088-(2)-7088-(8). Lisbon: Finanças e Ambiente e Transição Energética - Gabinetes dos Ministros das Finanças e do Ambiente e da Transição Energética. [Ministry of Finance and Ministry of Environment and Energy Transition.]
- Durão, L. F. V. (2020). *Processos termoquímicos para conversão de materiais ricos em lípidos em biocombustíveis e utilização da pirogasolina em motores de ignição comandada* (PhD thesis on Bioenergy). NOVA University of Lisbon.
- European Parliament. (2021a). *What is carbon neutrality and how can it be achieved by 2050?* Retrieved from: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190926STO62270/what-is-carbon-neutrality-and-how-can-it-be-achieved-by-2050>
- European Parliament. (2021b). *Renewable hydrogen: what are the benefits for the EU?* Retrieved from: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20210512STO04004/renewable-hydrogen-what-are-the-benefits-for-the-eu>
- Galp. (2021). *Combustíveis para aviação.* Retrieved from: <https://galp.com/pt/pt/empresas/aviacao>
- Gargiulo, C., Russo, L., & Papa, R. (2017, June). *The evolution of smart mobility strategies and behaviors to build the smart city.* Paper presented at the 5th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems of the Institute of Electrical and Electronic Engineering, Naples.
- Gil, L. (2019). *Materiais Necessários para a Transição Energética Via Mobilidade Elétrica Rodoviária.* *Ciência e Tecnologia de Materiais*, 31(1), pp. 22-27. Retrieved from NP1917075_revista_SPM_V1_V18_low_AF.pdf

- GreenFuture. (2021, 03 July). *Camiões a hidrogénio superam um milhão de quilómetros*. Retrieved from: <https://greenfuture.pt/2021/07/03/camioes-a-hidrogenio-superam-um-milhao-de-quilometros/>
- Iberdrola. (2021). *Consequências do efeito de estufa*. Retrieved from: <https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/consequencias-efeito-estufa>
- Jeekel, H. (2016, July). *Social Sustainability and Smart Mobility: Exploring the relationship*. Paper presented at the 14th World Conference on Transport Research of the WCTRS, Shanghai.
- Law No. 98/2021 of 31 December (2021). *Lei de Bases do Clima*. [Basic Law on the Climate] Journal of the Republic, 1st Series, 253, 5-32. Lisbon: Portuguese Parliament.
- Maréchal, F., Schnidrig, J., & Nguyen, T. (2021, July). *An analysis of the impacts of green mobility strategies and technologies on different European energy systems*. Paper presented at the 34th International conference on efficiency, cost, optimization, simulation and environmental impact of energy systems of the Environmental Council of the States (ECOS), Taormina.
- Marmé, P. (2019, 13 December). *Autocarros com Diesel 100% feito com óleos alimentares usados já rolam em Lisboa*. Retrieved from: <https://wattson.pt/2019/12/13/autocarros-com-diesel-100-feito-com-oleos-alimentares-usados-ja-rolam-em-lisboa/>
- Mirante, O. (2021, 07 November). *Cascais vai transformar lixo doméstico em hidrogénio para abastecer autocarros*. Retrieved from: <https://omirante.pt/sociedade/2021-11-07-Cascais-vai-transformar-lixo-domestico-em-hidrogenio-para-abastecer-autocarros-24b6a966>
- Mohammadian, H. D., & Rezaie, F. (2020). Blue-Green Smart Mobility Technologies as Readiness for Facing Tomorrow's Urban Shock toward the World as a Better Place for Living (Case Studies: Songdo and Copenhagen). *Technologies*, 8 (3), pp. 3-4. doi: <https://doi.org/10.3390/technologies8030039>
- Order No. 228/90 of 27 March (1990). *Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Sector dos Transportes*. [Regulation on Energy Consumption Management in the Transport Sector] Journal of the Republic, 1st Series, 72, 1491-1493. Lisbon: Ministry of Industry and Energy.
- Portuguese Air Force. (2005). *Relatório Anual de Atividades 2005*. [Annual Activity Report 2005.] Lisbon: Author.
- Prio. (2021, 27 December). *Relatório de Sustentabilidade 2020*. [Sustainability Report for 2020] [PDF]. Retrieved from: https://www.prio.pt/downloads/file265_pt.pdf
- Renewable Energy Association. (2019). *Impacto da eletricidade de origem renovável* [PDF]. Retrieved from <https://www.apren.pt/contents/files/apren-relatorio-impactos-eletricidade-fer.pdf>
- Renewable Energy Association. (2021). *Energias Renováveis*. Retrieved from: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/destaques>
- Salsa, J., Guimarães, O., & Cunha, R. (2021). *CienTic*. Porto: Porto Editora.

