



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Luísa Sobral Ferreira

OPERATIONAL COORDINATION GAME
EDITOR FOR MARINE POLLUTION CONTROL
SIMULATOR

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Informática,
especialização em Engenharia de Software, orientada pelos Professores
Doutores Licínio Gomes Roque e Fernando Barros e apresentada ao
Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2023



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

Ana Luísa Sobral Ferreira

Operational Coordination Game Editor for Marine Pollution Control Simulator

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Informática, especialização em Engenharia de Software, orientada pelos Professores Doutores Licínio Gomes Roque e Fernando Barros e apresentada ao Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2023

Agradecimentos

Agradeço a todos os que tornaram possível a conclusão desta dissertação. Em especial, agradeço aos meus orientadores, Licínio Gomes Roque e Fernando Barros, pela orientação e apoio dado no decorrer do projeto.

Agradeço também a todos os outros professores envolvidos neste projeto, e em especial, aos membros da equipa de desenvolvimento do projeto MPCs, que fizeram comigo este percurso desafiador e enriquecedor.

Agradeço à minha família por me ter dado todas as condições necessárias ao longo desta jornada.

Agradeço também à Universidade de Coimbra, mais concretamente ao Departamento de Engenharia Informática, e a todas as pessoas que contribuíram para o sucesso deste projeto.

Este trabalho é, sem dúvida, resultado do esforço coletivo de muitos, e estou profundamente grata por todo o apoio e colaboração recebidos.

A todos o meu muito obrigada,

Ana Ferreira

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo projeto MPCs #101048546 no âmbito do UCPM-2021-PP-MARIPOL, programa UCPM2027 e pela FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P./MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC), no âmbito da Unidade de I&D do CISUC - UIDB/00326/2020 ou código do projeto UIDP/00326/2020.

Resumo

Atualmente, a preocupação com o meio ambiente é cada vez maior. Entre as várias formas de poluição, está a poluição derivada de derrames de petróleo, que podem ocorrer devido a diversas situações. O impacto destes incidentes no meio ambiente é catastrófico, sendo extremamente importante conseguir elaborar uma resposta rápida e eficiente contra estes incidentes

Para isso, é necessário treinar todas as organizações envolvidas no combate à poluição, mas este processo é extremamente dispendioso e difícil de realizar.

O Simulador de Controlo da Poluição Marítima (MPCS), uma ferramenta de aprendizagem baseada em jogo, surge para desenvolver a capacidade de comunicar e cooperar entre as diferentes entidades e pessoas envolvidas na resposta contra este tipo de incidentes. Isto permitirá tornar a resposta cada vez mais rápida e eficaz e com isso minimizar o impacto causado pelos derrames de petróleo no meio ambiente.

Esta dissertação de mestrado consiste no desenvolvimento da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” do MPCS. Esta componente é responsável pela implementação da base de dados do projeto e pela implementação de todos os elementos que são necessários para criar um exercício de simulação e a sua própria definição.

Numa primeira fase desta dissertação foi realizado um estudo sobre simuladores e o domínio “Resposta contra Derrames por Desastres de Petróleo”. Foi também descrita a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto e identificados alguns riscos. Numa segunda fase, é apresentada a arquitetura da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” e identificados os requisitos necessários para o desenvolvimento da mesma. Na última fase a componente foi implementada e integrada no projeto.

Palavras-Chave

Simulador de Controlo da Poluição Marítima, Editor de jogo, Simulador, Coordenação, Simuladores de Poluição, Petróleo

Abstract

Currently, environmental concern is growing ever more prominent. Among the various forms of pollution, there is pollution derived from oil spills, which can occur due to various circumstances. The impact of these incidents on the environment is catastrophic, making it extremely important to be able to formulate a swift and efficient response to such incidents.

To achieve this, it is necessary to train all the organizations involved in combating pollution. However, this process is extremely costly and challenging to carry out. The Marine Pollution Control Simulator, a game-based learning tool, emerges to enhance the ability to communicate and cooperate among the different entities and individuals involved in responding to these types of incidents. This will enable the response to become increasingly faster and more effective, thereby minimizing the impact caused by oil spills on the environment.

This master's thesis consists of developing the "Game Editor and Simulation Modeling" component of the MPCS. This component is responsible for implementing the project's database and all the elements needed to create a simulation exercise and its own definition.

In the first phase of this thesis, a study was conducted on simulators and the domain of "Response to Oil Disaster Spills." The methodology used in the project's development was also described, and some risks were identified. In the second phase, the architecture of the "Game Editor and Simulation Modeling" component is presented, and the necessary requirements for its development are identified. In the final phase, the component was implemented and integrated into the project.

Keywords

Maritime Pollution Control Simulator, Game Editor, Simulator, Coordination, Pollution Simulators, Oil

Índice

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Contexto	1
1.2	Motivação	2
1.3	Objetivos	2
1.4	Estrutura do documento	3
Capítulo 2	Estado da Arte	5
2.1	Exercícios de Simulação e Treino	5
2.1.1	Crisis Management Simulation (CMS)	6
2.1.2	SimMom	7
2.1.3	ERDS - Emergency Response Driving Simulator	8
2.1.4	VRFP de Emergências	9
2.1.5	MaxSim: State-of-the-art air traffic control simulation and training system	10
2.1.6	XVR Simulation	11
2.1.7	VSTEP: Simulações Avançadas para Treino e Simulação	12
2.1.8	Considerações finais sobre simuladores	12
2.2	O Domínio de “Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo”	13
2.2.1	Plano de contenção nas respostas contra derrames de petróleo	13
2.2.2	Tipos de petróleo e as suas propriedades	13
2.2.3	Processos de Transformação do Petróleo em Contacto com a Água	14
2.2.4	Contenção e Recuperação do Petróleo: Estratégias e Equipamentos	15
2.2.5	Coordenação nas Respostas Contra Derrames de Petróleo	16
2.2.6	Contribuições da Série de Relatórios IPIECA	18
2.3	Sobre instrumentos de simulação	19
2.3.1	OSERIT	19
2.3.2	SIMAP	20
2.3.3	MEDSLIK-II	21
2.3.4	GNOME	22
2.3.5	OILMAP	23
2.3.6	OSCAR	24
2.3.7	MOHID	25
2.3.8	Considerações sobre instrumentos de simulação e treino	26
Capítulo 3	Metodologia	28
3.1	Objetivo	28
3.2	O Editor de Jogo e Modelação da Simulação	30
3.3	Uso de Redes de Petri para definição dos exercícios	30
3.4	Abordagem	33
3.5	Plano e calendarização	35
3.6	Identificação e Avaliação de Riscos	36
Capítulo 4	Requisitos da Componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”	40
4.1	Identificação dos requisitos	40
4.2	Diagrama de Casos de Uso	50
4.2.1	Diagrama caso de uso Utilizador não Registado	51
4.2.2	Diagrama caso de uso Utilizador registado	51
4.2.3	Diagrama caso de uso Gestor MPCs	53
4.3	Especificação de Casos de uso	54

4.4	Wireframes	57
4.4.1	Wireframe para o Caso de uso “Efetuar Login”	57
4.4.2	Wireframes para o Caso de uso “Preencher Formulário de Registo”	58
4.4.3	Wireframe para o Caso de uso “Ver Pedidos de Registo”	59
Capítulo 5	Design de Arquitetura.....	60
5.1	Arquitetura global do projeto	60
5.2	Arquitetura da Componente.....	61
5.3	Modelo de dados.....	63
Capítulo 6	Desenvolvimento.....	67
6.1	Tecnologias e ferramentas utilizadas.....	67
6.2	Interfaces do Módulo de Edição do MPCS	68
6.2.1	Página inicial da aplicação	68
6.2.2	Página para iniciar sessão	70
6.2.3	Página para adicionar um novo utilizador	70
6.2.4	Página Inicial do Gestor MPCS	72
6.2.5	Página inicial do utilizador registado.....	73
6.2.6	Página para adicionar uma instalação	74
6.2.7	Página para consultar os detalhes de um consumível	75
6.2.8	Página para editar as informações de uma organização.....	76
6.2.9	Página para ver a lista de participantes	77
6.2.10	Páginas relacionadas com a criação de exercícios	78
Capítulo 7	Avaliação.....	80
7.1	Avaliação das interfaces da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” ...	80
7.1.1	Testes Realizados às Funcionalidades de Gestão de Utilizadores	80
7.1.2	Testes realizados às interfaces de adição	82
7.1.3	Testes Realizados nas Interfaces de Visualização de Informações.....	82
7.1.4	Testes Realizados nas Interfaces de Edição de Informações	83
7.1.5	Testes Realizados nas Interfaces de Listagem das Entidades	83
7.2	Avaliação da integração das 5 componentes	84
7.2.1	Primeiro Ensaio de Uso de uma versão integrada	84
7.2.2	Segundo Ensaio de Integração com Uso Simulado	85
Capítulo 8	Conclusão.....	87
Referências.....		89
Apêndice A.....		94
A.1	Rede de Petri.....	94
A.2	Diagrama de Gantt.....	96
A.3	Tabela dos requisitos	98
A.4	Arquitetura global do MPCS	98
A.5	Modelo de Dados.....	100
A.6	Definições e Termos do Domínio	101
Apêndice B.....		103
B.1	Interfaces Organização.....	103
B.2	Interfaces Instalação.....	105
B.3	Interfaces Participante.....	107
B.4	Interfaces consumível	109
B.5	Interfaces Equipamentos	111
Apêndice C.....		115
C.1	Gestão de utilizadores	115
Apêndice D.....		119
D.1	Configuração de um exercício	119

Acrónimos

ANSI American National Standards Institute.

ASA Applied Science Associates, Inc..

ATC Air Traffic Control.

BELSPO Belgian Federal Science Policy Office.

CMS Crisis Management Simulation.

CRUD Create, Read, Update, Delete.

DCPM Diretoria de Combate à Poluição do Mar.

DGAM Serviços Centrais da Direção-Geral da Autoridade Marítima.

ERD Entity-Relationship Diagram.

ERDS Emergency Response Driving Simulator.

FAA Federal Aviation Administration.

GIS Geographic Information System.

GNOME General NOAA Operational Modeling Environment.

HAZMAT Hazardous Materials Response Division.

IDE Integrated Development Environment.

IPIECA International Petroleum Industry Environmental Conservation Association.

JPA Java Persistence API.

MAS Sistema da Autoridade Marítima.

MARETEC Marine, Environment and Technology Centre.

MPCS Marine Pollution Control Simulator.

NMA Autoridade Marítima Nacional.

OSER Sistema de Resposta a Emergências de Derrames de Petróleo.

SAR Synthetic Aperture Radar.

SINTEF Foundation for Scientific and Industrial Research.

UI User Interface.

Lista de Figuras

Figura 1 : Pirâmide de Aprendizagem, Adaptado de E. Dale, <i>Audiovisual Methods in Teaching'</i> [6]	5
Figura 2 : Aluno a utilizar simulador CMS [10]	7
Figura 3 : Utilização do simulador SimMom [11]	8
Figura 4 : Camião que contém o simulador [13]	8
Figura 5 : Área de simulação para o camionista e área de controlo para o treinador dentro do camião [13].....	9
Figura 6 : Exemplo de interface vista no simulador VRFP [14].....	10
Figura 7 : Interfaces do simulador MaxSim [18]	10
Figura 8 : Exercício de Treinamento na Região de Segurança Drenthe com Uso do XVR On Scene [56]	11
Figura 9 : Cromatograma de diferentes tipos de petróleo [20].....	14
Figura 10 : Tabela com as pessoas e organizações que participam no OSER.....	17
Figura 11 : Exemplo de interface que podemos ver no modelo OSERIT [32]	19
Figura 12 : Visualização de resultados para uma pluma de petróleo através do SIMAP [28]	20
Figura 13 : Dados de entrada e saída do modelo MEDSLIK-II [33].....	21
Figura 14 : Exemplo de relatório que se pode obter utilizando o GNOME [15].....	22
Figura 15 : Interface do OILMAP [39].....	23
Figura 16 : Interface do sistema OSCAR [41].....	24
Figura 17 : Sistema integrado Bacia do Trancão/Estuário do Tejo [47]	25
Figura 18 : Metodologia do MPCS	29
Figura 19 : Tabela que contém os elementos base de uma Rede de Petri	32
Figura 20 : Rede Petri Implementada	33
Figura 21 : Análise detalhada da execução real do projeto.....	36
Figura 22 - Diagrama de Casos de Uso Utilizador não Registado.....	51
Figura 23 : Diagrama de Casos de Uso Utilizador Registado	52
Figura 24 : Diagrama de Casos de Uso do Gestor MPCS.....	53
Figura 25 - Efetuar Login.....	57
Figura 26 : Registrar o um novo utilizador.....	58
Figura 27 : Interface após submissão do formulário de registo	58

Figura 28 : Interface para o Gestor MPCs ver pedidos de registo.....	59
Figura 29 : Arquitetura global do MPCs.....	60
Figura 30 : Arquitetura da componente "Editor de Jogo e Modelação da Simulação" por meio de um Diagrama de Containers	62
Figura 31 : Modelo de Dados do MPCs através de um ERD	65
Figura 32 : Página inicial da aplicação MPCs.....	69
Figura 33 : Interface para iniciar sessão.....	70
Figura 34 : Interface para registar um novo utilizador	71
Figura 35 : Interface que ilustra a página inicial do Gestor MPCs.....	72
Figura 36 : Interface que ilustra a página inicial do utilizador registado	73
Figura 37 : Interface que permite adicionar uma instalação.....	74
Figura 38 : Interface que permite consultar os detalhes de um consumível	75
Figura 39 : Interface que permite editar as Informações de uma organização	76
Figura 40 : Interface que permite ver os participantes existentes no sistema	77
Figura 41 : Tab 1 do processo de criação de um exercício	78
Figura 42 : Tab2 do processo de criação de um exercício: inserção de informações.....	78
Figura 43: (A) Rede de Petri desenvolvida para o MPCs	95
Figura 44 : (A) Tarefas do diagrama de Gantt.....	96
Figura 45: (A) Diagrama de Gantt da execução real do projeto no 2º semestre	97
Figura 46 : (A) Arquitetura Global do Projeto MPCs.....	99
Figura 47 : (A) Modelo de Dados do MPCs.....	100
Figura 48 : (B) Interface para adicionar uma organização	103
Figura 49 : (B) Interface que permite ver a listas das organizações presentes na aplicação	103
Figura 50 : (B) Interface dos detalhes de uma organização	104
Figura 51 : (B) Interface de edição de uma organização	104
Figura 52 : (B) Interface para adicionar uma instalação.....	105
Figura 53 : (B) Interface que permite ver a lista das instalações presentes na aplicação	105
Figura 54 : (B) Interface de detalhes de uma instalação	106
Figura 55 : (B) Interface de edição de uma instalação	106
Figura 56 : (B) Interface para adicionar um participante	107
Figura 57 : (B) Interface que permite ver a lista dos participantes presentes na aplicação .	108
Figura 58 : (B) Interface para ver os detalhes de um participante	108
Figura 59 : (B) Interface de edição de um participante	109
Figura 60 : (B) Interface para adicionar um consumível	110
Figura 61 : (B) Interface para ver a lista de consumíveis presentes na aplicação	110

Figura 62 : (B) Interface de adição de um equipamento de comunicação	111
Figura 63 : (B) Interface de adição de um Skimmer	112
Figura 64 : (B) Interface de adição de uma Boom.....	113
Figura 65 : (B) Interface de adição de um veículo marítimo.....	114
Figura 66 : (C) Interface de registo dos utilizadores na aplicação	115
Figura 67 : (C) Interface que aparece ao utilizador após este preencher o formulário de registo	116
Figura 68 : (C) Interface que permite ao Gestor MPCCS ver os pedidos de registo	116
Figura 69 : (C) Email que o utilizador recebe quando o seu perfil é ativado no sistema	116
Figura 70 : (C) Interface para definir uma nova palavra-passe se necessário	117
Figura 71 : (C) Email que o utilizador recebe após ter inserido o seu email na interface da figura 70. Deverá clicar no link "Reset Password" para definir uma nova palavra-passe...	117
Figura 72 : (C) Interface para o utilizador inserir uma nova palavra-passe.....	117
Figura 73 : (C) Interface que permite ao Gestor MPCCS ver todos os utilizadores do sistema	118
Figura 74 : (C) Interface que permite ao utilizador editar as suas informações pessoais....	118
Figura 75 : (D) Tab 1 do processo de configuração do exercício	119
Figura 76 : (D) Tab 2 do processo de criação do exercício	120
Figura 77 : (D) Tab 3 do processo de criação do exercício	121
Figura 78 : (D) Tab 4 do processo de criação de um exercício.....	122
Figura 79 : (D) Tab 5 do processo de criação de um exercício.....	122
Figura 80 : (D) Tab 6 do processo de criação de um exercício.....	123
Figura 81 : (D) Tab 7 do processo de criação de um exercício.....	124
Figura 82 : (D) Tab 8 do processo de criação de um exercício.....	124
Figura 83 : (D) Tab 9 do processo de criação de um exercício.....	125
Figura 84 : (D) Interface que mostra ao Gestor MPCCS os exercícios que existem na aplicação	125
Figura 85 : (D) Email que um utilizador recebe quando é convocado para participar num	126

Lista de Tabelas

Tabela 1 : Resumo dos Simuladores do Subcapítulo 2.3	26
Tabela 2 : Planeamento do Semestre através de Scripts Mensais	35
Tabela 3 : Definição do risco - R1.....	37
Tabela 4: Definição do risco - R2.....	37
Tabela 5 : Definição do risco - R3.....	38
Tabela 6 : Definição do risco - R4.....	39
Tabela 7 : Definição do risco - R5.....	39
Tabela 8 : Definição do Requisito Funcional - RF01.....	41
Tabela 9 : Definição do Requisito Funcional - RF02.....	41
Tabela 10 : Definição do Requisito Funcional - RF03.....	42
Tabela 11 : Definição do Requisito Funcional - RF04.....	42
Tabela 12 : Definição do Requisito Funcional - RF05.....	43
Tabela 13 : Definição do Requisito Funcional - RF06.....	43
Tabela 14 : Definição do Requisito Funcional - RF07.....	43
Tabela 15 : Definição do Requisito Funcional - RF08.....	44
Tabela 16 : Definição do Requisito Funcional - RF09.....	44
Tabela 17 : Definição do Requisito Funcional - RF10.....	45
Tabela 18 : Definição do Requisito Funcional - RF11.....	45
Tabela 19 : Definição do Requisito Funcional - RF12.....	46
Tabela 20 : Definição do Requisito Funcional - RF13.....	46
Tabela 21 : Definição do Requisito Funcional - RF14.....	46
Tabela 22 : Definição do Requisito Funcional - RF15.....	47
Tabela 23 : Definição do Requisito Funcional - RF16.....	47
Tabela 24 : Definição do Requisito Funcional - RF17.....	48
Tabela 25 : Definição do Requisito Funcional - RF18.....	48
Tabela 26 : Definição do Requisito Funcional - RF19.....	49
Tabela 27 : Definição do Requisito Funcional - RF20.....	49
Tabela 28 : Requisitos Não Funcionais Identificados	49
Tabela 29 : Especificação do Caso de Uso "Criar Exercício"	55
Tabela 30 : Aspectos positivos e aspetos a serem melhorados encontrados no 2º ensaio	86

Tabela 31: (A) Estado dos requisitos do projeto.....	98
Tabela 32 : (A) Definições e Termos do Domínio.....	102

Capítulo 1

Introdução

Este documento é o relatório final de um projeto de estágio desenvolvido no âmbito do Mestrado em Engenharia Informática com especialização em Engenharia de Software da Universidade de Coimbra. Este estágio enquadra-se no contexto de uma colaboração entre o Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia, a Autoridade Marítima Nacional, EVM, IPTL DGAM e a Qualiseg, para desenvolver o **Simulador de Controle de Poluição Marinha (MPCS)**.

1.1 Contexto

Nos dias de hoje, deparamo-nos com diversos problemas ambientais, entre os quais os derrames de petróleo nos oceanos, que podem ocorrer devido a diversas situações, tais como acidentes em plataformas de petróleo, possíveis problemas em navios-petrolíferos, roturas em condutas que acabam por libertar petróleo no mar, despejo no mar de águas utilizadas para lavar reservatórios com petróleo, entre outros.

A principal razão pela qual o petróleo provoca impactos ambientais tão graves é a sua composição. Quando o petróleo entra em contacto com a água pode causar muitos problemas no ecossistema e na sua biodiversidade e, por isso, é extremamente importante conter os derrames de petróleo de forma rápida e eficaz.