- Santos, L. A., & Lima, J. M. (Coords.) (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* (2nd Ed., revised and updated). IUM Notebooks, 8. Lisbon: Military University Institute.
- Serrano, L., Carvalho, P. M., Pires, N., Pereira, N., & Silva, M. G. (2019, July). *Comparing sustainable alternatives for energy source for the automotive sector*. Paper presented at the conference on Energy for Sustainability International 2019, Turin.
- Stockholm Environment Institute. (2018, 13 December). *The Sustainable Development Goals viewed through a climate lens*. Retrieved from: <https://www.sei.org/publications/the-sustainable-development-goals-viewed-through-a-climate-lens/>
- Tomé, J. D. (2021). Drhyve. *O posto de abastecimento de hidrogénio portátil e Português*. Retrieved from: <https://www.razaoautomovel.com/2021/08/drhyve-o-posto-de-abastecimento-de-hidrogenio-portatil-e-portugues>
- Toyota. (2021). *Novo Toyota Mirai, o futuro é de quem o sonha*. Retrieved from: <https://www.toyota.pt/world-of-toyota/campanhas/toyota-mirai.json>
- United Nations Organization. (2015). *Paris Agreement*. [PDF]. Retrieved from https://www.portaldiplomatico.mne.gov.pt/images/pdf/politica_externa/english_paris_agreement.pdf
- United Nations Organization. (2021a). *Status of Treaties, Chapter XXVII, Subchapter 7.d., Environment. Paris Agreement*. Retrieved from: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en
- United Nations Organization. (2021b). *Sustainable Development Goals*. Retrieved from <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>
- United Nations Organization. (2021c). *Framework Convention on Climate Change*. Retrieved from: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/glossary-of-climate-change-acronyms-and-terms#g>
- United Nations Organization. (2021d). *Millennium Development Goals*. Retrieved from: <https://www.un.org/millenniumgoals/mdgmomentum.shtml>

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA DE CIÊNCIAS MILITARES (RCM)

1. **A Revista de Ciências Militares (RCM) é uma publicação de carácter científico, com indexação aprovada pela SciELO – Scientific Electronic Library Online**, que compreende trabalhos de autores nacionais e internacionais, e destinada a um público nacional e internacional.
2. A RCM tem como principal objetivo, no âmbito das Ciências Militares, olhar para as questões da Segurança e da Defesa, em geral, e da Estratégia, Operações e Administração das Forças Armadas e da Guarda Nacional Republicana, em particular, tanto no plano nacional como internacional. De forma complementar, constitui-se como um fórum de reflexão, debate e divulgação da produção académica, científica e de investigação realizada no Instituto Universitário Militar (IUM), através da apresentação de temas e artigos de relevante qualidade, interesse e oportunidade.
3. A decisão de publicar os artigos científicos submetidos à RCM é do Comandante do IUM – sob proposta da Direção Editorial – depois de sujeitos a uma plataforma para deteção de inconformidades e do parecer favorável da avaliação de, pelo menos, dois “revisores” externos (peer review) em regime de duplo anonimato (*double-blind*). Nesta avaliação os artigos podem ser classificados como: *Sim, sob a forma atual; Sim, sofrendo algumas correções; Não deve ser publicado*.
4. A notificação do resultado é efetuada por correio electrónico ao(s) autor(es), e é acompanhada pelas fichas de avaliação elaboradas pelos revisores científicos.
5. A Direção Editorial reserva-se o direito de promover e publicar entrevistas, debates, reflexões e incluir artigos de revisão, estudos de caso, resenhas e conclusões de seminários ou *workshops*, no âmbito temático da RCM, não estando estas contribuições sujeitas à avaliação de revisores externos.
6. A RCM é editada em duplo formato, digital (*e-book*, versão integralmente bilingue, no sítio do IUM) e impresso.
7. As **normas de autor/redação** constam numa publicação de uma das Linhas Editoriais do IUM, e estão disponíveis no respetivo sítio, especificamente:

Fachada, C. P. A., Ranhola, N. M. B., Marreiros, J. P. R., &
Santos, L. A. B. (2020). Normas de Autor no IUM (3.^a ed., revista

e atualizada). IUM Atualidade, 7. Lisboa: Instituto Universitário Militar. Retirado de [https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/IESM-IUM%20Atualidade/IUM%20Atualidade%20N.%C2%BA07%20-%20\(3.%C2%AA%20Ed.,%20rev.%20e%20atualizada\)%20-%20Regras%20e%20Normas%20de%20Autor%20no%20IUM.pdf](https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/IESM-IUM%20Atualidade/IUM%20Atualidade%20N.%C2%BA07%20-%20(3.%C2%AA%20Ed.,%20rev.%20e%20atualizada)%20-%20Regras%20e%20Normas%20de%20Autor%20no%20IUM.pdf)

8. Conforme indicado – quer no sítio do IUM, que versa as Normas de Autor (disponível em https://www.ium.pt/?page_id=5712#), quer na publicação elencada no ponto 7. –, os artigos devem ser acompanhados por uma declaração de originalidade e uma ficha de identificação do artigo/autor.

PUBLICATION GUIDELINES OF THE *PORTUGUESE JOURNAL OF MILITARY SCIENCES*

1. **The Portuguese Journal of Military Sciences is a scholarly/scientific journal, indexed by SciELO – Scientific Electronic Library Online**, that publishes studies by Portuguese and foreign authors aimed at national and international audiences.
2. Its scope being the field of Military Science, the *Portuguese Journal of Military Sciences* deals with Security and Defence issues, especially with the Strategy, Operations, and Administration of the Portuguese Armed Forces and the *Guarda Nacional Republicana*, both at home and abroad. It is also a forum where the academic, scientific, and research work carried out at the Military University Institute (IUM) can be reflected on, discussed, and disseminated by highlighting relevant, interesting, and timely themes and articles.
3. The IUM Commander is responsible for the decision to publish the scientific articles submitted to the *Portuguese Journal of Military Sciences* at the proposal of the Editorial Board, after the articles have been checked for discrepancies using an automated software and once they have been approved by at least two external “referees” (peer review) in a double-blind system. The articles can receive an evaluation of: “Accepted in its current form”; “Accepted after some revision”; “Should not be published”.
4. The author(s) receive an email informing them if their article has been accepted and a file with the reviewers’ comments and suggestions.
5. The Editorial Board reserves the right to disseminate and publish interviews, discussions, and reflections, including review articles, case studies, reviews, and conclusions of seminars or workshops within the themes covered by the *Portuguese Journal of Military Sciences*. These contributions do not undergo external peer-review.
6. The *Portuguese Journal of Military Sciences* is published in two formats: digital (fully bilingual e-book available on the IUM website - English and Portuguese) and in print (in the original Portuguese).
7. The **author/article guidelines** have been published in one of the issues of the IUM Editorial Lines, and can be downloaded from the IUM website:

Fachada, C. P. A., Ranhola, N. M. B., Marreiros, J. P. R., & Santos, L. A. B. (2020). Normas de Autor no IUM [Author rules] (3.^a ed., revised

and updated). IUM Atualidade, 7. Lisboa: Instituto Universitário Militar. Retrieved from [https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/IESM-IUM%20Atualidade/IUM%20Actuality%20N.%20C2%BA07%20-%20\(3rd%20Ed.,%20rev.%20and%20updated\)%20-%20IUM%20Author%20Guidelines%20\(EN\).pdf](https://www.ium.pt/s/wp-content/uploads/CIDIUM/IESM-IUM%20Atualidade/IUM%20Actuality%20N.%20C2%BA07%20-%20(3rd%20Ed.,%20rev.%20and%20updated)%20-%20IUM%20Author%20Guidelines%20(EN).pdf)

8. As stated in the IUM website - where the full Publication Guidelines can be downloaded (available from: https://www.ium.pt/?page_id=5712#) - and in the issue listed in point (7), the articles must be accompanied by a declaration of originality and the article/author identification form.