Contudo, esta tarefa não é fácil. A capacidade de responder de forma rápida e eficiente à ameaça ou ocorrência de derrames passa pela sua contenção, recolha ou dispersão, ou ainda pela limpeza das áreas costeiras contaminadas. Isto exige uma ação rápida, eficiente e coordenada de cada parte envolvida no processo de forma a minimizar os danos ambientais e o impacto no bem-estar social e económico da população da região onde ocorreu o derrame.

Em Portugal, a entidade responsável pelo controlo da poluição marinha é a Direção de Combate à Poluição do Mar (DCPM), a quem compete estabelecer procedimentos de monitorização e combate à poluição, assim como coordenar e dirigir operações para combatê-la. A simulação real de derrames de petróleo, que é essencial para a melhoria desses procedimentos, apresenta grandes desafios, pois requer a participação de diversas pessoas e organizações, exigindo assim, um esforço conjunto para alcançar resultados eficazes. Além disso, pode ocorrer o desgaste de equipamentos e recursos e todo o processo é extremamente dispendioso. Estas dificuldades impedem a organização frequente de simulações reais, impedindo que estas sejam realizadas com frequência para tornar a resposta contra este tipo de incidentes cada vez mais rápida e eficaz. Neste contexto, o desenvolvimento do Simulador de Controle de Poluição Marinha (MPCS) é importante pois vai permitir treinar todos os procedimentos envolvidos na resposta ao combate à poluição por derrames de petróleo, com regularidade e baixo custo.

1.2 Motivação

A poluição marinha é um dos maiores desafios ambientais enfrentados pela sociedade nos dias de hoje. Os derrames de petróleo e outros poluentes têm impactos devastadores nos ecossistemas marinhos, provocando danos irreparáveis não só à vida marinha como aos recursos naturais. O combate eficiente contra os derrames de petróleo requer um investimento no treino das equipas de resposta e no aprimoramento contínuo das suas habilidades, coordenação e cooperação.

Assim, surge o Simulador de Controle de Poluição Marinha (MPCS) - um simulador inovador que visa a criação de um ambiente virtual para recriar situações reais relacionadas com o combate da poluição marinha. O MPCS tem como objetivo principal permitir que os utilizadores melhorem o seu desempenho, coordenação, cooperação e espírito de entreajuda, tanto individualmente como em equipa, para enfrentar de forma eficaz os desafios decorrentes dos derrames de petróleo.

Uma das características distintivas do MPCS é a sua abordagem multilingue e multiplataforma, que procura alcançar um público amplo e diversificado. Além disso, o simulador será projetado para modelar com precisão as interações entre entidades virtuais, incluindo as interações pessoa-pessoa, pessoa-equipamento, equipamento-equipamento e equipamento-derrame para proporcionar aos utilizadores uma experiência imersiva e realista para que estes estejam melhor preparados em situações reais e, assim, sejam cada vez mais capazes de responder de forma coordenada, rápida e eficaz a este tipo de situações.

Ao desenvolver o MPCS, espera-se contribuir significativamente para a área de combate à poluição marinha, fornecendo uma ferramenta inovadora e eficaz para o treino e a capacitação das equipas de resposta. Através da simulação, os utilizadores poderão enfrentar desafios reais de forma segura e controlada, promovendo a aprendizagem prática e o desenvolvimento de estratégias eficientes de resposta.

Este simulador está dividido em 5 componentes. A componente “Edição do jogo e Modelação da Simulação” que este subprojecto aborda desempenha um papel fundamental para o sucesso do MPCS. A sua concretização permitirá configurar de forma precisa e personalizada os exercícios de combate à poluição marinha por derrames de petróleo através da definição de tudo aquilo que um exercício precisa para ocorrer, bem como a definição do próprio exercício. A implementação da base de dados do MPCS é também da responsabilidade desta componente.

1.3 Objetivos

O principal objetivo deste subprojeto é desenvolver a componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”, uma das componentes integrantes do projeto MPCS. No contexto deste estágio-dissertação iremos focar-nos nos objetivos associados à configuração das condições de treino e na edição das entidades para os exercícios da simulação. Para atingir o objetivo global do projeto, este estágio irá contribuir assim com os seguintes objetivos:

- Familiarização com o projeto MPCS;
- Estudar modelos de simulação de poluição marinha;
- Definir os requisitos do modelo para o jogo;

- Implementar a simulação do modelo proposto;
- Avaliar o desempenho no exercício face ao modelo proposto;
- Avaliar a adequação do modelo para fins de treinamento de coordenação operacional.

Numa fase inicial será importante compreender o projeto MPCs, tendo em conta que é um projeto complexo, no qual estão envolvidas muitas pessoas e organizações. Depois, será necessário fazer um estudo sobre modelos de simulação de poluição marinha para obter uma visão geral das implicações para aquilo que é pretendido para este estágio. Numa fase posterior, será necessário proceder à definição do modelo de dados da simulação e implementação do editor da simulação. Por fim deverá ser avaliado o desempenho com o editor e a sua adequação no suporte aos processos de treino e coordenação operacional.

1.4 Estrutura do documento

Esta dissertação encontra-se dividida em oito capítulos:

- O presente capítulo fornece o contexto necessário sobre o estágio, os seus objetivos, a motivação para a sua realização e a estrutura do documento.
- O segundo capítulo apresenta o Estado da arte e encontra-se dividido em três secções. Neste capítulo, discutem-se essencialmente exemplos relevantes de simuladores e conceitos do domínio “Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo” para um melhor entendimento deste tema.
- O terceiro capítulo diz respeito às metodologias e está dividido em 4 subcapítulos que são: objetivo, editor de jogo e simulação, uso de Redes de Petri para definição de exercícios, abordagem, plano e calendarização e avaliação de riscos.
- O quarto capítulo diz respeito à identificação dos requisitos essenciais para o desenvolvimento e a implementação bem-sucedida da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”.
- O quinto capítulo é referente à arquitetura desenvolvida para o simulador MPCs. Primeiro é apresentada a arquitetura global que engloba as arquiteturas de todas as partes envolvidas no projeto e depois é apresentado com mais detalhe a arquitetura da componente que é tratada nesta dissertação.
- O sexto capítulo é referente ao desenvolvimento, onde são abordadas as tecnologias e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” e apresentadas as interfaces que resultaram do mesmo.
- O sétimo capítulo apresenta a análise feita aos testes realizados na aplicação para testar individualmente a componente "Editor de Jogo e Modelação da Simulação" e o MPCs como um todo, através da integração das 4 componentes do sistema.
- Por último, no oitavo capítulo são apresentadas as conclusões, onde são apresentadas as considerações finais sobre a componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”, o MPCs como um todo e o impacto deste para melhorar as respostas contra derrames de petróleo.

Capítulo 2

Estado da Arte

Este capítulo tem como objetivo fornecer uma base sólida de conhecimento que servirá de alicerce para o desenvolvimento desta dissertação. Toda a informação apresentada foi obtida através de pesquisas online, pelo que as suas fontes serão sempre mencionadas. Assim, este capítulo está dividido em três subcapítulos. No primeiro subcapítulo, ‘Exercícios de Simulação e Treino’, é apresentado o conceito de simulação, de modelos de simulação e a importância que o treino tem para a consolidação da aprendizagem. Depois destes conceitos, são apresentados alguns modelos de simulação que foram desenvolvidos para treinar emergências que podem ocorrer na vida real e em diferentes áreas da vida. No segundo subcapítulo, ‘Domínio 'Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo’’, são apresentados alguns conceitos importantes sobre respostas contra desastres de derrames de petróleo. Por fim, no subcapítulo ‘Sobre instrumentos de simulação e treino’ são apresentados simuladores que existem em relação ao tema ‘Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo’.

2.1 Exercícios de Simulação e Treino

Diversos estudos, com destaque para o conduzido por Edgar Dale, que deu origem ao livro ‘*Audiovisual Methods in Teaching*’, têm mostrado que os dois métodos mais eficientes para facilitar a aprendizagem são a prática, com uma taxa de retenção da informação de cerca de 75%, e através da transmissão de conhecimento aos outros, com uma taxa de retenção de 90% (como mostra a fig. 1) [5]. Portanto, é de extrema importância aumentar as maneiras de simular situações reais a fim de aperfeiçoar a forma de agir e consolidar a aprendizagem.

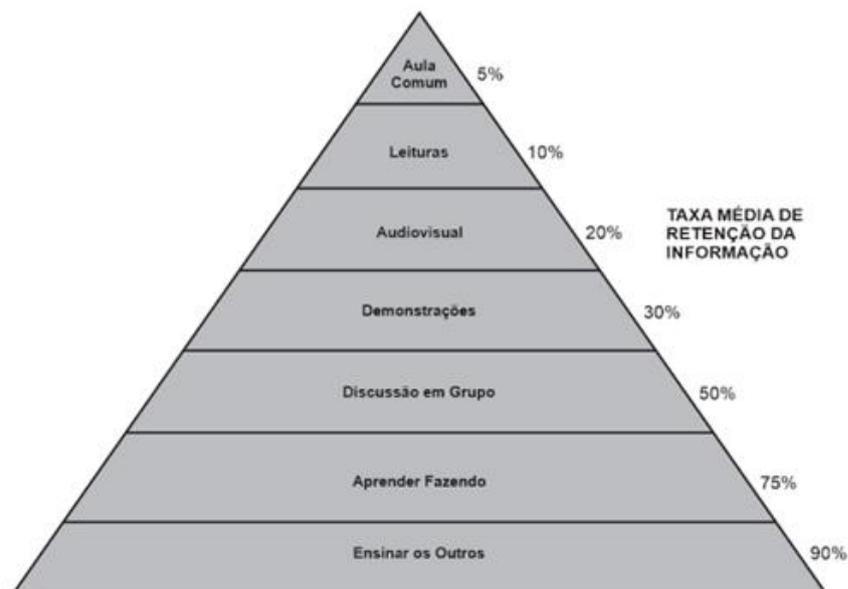


Figura 1 : Pirâmide de Aprendizagem, Adaptado de E. Dale, *Audiovisual Methods in Teaching*' [6]

O treino ideal para desenvolver e aperfeiçoar habilidades seria através da combinação direta da aprendizagem teórica, com a prática. No entanto, a parte prática da aprendizagem nem sempre é viável, devido a custos elevados, riscos de acidentes, possibilidade de avaria/desgaste dos equipamentos utilizados, entre outros fatores. É aqui que entra o conceito de simulação e os modelos de simulação para treino. Nesse sentido, a utilização de simuladores de realidade virtual é de extrema importância para a retenção da aprendizagem, pois permite aos utilizadores dos simuladores praticar com rapidez, eficiência e baixo custo, conseguindo assim uma melhor consolidação do conhecimento, além de se evitar possíveis acidentes ou desgaste dos equipamentos. Este treino virtual permitirá um conhecimento sobre a coordenação no cenário operacional, que poderá depois ser complementado com o treino de operação física dos equipamentos.

Uma simulação é o ato de modelação que permite imitar os aspetos considerados essenciais de uma situação, operação ou processo do mundo real. Esta tem como principal objetivo oferecer sistemas interativos, frequentemente baseados em ferramentas gráficas, para que os utilizadores destes sistemas possam imergir em cenários semelhantes à realidade, onde se pode criar condições que favoreçam a aprendizagem [7].

O principal objetivo do treino por simulação é testar, avaliar e permitir o desenvolvimento das competências do utilizador. O treino feito através de simulações é, atualmente, utilizado em grande escala para tornar a aprendizagem cada vez mais inovadora, escalável e eficaz. Este treino pode utilizar tecnologias de realidade virtual e de realidade aumentada para oferecer cenários virtuais que estimulam a aprendizagem dos utilizadores e melhoram a sua capacidade para tomar decisões corretas. As técnicas de gamificação no treino surgem para proporcionar aos utilizadores uma experiência mais interessante e envolvente através da aplicação de elementos de jogos a conteúdos de cariz educacional [61].

De seguida, são apresentados alguns simuladores desenvolvidos para facilitar a aprendizagem através do treino e, assim, combater situações de emergência que possam surgir em diferentes áreas da vida profissional. Os simuladores apresentados foram escolhidos por terem aspetos e finalidades de alguma forma consideradas próximas ao MPCS.

2.1.1 Crisis Management Simulation (CMS)

Este simulador [10] foi desenvolvido com o intuito de criar um sistema de treino para fazer triagem médica. O objetivo é treinar médicos estagiários sobre como realizar o procedimento de triagem, num ambiente virtual totalmente seguro e controlado, através da interação com um manequim físico que é mapeado no espaço virtual.

Alguns aspetos deste simulador:

- O desenvolvimento de uma solução económica e reutilizável para facilitar a aprendizagem do processo de triagem por estudantes de medicina e, assim, ser possível aos estudantes de medicina treiná-lo de forma mais barata e sem riscos associados.
- A combinação de incorporações físicas multissensoriais no manequim para criar uma sensação o mais realista possível demonstrando o cuidado tomado para tentar imergir totalmente os alunos na simulação
- A atribuição de uma pontuação aos utilizadores, após realizarem a triagem da vítima, permite que estes recebam feedback instantâneo sobre as suas ações, para

que saibam o que fizeram bem, o que fizeram de errado e o que poderão corrigir para obter melhores resultados neste procedimento.

O facto de os utilizadores terem de mover o corpo todo para imitar as ações de triagem, traz um maior grau de realismo a toda a simulação, comparativamente com outros simuladores em que apenas têm de carregar em botões.



Figura 2 : Aluno a utilizar simulador CMS [10]

Este simulador foi bem recebido por parte de médicos estagiários. Os testes e análises feitas a este simulador mostraram que a taxa de retenção do conhecimento médico com o uso deste simulador foi de 93,3%, uma percentagem bastante superior aos métodos tradicionais de aprendizagem. O desenvolvimento deste simulador revelou ser um projeto bem-sucedido [10].

2.1.2. SimMom

Este simulador [11] foi criado para combater alguns problemas existentes na área da obstetrícia, tais como: confusão de papéis e responsabilidades, perda de monitorização cruzada, falha em priorizar e executar tarefas clínicas de forma estruturada e coordenada, entre outras. Com este simulador pretende-se treinar especialistas para que estejam preparados, não só para os cenários habituais, mas também para eventuais incidentes inesperados. Pretende-se também aumentar a ação coordenada e rápida da equipa de parto, o diagnóstico correto e a deteção precoce de complicações.

Alguns aspetos deste simulador:

- O desenvolvimento de uma solução que permite aos médicos praticar de forma extremamente realista antes de operarem no mundo real, e assim reduzir a probabilidade de ocorrência de erros.
- A necessidade sentida de melhorar a cooperação e o apoio mútuo dentro da equipa médica para que esta esteja melhor preparada para fornecer uma resposta rápida e eficaz independentemente do cenário que possa surgir.
- O feedback imediato do simulador permite que os utilizadores percebam o que podem melhorar para dar uma resposta cada vez mais rápida e eficaz, tanto a nível individual como coletivo.



Figura 3 : Utilização do simulador SimMom [11]

Este simulador faz parte de uma série de simuladores desenvolvidos pela empresa Laerdal Medical [12], que é uma das líderes mundiais em simulação de saúde. Este simulador entrou no leque de simuladores bem-sucedidos desta empresa. Os seus simuladores estão distribuídos por cerca de 22 países e apresentam uma taxa de satisfação dos clientes na ordem dos 98% [11].

2.1.3 ERDS - Emergency Response Driving Simulator

Este simulador [13] foi desenvolvido pela Resenbauer com o objetivo de treinar a condução de veículos de combate a incêndios em viagens de emergência. O ERDS foi projetado para dar uma impressão realista de diferentes situações de condução como: condições climáticas difíceis, situações de trânsito perigosas, um ciclista que ultrapassa o sinal vermelho, um carro que se desvia de forma repentina, entre outras.

Alguns aspetos deste simulador:

- O simulador está alojado num contentor inserido num camião. Isto permite que o sistema seja transportado e assim ir ao encontro dos destinatários, tornando o processo de aprendizagem mais acessível.



Figura 4 : Camião que contém o simulador [13]

Existem duas zonas dentro do contentor que contém o simulador. O compartimento para conduzir o camião virtual e uma área para o treinador, onde este pode acompanhar o treino.

- O treinador pode dar feedback, controlar, observar e analisar todas as ações que o motorista realiza durante o exercício e assim haver a possibilidade de o treino ser discutido, analisado e avaliado.
- O compartimento para conduzir o caminhão está instalado sobre uma unidade móvel. Assim o compartimento pode-se mover durante a simulação e reagir a cada movimento do volante permitindo ao condutor vivenciar de forma realista e dinâmica o processo de condução quando há alterações na direção.



Figura 5 : Área de simulação para o camionista e área de controlo para o treinador dentro do caminhão [13]

Este simulador apresenta vantagens como o facto de o treino operacional no simulador ser mais barato que com uma viatura real, não apresentar qualquer perigo para a vida humana, nem para os equipamentos, a possibilidade de definir vários treinos diferentes consoante a necessidade de treinar diversas situações, entre outras.

2.1.4 VRFP de Emergências

O simulador VRFP [14] é uma ferramenta de apoio na formação de técnicos. Estes têm de ter conhecimentos sobre a utilização de equipamentos e materiais que se encontram nas ambulâncias. Assim, o principal objetivo deste simulador é aprender a trabalhar de forma organizada sob pressão, respeitando os protocolos de saúde e segurança.

Alguns aspetos deste simulador:

- Ao longo do treino por simulação, o aluno receberá instruções sobre o uso e funcionamento corretos dos vários materiais e equipamentos disponíveis.
- O aluno pode praticar a realização de eletrocardiogramas em pacientes dentro da ambulância facilitando o processo de aprendizagem por repetição, uma vez que essas situações não acontecem com frequência suficiente na vida real para serem praticadas.

Capítulo 2

- No fim do treino da simulação é possível, através de uma recolha de estatísticas, informar o aluno sobre os êxitos, as falhas, a duração de cada etapa realizada e a pontuação do treino, ou seja, se foi bem-sucedido ou não.



Figura 6 : Exemplo de interface vista no simulador VRFP [14]

2.1.5 MaxSim: State-of-the-art air traffic control simulation and training system

Este simulador [17] foi desenvolvido para atender à vasta gama de necessidades de clientes militares e civis. O MaxSim procura treinar, essencialmente, controladores de tráfego aéreo emulando com precisão ambientes ATC reais, através de imagens 3D de alta-fidelidade, onde são apresentados cenários intuitivos e bem estruturados de vários modos de operações de voo.

Alguns aspetos deste simulador:

- Este simulador apresenta vários subsistemas que podem ser integrados e interoperáveis como extensões uns dos outros.
- Permite a interação de vários alunos no mesmo exercício de treino e apresenta vários modos de operação de voo.
- Permite gravar e reproduzir o treino efetuado, bem como rastrear o progresso do aluno. Ao instrutor é permitido filtrar e exportar os resultados obtidos.



Figura 7 : Interfaces do simulador MaxSim [18]

O projeto de desenvolvimento deste simulador foi bem-sucedido sendo atualmente utilizado por faculdades certificadas pela FAA para o treino de controladores de tráfego aéreo, pelo governo dos EUA, e por agências militares para realizar análises de perigo de aviação, desenvolver novos procedimentos e fazer investigações operacionais [18].

2.1.6 XVR Simulation

O *XVR Simulation* é uma ferramenta para treino que desempenha um papel fundamental no aperfeiçoamento das capacidades de resposta em emergências e gestão de crises em diferentes cenários realistas [56].

Ao contrário dos exercícios práticos convencionais, o *XVR Simulation* permite que os utilizadores se envolvam em simulações imersivas de crises complexas, como incêndios, desastres naturais, incidentes químicos e muito mais. Assim, este simulador oferece aos utilizadores a oportunidade de enfrentar situações desafiadoras através de um ambiente seguro e controlado, onde erros que possam existir não resultem em consequências reais [56].

Algumas características do *XVR Simulation* são:

Variabilidade de Cenários: O simulador permite treinar vários cenários, desde situações de incêndio em edifícios até desastres naturais como terremotos e inundações. Isso permite que os utilizadores se preparem para diferentes tipos de emergências e desenvolvam as suas competências em diferentes áreas [57].

Colaboração e Comunicação: O *XVR Simulation* enfatiza a importância da colaboração e da comunicação eficaz durante as situações de crise. Os utilizadores são desafiados a coordenar esforços entre equipas e tomar decisões em conjunto, simulando um ambiente de trabalho real [57].