REVISORES CIENTÍFICOS A CUJO PARECER SE RECORREU NO ANO TRANSATO DE 2021

SCIENTIFIC REVIEWERS WHO CONTRIBUTED THEIR TIME AND EXPERTISE IN THE LAST YEAR OF 2021

Professor Doutor Pedro Borges Graça, ISCSP – Universidade de Lisboa
Professora Doutora Ana Isabel Xavier, Centro de Estudos Internacionais, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa
Professora Doutora Teresa Maria Ferreira Rodrigues, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – UNL
Professora Doutora Maria Francisca Alves Ramos de Gil Saraiva, ISCSP – Universidade de Lisboa
Professor Doutor António Horta Fernandes, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – UNL
Professor Doutor Pedro Nuno Alves Vidal de Seabra, Instituto de Defesa Nacional
Major-general João Vieira Borges (Doutor), Exército Português
Brigadeiro-general David José Gaspar, Força Aérea Portuguesa
Doutora Marisa Alexandra Santos Fernandes, Instituto de História Contemporânea – Universidade Nova de Lisboa
Capitão-de-mar-e-guerra João Afonso Marques Coelho Gil (Doutor), Marinha Portuguesa
Capitão-de-mar-e-guerra Luís Nuno da Cunha Sardinha Monteiro (Doutor), Marinha Portuguesa
Capitão-de-mar-e-guerra António José de Jesus Neves Correia, Marinha Portuguesa
Capitão-de-mar-e-guerra Pedro Manuel Buisson Vairinho de Beltrão Loureiro (Mestre), Marinha Portuguesa
Capitão-de-mar-e-guerra Luís Miguel Pereira Gonçalves, Marinha Portuguesa
Coronel Carlos Manuel Mendes Dias (Doutor), Exército Português
Coronel Luís Eduardo Marquês Saraiva (Doutor), Exército Português
Coronel Ana Rita Duarte Gomes Simões Baltazar (Doutora), Força Aérea Portuguesa
Coronel José Carlos Cardoso Mira, Força Aérea Portuguesa
Coronel Francisco José de Carvalho Cosme (Mestre), Instituto Universitário Militar
Capitão-de-fragata Jaime Carlos do Vale Ferreira da Silva (Doutor), Marinha Portuguesa
Capitão-de-fragata Rui Pedro Gomes Fernando da Silva Lampreia (Doutor), Marinha Portuguesa
Tenente-coronel Pedro Manuel Carriço Pinheiro, Instituto Universitário Militar
Tenente-coronel Júlio Manuel Coutinho Franco Gouveia Carvalho, Exército Português
Tenente-coronel Pedro Miguel da Silva Costa (Mestre), Instituto Universitário Militar
Tenente-coronel Nuno Alberto Rodrigues Santos Loureiro, Instituto Universitário Militar
Tenente-coronel Marco António Ferreira da Cruz, Instituto Universitário Militar
Major Carlos Miguel Coelho Rosa Marques da Silva (Mestre), Exército Português
Major João Carlos Gonçalves dos Reis (Doutor), Exército Português
Major Bruno António Serrasqueiro Serrano (Mestre), Força Aérea Portuguesa



Editorial: revistacienciasmilitares@ium.pt
Telephone: (+351) 213 002 100; Fax: (+351) 213 002 162
Morada: Rua de Pedrouços – 1449-027 Lisboa



Capa

Composição Gráfica

Tenente-coronel TINF Rui José da Silva Grilo

Sobre aguarela de

Tenente-general Vitor Manuel Amaral Vieira