Figura 8 : Exercício de Treinamento na Região de Segurança Drenthe com Uso do XVR On Scene [56]

O *XVR Simulation* é uma criação da empresa **XVR Simulation B.V.**, que procura desenvolver soluções inovadoras para treino e gestão de crises. As suas soluções são

amplamente utilizadas em todo o mundo por organizações governamentais, agências de resposta a emergências, empresas privadas e instituições de ensino [57].

Este simulador proporciona uma abordagem de aprendizagem robusta, capacitando os profissionais a enfrentar desafios com confiança e eficácia. Ao reduzir a dependência de exercícios presenciais, o XVR *Simulation* otimiza os recursos financeiros e de tempo. Além disso, a sua flexibilidade permite que os instrutores criem cenários personalizados para atender a objetivos de treino específicos [57].

2.1.7 VSTEP: Simulações Avançadas para Treino e Simulação

A VSTEP é uma empresa líder no desenvolvimento de soluções inovadoras de simulação interativa, oferecendo uma diversidade de simuladores que ajudam profissionais a aprimorar as suas competências em diferentes áreas, tais como segurança marítima, segurança pública, combate a incêndios e respostas a emergências [58]. Com uma vasta gama de simulações realistas, a VSTEP permite que os profissionais treinem em ambientes virtuais altamente imersivos, reproduzindo situações complexas de crise de forma controlada e segura. Da VSTEP fazem parte o *NAUTIS Simulator* e o *Response Simulator*.

Simulações Marítimas com o NAUTIS Simulator:

No âmbito marítimo, a VSTEP oferece o "*NAUTIS Simulator*", uma ferramenta de treino que permite a simulação de operações de navegação e manobras em navios [59]. Os profissionais podem melhorar as suas competências de navegação, enfrentar condições adversas e tomar decisões informadas em situações desafiantes, contribuindo para a segurança e eficiência das operações marítimas.

Simulador de Resposta:

O *Response Simulator* é um sistema altamente versátil, concebido para servir uma ampla gama de setores industriais, este permite o treino de Equipas de Combate a Incêndios, Treino Marítimo, Treino na Indústria do Petróleo e Gás e Gestão de Crises e Segurança.

O *Response Simulator* está disponível em diversas configurações para responder às necessidades específicas de treino nos diferentes setores industriais. A sua versatilidade torna-o uma ferramenta valiosa para os profissionais que procuram preparar-se de forma eficaz e segura para situações de risco [60].

2.1.8 Considerações finais sobre simuladores

Em suma, a pesquisa realizada sobre todos estes simuladores veio confirmar o quão importante é a prática de uma determinada tarefa ou processo para a sua aprendizagem. É possível observar que há aspetos em comum entre todos os simuladores apresentados.

Um dos objetivos principais para desenvolver os simuladores foi o de criar uma solução para um problema real que fosse económica, rápida e de fácil alcance para todos aqueles que precisam e querem aprender. Assim, todos os simuladores procuraram desenvolver uma simulação realista e que chegasse ao maior número de alunos possível. A importância da prática contínua para atingir a excelência não foi descurada nos simuladores apresentados, e a capacidade de praticar em qualquer local e a qualquer momento também não, uma vez que isto contribui não só para a redução de custos, mas

também para a minimização da necessidade de utilização de equipamentos especializados.

Considerando estas reflexões, é evidente a forma como os simuladores têm o potencial de revolucionar a aquisição de habilidades e conhecimentos práticos, proporcionando uma abordagem mais acessível, versátil e eficaz.

2.2 O Domínio de “Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo”

Após ter sido estabelecida uma base sólida sobre modelos de simulação como ferramentas para o treino e aprendizagem em diversas áreas profissionais, tornou-se claro que a prática desempenha um papel fundamental na resolução de desafios do cotidiano. Neste subcapítulo, pretende-se aprofundar o conhecimento sobre o domínio “Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo”, com a finalidade de construir um alicerce sólido para a aplicação prática do conhecimento no desenvolvimento desta dissertação.

Os derrames de petróleo representam uma das ameaças mais significativas para os ecossistemas marinhos e costeiros. Por essa razão, tornou-se necessário adquirir mais conhecimento não só sobre o petróleo, mas também sobre as estratégias e abordagens que são utilizadas nas respostas contra este tipo de poluição.

2.2.1 Plano de contenção nas respostas contra derrames de petróleo

Dentro deste contexto, destaca-se a importância de ter um plano de contenção como uma peça fundamental para conseguir dar uma resposta eficaz contra os derrames de petróleo. No livro *"The Basics of Oil Spill Cleanup"*, de Merv Fingas, o autor aborda este tema, dizendo que a resposta deve ser alcançada através da implementação de um plano de contenção que procura conter o derrame o mais rápido e eficaz possível, para minimizar os impactos ambientais que possam surgir.

De acordo com Fingas, é extremamente importante estar **preparado para todos os cenários** que possam surgir, através do planejamento de medidas que devem ser executadas nas condições mais adversas. O plano de contenção deve ser dividido nas seguintes fases: (1) alerta e reporte, (2) avaliação e mobilização, (3) contenção e recuperação, (4) descontaminação de equipamentos, (5) disposição, (6) remediação ou restauração. Na sua maioria, os planos de contenção permitem “respostas em camadas”, ou seja, permitem que as etapas e os planos definidos na resposta aumentem à medida que o incidente se agrava [20].

2.2.2 Tipos de petróleo e as suas propriedades

Compreender os diferentes tipos de petróleo e as suas propriedades é essencial para abordar eficazmente os derrames de petróleo, pois consoante o tipo de petróleo as abordagens para a sua contenção e retenção são diferentes. A diversidade de petróleo é notável, pois cada tipo de petróleo possui uma composição única de compostos e características que influenciam o impacto que o mesmo pode causar no meio ambiente, o comportamento do petróleo após o derrame e a eficácia das operações de limpeza [20].

De maneira geral, os petróleos brutos têm na sua composição compostos de hidrocarbonetos caracterizados pela sua estrutura, que se diferenciam pela formação

geológica da área em que o petróleo é encontrado. Entre essas estruturas estão o grupo saturado de componentes de petróleo, as olefinas também chamadas de compostos insaturados, o grupo dos aromáticos e o grupo dos polares [20].

Neste contexto, é importante destacar as propriedades específicas do petróleo. A viscosidade, a densidade, a gravidade, a solubilidade, o ponto de fulgor, o ponto de fluidez, as frações de destilação, a tensão interfacial e a pressão de vapor são algumas das propriedades que desempenham um papel fundamental na compreensão do comportamento do petróleo em diferentes circunstâncias [20].

A figura 9 mostra um cromatograma de diferentes tipos de petróleo:

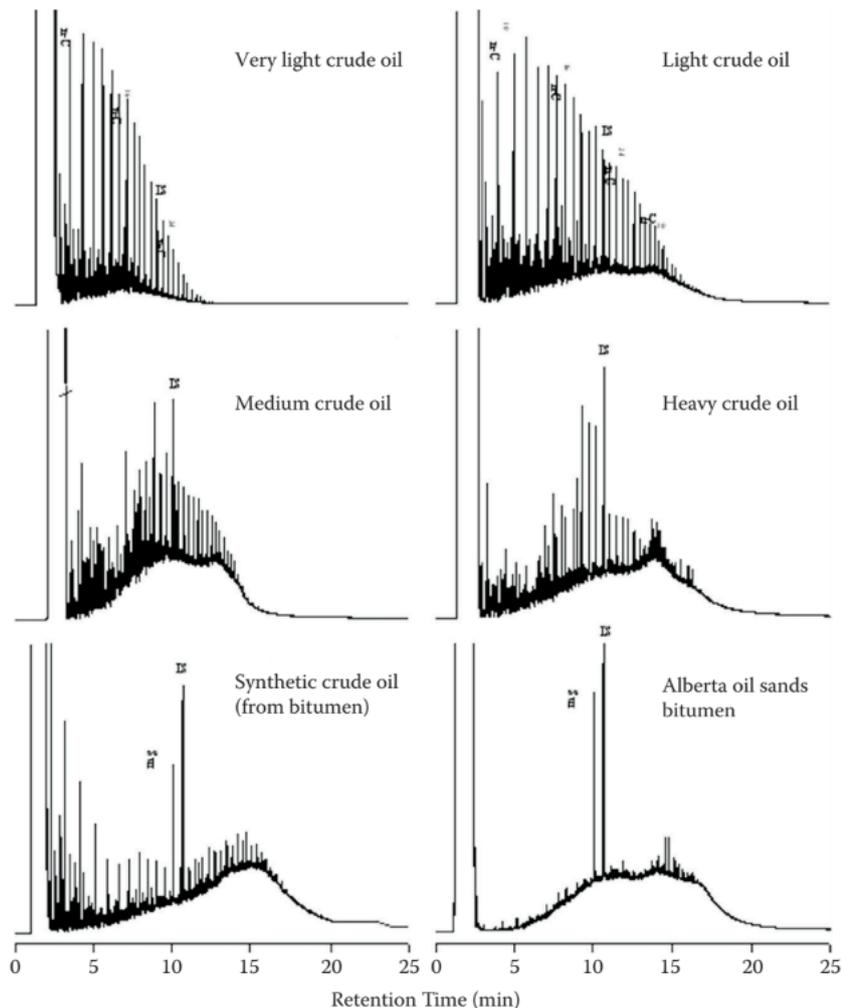


Figura 9 : Cromatograma de diferentes tipos de petróleo [20]

No ponto a seguir, serão apresentados os diferentes os processos de transformação do petróleo quando este entra em contacto com a água.

2.2.3 Processos de Transformação do Petróleo em Contacto com a Água

Após o contato entre o petróleo e a água, este pode sofrer mudanças nas suas propriedades físicas e químicas, impulsionadas através de vários processos. Esses processos, como a evaporação, a emulsificação, a dispersão natural, a dissolução, a oxidação, a sedimentação, a adesão a materiais e outros, desempenham um papel crucial na dinâmica dos derrames de petróleo [20].

É importante compreender a evolução desses processos para perceber como o petróleo interage com a água e assim saber quais as estratégias de resposta que devem ser utilizadas para cada situação.

De seguida é apresentada uma breve descrição dos principais processos:

- **Evaporação:** Este processo reduz o volume de uma mancha na superfície do mar. A taxa de evaporação diminui à medida que a mancha envelhece, uma vez que a taxa de evaporação depende, entre outras coisas, da área da superfície da mancha, da sua espessura, da composição do petróleo, da temperatura e da velocidade do vento. Se ocorrer o processo de emulsificação, a taxa de evaporação decresce significativamente [16].
- **Emulsificação:** Este processo aumenta o volume da mancha na superfície do mar. Isto acontece porque a turbulência existente na água em torno de uma mancha pode fazer com que as gotas de água se misturem com o petróleo, criando o efeito que é conhecido como emulsão de água-no-óleo [16]. Esta emulsão, além de ser muito viscosa, é também mais persistente que o petróleo original, o que dificulta processos que têm como objetivo a dissipação do petróleo, tendo em conta que a persistência e do volume da mancha aumentam [50].
- **Dispersão:** A dispersão é o processo que faz com que a mancha de petróleo se possa desagregar em manchas mais pequenas. Após a dispersão, as manchas ficarão sujeitas a outros processos como: dissolução, sedimentação, entre outros, o que torna este processo bastante significativo para promover o desaparecimento de uma mancha de petróleo [50].
- **Dissolução:** Este processo, depende essencialmente da composição do petróleo, da taxa de dispersão, da temperatura e da composição química da água. A dissolução é um dos processos menos significativos, tendo em conta que o petróleo é pouco solúvel em água e os compostos do petróleo que são solúveis tendem a sofrer o processo de evaporação antes de se dissolverem [50].
- **Sedimentação:** Este processo ocorre quando o petróleo derramado não evapora, não se dispersa e não é recolhido, podendo desta forma, ser depositado [16].

2.2.4 Contenção e Recuperação do Petróleo: Estratégias e Equipamentos

Após analisar os processos de transformação do petróleo em contato com a água, é fundamental conhecer as estratégias e os equipamentos que podem ser utilizados para conter e recuperar o petróleo nas diferentes situações que possam surgir.

O processo de contenção tem como objetivo evitar que o petróleo se espalhe para diferentes áreas, desviando o petróleo para áreas onde é possível retê-lo ou tratá-lo e concentrá-lo de forma a facilitar o processo de recuperação. Existem vários equipamentos que podem ser utilizados para conter o petróleo, mas no presente documento apenas serão abordadas as barreiras.

- **Barreiras:** Barreiras são os equipamentos mais utilizados para conter o petróleo no mar, sendo normalmente o primeiro equipamento a ser mobilizado na ocorrência deste tipo de incidentes. Estas têm como objetivo conter o petróleo impedindo que este se espalhe ou disperse. Podem ser colocadas em diferentes configurações como U, V ou J, dependendo da posição da mancha e, no caso de as condições climáticas não serem favoráveis para a contenção do petróleo,

podem ser colocadas mais do que uma barreira consoante as necessidades do incidente. O seu desempenho pode ser afetado por correntes de água, ventos e ondas, reduzindo a sua capacidade de retenção [20].

Os processos de recuperação ocorrem após a contenção do petróleo no mar. Os principais equipamentos utilizados neste processo são:

Skimmers: Este tipo de equipamento pode variar no seu tamanho, aplicação, capacidade e eficiência de recuperação. São dispositivos mecânicos que têm como objetivo remover o petróleo na superfície da água. A eficácia destes é avaliada de acordo com a quantidade de água recolhida juntamente com o petróleo e a quantidade de petróleo que ele consegue reter [20]. Contudo, este tipo de equipamentos apresenta algumas restrições tendo em conta que o desempenho geral deste é afetado por vários fatores externos como: a espessura do petróleo, as condições climáticas e outros [16].

Absorventes: Este tipo de equipamentos fazem a recolha do petróleo por absorção ou adsorção. O seu desempenho é medido à semelhança dos *skimmers* pela quantidade de água e de petróleo retida [20].

2.2.5 Coordenação nas Respostas Contra Derrames de Petróleo

A **coordenação** é essencial nas respostas contra derrames de petróleo, desempenhando um papel fundamental na minimização dos danos ambientais e na eficácia das ações de recuperação. Um exemplo que retrata muito bem a importância da coordenação que deve existir entre as várias organizações durante uma resposta contra derrames de petróleo é apresentado no artigo "*Interorganizational coordination in oil spill emergency response: a case study of the Murmansk region of Northwest Russia*" [19].

Este artigo, aborda a implementação do Sistema de Resposta a Emergências de Derrames de Petróleo (OSER,) na região de Murmansk, Rússia. Trata-se de um sistema eficaz de resposta a emergências de derrames de petróleo, composto por várias organizações federais, regionais e privadas com tarefas específicas, sendo a boa coordenação entre as organizações um pré-requisito para o correto funcionamento do sistema como um todo.

O estudo começa por detalhar os diferentes mecanismos formais e informais de coordenação necessários no sistema OSER. Depois é abordada a forma como as interdependências entre as organizações no sistema OSER afetam o comportamento organizacional como um todo em termos de coordenação. Através da análise das dinâmicas existentes entre as várias organizações, o estudo oferece insights valiosos sobre os desafios e as melhores práticas associadas à coordenação efetiva em situações de resposta contra derrames de petróleo.

A figura 10 apresenta as principais organizações e atores que podem ser mobilizados em casos de emergência, especificando as suas respetivas funções dentro do sistema OSER.

Function in the OSER system	Organisations in the Murmansk region	Functions
1 Policymaking	<ul style="list-style-type: none"> Administration of the Murmansk region 	<ul style="list-style-type: none"> Development of the regional policy documents
2 Contingency planning	<ul style="list-style-type: none"> The regional Emergency Commission Private companies 	<ul style="list-style-type: none"> Development of the Murmansk regional oil spill contingency plan Work out contingency plans for the regional organisations and oil operators
3 Organisation and communications	<ul style="list-style-type: none"> Murmansk Marine Rescue and Coordination Centre The regional Emergency Commission The Main Department of the Ministry of Emergencies of Russia in the Murmansk region (federal authority) The state regional agency 'Department for civil defence, emergency protection of the population and territories, and fire safety in the Murmansk region' (regional authority) 	<ul style="list-style-type: none"> Communication Governs oil spill response operations and coordinates all actors participating in oil spill combating operations Authority specially authorised to deal with the issues of civil defence and emergency prevention and response on the territory of the Murmansk region Authority specially authorised to deal with intermunicipal and regional emergency prevention and response.
4 Control	<ul style="list-style-type: none"> Department of the Federal Service for Surveillance in Nature Management (Rosprirodnadzor in the Murmansk region) Department of the Federal Service for Surveillance in Nature Management (Rosprirodnadzor) in the North-West Federal district. Department for Surveillance at sea (Murmansk region) Belomorsk Department of the Federal Service on Ecological, Technological and Nuclear Surveillance (Rostehnadzor) 	<ul style="list-style-type: none"> Control supervision, and evaluation of environmental damage Control supervision, and evaluation of environmental damage Control of technical facilities and industrial safety
5 Operational response	<ul style="list-style-type: none"> Murmansk Basin Emergency Rescue and Salvage Department (MBERSD) Private professional oil spill emergency response providers Administration of the Murmansk marine port Other search-and-rescue services and teams Specialised forces of municipalities Northern Fleet Specialised fire brigade units 	<ul style="list-style-type: none"> Provision of oil spill response is the main function for the professional response providers. The other search-and-rescue services and specialised forces can be mobilised in response operations as additional forces
6 Response support	<ul style="list-style-type: none"> Committee of industrial development, ecology and nature use of the Murmansk Region The Murmansk Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Gidromet) Murmansk Centre for Standardisation and Metrology and Certification Murmansk Marine Biological Institute (MMBI) Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO) 	<ul style="list-style-type: none"> Organisation and activities on oil spill prevention and response in the region Monitoring of environmental pollution including tracking of oil spills, oil spill drift forecasting Analysis of oil properties Study of the environmental impacts of the petroleum industry Study of the environmental impacts of the petroleum industry with the focus on fisheries

Figura 10 : Tabela com as pessoas e organizações que participam no OSER

É possível retirar várias conclusões deste estudo sobre a coordenação que deve existir numa resposta contra derrames de petróleo. Uma das principais conclusões é que as interdependências entre as diferentes organizações acabam por ter aspetos positivos e negativos. Por um lado, as interdependências facilitam a cooperação entre as organizações, que têm em comum o mesmo objetivo ou que dependem mutuamente dos recursos umas das outras. Isso cria incentivos para que as organizações trabalhem juntas e consigam alcançar os objetivos tanto a nível individual como comuns. Por outro lado, a interdependência pode criar barreiras à coordenação, podendo mesmo levar à competição entre as diferentes organizações. Isto acontece, porque muitas das vezes a interdependência reduz a autonomia organizacional, uma vez que a interdependência requer o alinhamento e a troca de informações.

Este estudo revela que o sistema OSER na região de Murmansk mostrou ser eficaz durante os exercícios nacionais e internacionais realizados. Contudo, devido à ausência de acidentes reais até a data da realização do estudo, não foi possível avaliar a eficácia do sistema em emergências reais.

2.2.6 Contribuições da Série de Relatórios IPIECA

Uma valiosa fonte de orientações e conhecimentos no campo da preparação e resposta contra derrames de petróleo é a **IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association)** [21], que produziu vários relatórios sobre preparação e resposta a derrames de petróleo. Para tal, a *IPIECA* guiou-se por um conjunto de princípios que todas as organizações devem ter em consideração para responder com sucesso a este tipo de incidentes. De seguida, são abordados alguns desses relatórios.

O relatório '*OIL SPILL RESPONDER SAFETY GUIDE*' [22] foi elaborado para investigar as medidas de segurança que se devem ter em consideração quando ocorre um derrame de petróleo, bem como a resposta que deve ser aplicada em diferentes situações. Assim, este guia centra-se em: identificar os principais problemas de segurança na ocorrência de um derrame, determinar o grau de gravidade do derrame, e nas decisões que devem ser tomadas para minimizar as consequências provocadas por derrames.

O relatório '*GUIDE TO TIERED PREPAREDNESS AND RESPONSE*' [23] fala sobre a abordagem de preparação e resposta em camadas, para combater derrames de petróleo. A *IPIECA* neste relatório chega mesmo a afirmar que esta é a abordagem mais eficaz para lidar com uma grande variedade de questões e conseguir construir uma resposta eficiente contra derrames de petróleo

Esta abordagem permite que novas medidas e procedimentos de resposta sejam implementados caso o incidente se agrave com o decorrer do tempo, por exemplo, devido a alterações climáticas. Isto é feito através da classificação dos incidentes de derrames de petróleo com base na sua gravidade e nos recursos necessários para os combater. Assim, neste relatório são descritos incidentes de nível 1 (pouco graves), nível 2 (mais graves que o nível 1) e nível 3 (incidentes graves).

O relatório '*GUIDE TO OIL SPILL EXERCISE PLANNING*' [24] foi escrito através de uma colaboração entre a *IPIECA* e a *IMO* (Organização Marítima Internacional). Este relatório enfatiza os benefícios de realizar exercícios de treino, afirmando que através dos exercícios as equipas de resposta têm a oportunidade de praticar habilidades que são necessárias em casos de emergência, de cooperar e desenvolver relacionamentos entre si, e também desenvolver a capacidade de tomar decisões complexas em situações inesperadas.

Este relatório apresenta também vários *case study* de exercícios que foram realizados. Por exemplo, fala do *case study* 'Esso Thailand Ltd'. Neste exercício foi realizada uma operação em setembro de 1995 em Sattahip, Tailândia, que envolveu várias agências governamentais e as seguintes atividades: a ativação do plano nacional pelo departamento de portos, o estabelecimento de centros de comando de coordenação e cooperação e a mobilização de equipamentos locais e equipamentos de resposta.

Com a realização deste exercício percebeu-se que era necessário melhorar a comunicação entre os centros e o terreno, fazer uma revisão dos procedimentos de forma a melhorar a disponibilidade de equipamentos, fazer uma revisão dos procedimentos das diferentes organizações para haver uma melhor coordenação de informações e conhecimentos, entre outros.

2.3 Sobre instrumentos de simulação

Tendo agora já conhecimento sobre simuladores e alguns dos conceitos fundamentais do domínio “Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo”, tornar-se-á mais fácil perceber os simuladores que existem sobre derrames de petróleo. Neste capítulo são apresentados alguns desses simuladores.

2.3.1 OSERIT

OSERIT é um modelo baseado na web que combina a abordagem Lagrangiana, para modelar os processos de superfície, com a abordagem Euleriana, para prever a concentração do petróleo na água [31].

Este modelo possui uma interface que é uma ferramenta de suporte disponível 24 horas por dia, 7 dias por semana via web. Ao utilizar esta interface, é criada uma simulação que inclui (1) uma previsão da trajetória até aproximadamente 4 dias, que pode ser utilizada para: a) prever o possível impacto que a mancha de petróleo poderá causar e b) entender o que aconteceu com a mancha nos 4 dias anteriores. Isto permitirá, por exemplo, estudar o que aconteceu com a mancha, como esta afetou o ambiente, qual foi a sua fonte de poluição, entre outros [32].

A figura 11 é representativa da interface do OSERIT:



Figura 11 : Exemplo de interface que podemos ver no modelo OSERIT [32]

Esta é uma ferramenta integrada de avaliação e resposta para derrames de petróleo que tem como alvos duas categorias de utilizadores: a) Utilizadores operacionais, que precisam de utilizar esta ferramenta para prever as trajetórias dos derrames do petróleo de forma rápida e eficaz; b) utilizadores, na sua maioria ambientalistas que procuram comparar diferentes cenários e, assim, avaliar as possíveis consequências ambientais de várias estratégias de combate que podem ser utilizadas [31].

O desenvolvimento deste modelo foi realizado pelo *Belgian Federal Science Policy Office* (BELSPO) [32]. O OSERIT foi validado em vários casos de estudo académicos e reais. Foi também utilizado no acidente que envolveu a plataforma “Gannet”, tendo sido configurado para simular a libertação do petróleo que saía desta

plataforma, e também para simular a deriva do petróleo na superfície tendo em conta o vento, a corrente da água, a difusão horizontal e a dispersão vertical natural [30].

2.3.2 SIMAP

O SIMAP é um modelo de simulação que fornece previsões detalhadas da trajetória tridimensional, destino, impacto biológico e outros impactos de derrames de petróleo ou outros combustíveis [28].

O modelo SIMAP utiliza diversos módulos acoplados a um sistema de informação geográfica (GIS) que são: o modelo de destinos físicos, o modelo da exposição e efeitos biológicos e o modelo estocástico. O SIMAP utiliza três tipos diferentes de base de dados, nomeadamente: a base de dados biológicos, a base de dados ambiental (que inclui litoral, tipo de habitat, batimetria, entre outros), e a base de dados de petróleos com as propriedades físico-químicas. É ainda possível, ao utilizador, adicionar novos tipos de petróleo, duplicar petróleos já existentes ou fazer alterações nos dados do petróleo preservando os valores originais [29].

Este modelo tem diversas aplicações como a avaliação do impacto ambiental dos derrames do petróleo, o planeamento do plano de contenção, a avaliação de danos na natureza, a avaliação do risco ambiental, o estudo de custo-benefício e simulações de retrospectiva/previsão [28].

A figura 12 mostra uma visualização dos resultados obtidos através da aplicação do modelo SIMAP, para uma pluma de petróleo hipoteticamente derramada no oceano.

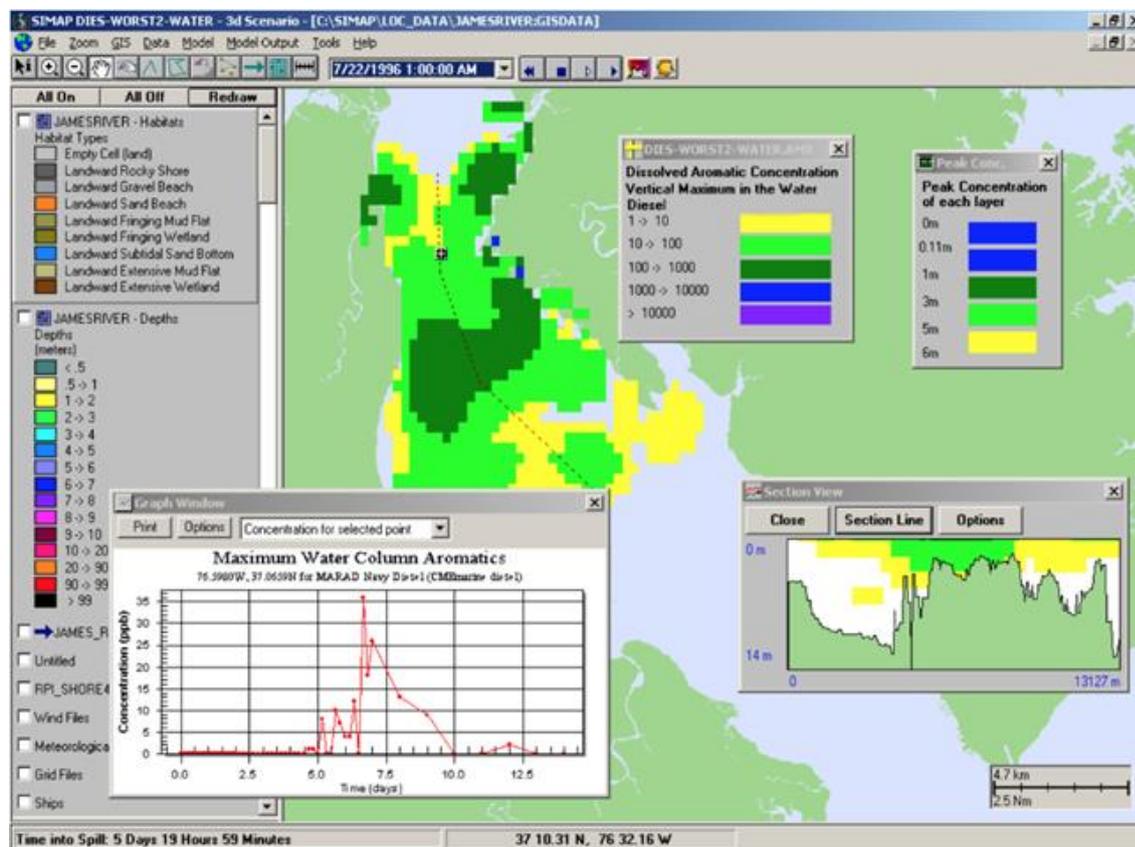


Figura 12 : Visualização de resultados para uma pluma de petróleo através do SIMAP [28]

2.3.3 MEDSLIK-II

MEDSLIK-II é um modelo de simulação de derrames de petróleo que surgiu da evolução do modelo MEDSLIK. Este foi desenvolvido para simular processos de transporte e transformação das manchas de petróleo nos oceanos. Para isso, este modelo é capaz de prever as mudanças físicas de uma mancha de petróleo através da utilização de uma representação Lagrangiana dos processos de transporte e difusão [33].

Este modelo utiliza como dados de entrada, o vento, a temperatura a que se encontra a superfície do mar e as correntes marítimas tridimensionais. Para definir uma condição inicial numérica para o derrame de petróleo são necessários dados como: o local, a hora, a área do derrame, entre outros, sendo que esses dados chegam a este modelo através de sistemas de monitorização por satélite. Este modelo produz como dados de saída a evolução das propriedades do petróleo, a posição a cada hora e a data prevista de chegada à superfície ou à costa [34].

A figura 13 mostra os dados de entrada e de saída do modelo MEDSLIK-II.

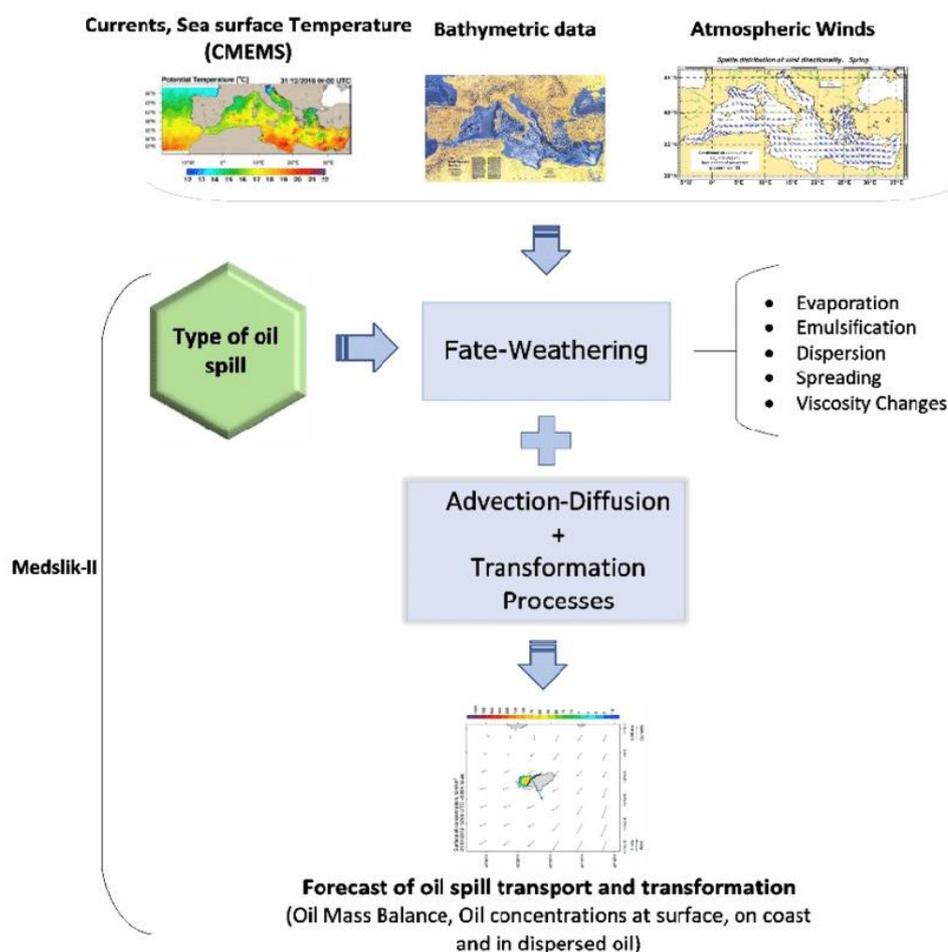


Figura 13 : Dados de entrada e saída do modelo MEDSLIK-II [33]

Este modelo apresenta ainda recursos extra como: a incorporação de uma base de dados de petróleo com mais de 220 tipos de petróleo diferentes, a validação dos resultados por meio de SAR (radares de abertura sintética) e imagens óticas de satélite.

A qualidade das suas previsões depende da qualidade dos dados de entrada, ou seja, dos dados de previsão meteorológica que são utilizados e da boa identificação das propriedades do hidrocarboneto em questão [35].

2.3.4 GNOME

GNOME foi desenvolvido pela *Hazardous Materials Response Division* (HAZMAT) e está disponível gratuitamente no Github: <https://github.com/NOAA-ORR-ERD> [36]. Trata-se de um modelo de código aberto cujo principal objetivo é prever o destino e o transporte de poluentes, assim como o movimento das manchas de petróleo causados por ventos, marés, correntes, entre outras. O GNOME é um modelo que permite: (1) prever a trajetória de derrames de petróleo através da informação obtida sobre ventos, modelos de circulação e escoamento de rios, e condições meteorológicas; (2) prever as trajetórias que podem resultar das incertezas obtidas nas observações e previsões dos ventos e das correntes; (3) providenciar a saída das trajetórias num formato georreferenciado, que pode ser utilizado como entrada para programas GIS (Geographic Information System); (4) guardar novas informações [16].

Como o GNOME foi concebido para ser utilizado por diferentes tipos de utilizadores, este foi criado com três módulos distintos: (a) Modo Padrão, (b) Modo Com Saída para o GIS e o (c) Modo Diagnóstico.

A figura 14 mostra um exemplo de um relatório simplificado que o GNOME pode emitir.

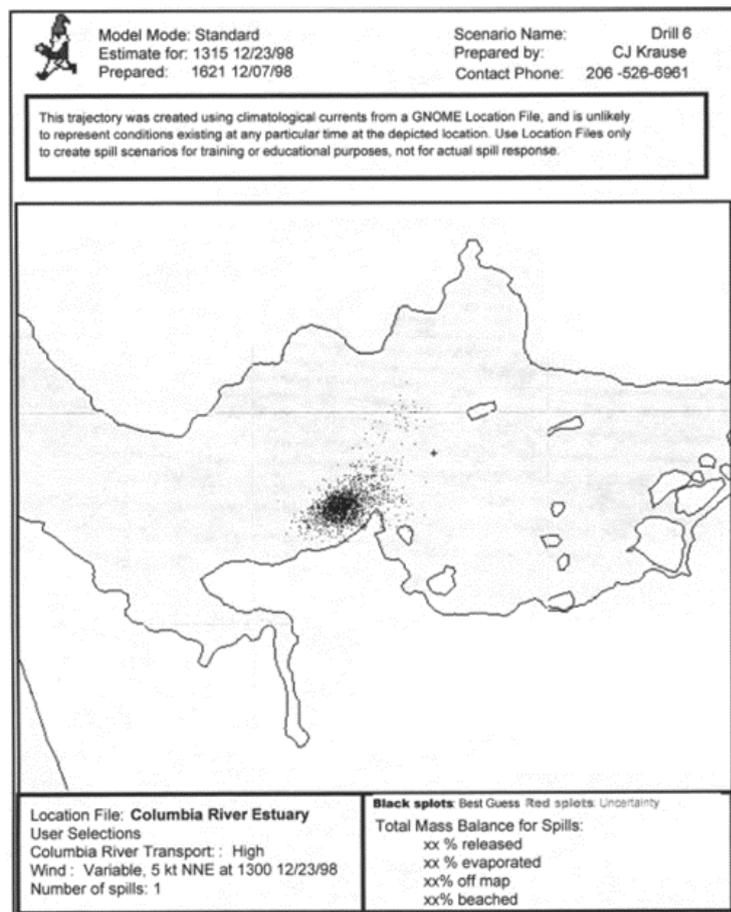


Figure 1. Example of GNOME trajectory product.

Figura 14 : Exemplo de relatório que se pode obter utilizando o GNOME [15]

O GNOME é um modelo que tem sido utilizado pelos EUA há quase 20 anos para auxiliar na resposta de derrames de petróleo [15]. Este modelo fornece uma versão beta que é constantemente atualizada para testes em: <https://adios-stage.orr.noaa.gov/>.

2.3.5 OILMAP

OILMAP foi desenvolvido pela *Applied Science Associates, Inc. (ASA)* como ferramenta 3D criada para prever o movimento dos derrames de petróleo e assim tornar possível dar uma resposta através de um plano de contenção [38].

A primeira versão deste modelo surgiu há mais de 20 anos que tem vindo a sofrer constantes atualizações estando atualmente na 7ª versão. Este modelo é utilizado com sucesso em mais de 100 países para dar respostas a problemas causados por derrames de petróleo. [38]

A figura 15 mostra uma das interfaces do OILMAP.

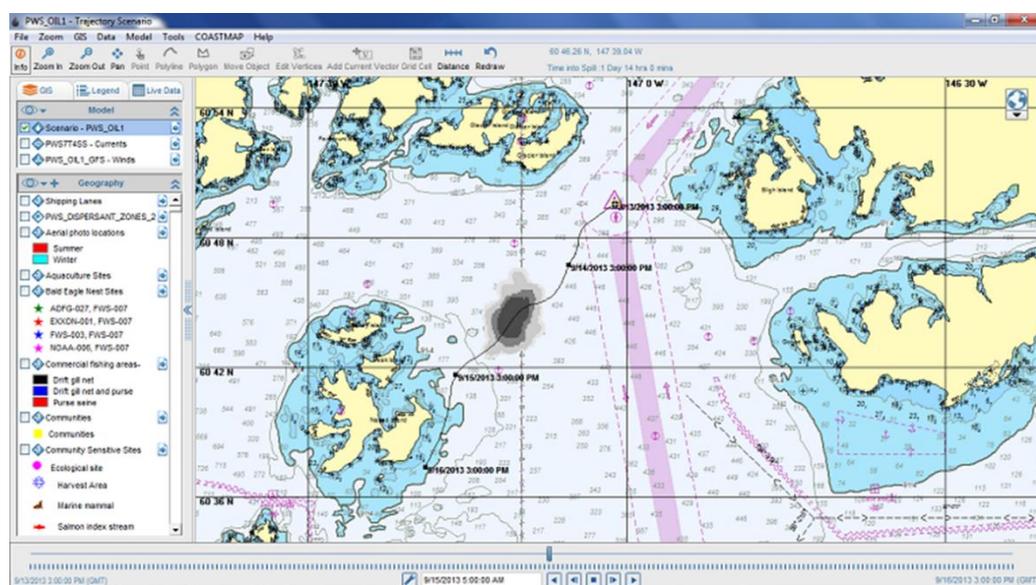


Figura 15 : Interface do OILMAP [39]

O modelo OILMAP [39] apresenta algumas características importantes como:

- Incorporação de algoritmos para simular os processos básicos dos derrames de petróleo que são: a evaporação, a emulsificação, o encalhamento e a sedimentação;
- A possibilidade do movimento do petróleo à superfície e submerso poder ser animada, para identificar os impactos nas ilhas costeiras de forma mais clara;
- Integração de procedimentos gráficos para especificar o cenário do derrame e, assim, poder inserir dados eólicos e hidrodinâmicos.

Este modelo apresenta diversos módulos [38] para aumentar as possibilidades de utilização:

- Trajetória e Destinos - Módulos Determinísticos 2D e 3D;
- OILMAP Deep - Módulo de Explosão do Fundo do Mar;
- AIRMAP - Módulo de Dispersão de Ar;

- Estocástico - Módulo de avaliação de risco e planeamento de contenção.

O modelo de Trajetória e Destinos - Módulos Determinísticos 2D e 3D é responsável por simular a degradação do petróleo e a sua trajetória a partir de derrames instantâneos ou contínuos. Apresenta ainda os resultados das simulações através da concentração do petróleo na superfície, subsuperfície versus tempo e a localização da mancha [16].

O modelo Estocástico - Módulo de avaliação de risco e planeamento de contingência serve para simular a instalação de recolhedores, barreiras de contenção e de regiões de dispersão artificial [16].

2.3.6 OSCAR

OSCAR [40] é um modelo de simulação desenvolvido pelo SINTEF para prever a trajetória e os efeitos do petróleo libertado tanto por acidentes em plataformas como em embarcações. Este modelo permite a análise e o planeamento de contingências para dar resposta à ocorrência destes incidentes. As estratégias de contingência e resposta que este modelo consegue fornecer vão desde a recolha do petróleo até a utilização de dispersantes na superfície e na água.

OSCAR também tem em consideração os processos físicos, biológicos e químicos que podem afetar o petróleo no mar, processos esses que são alvo das atividades de pesquisa nos laboratórios de estudo do SINTEF. Este modelo oferece informações sobre como um derrame de petróleo se pode comportar sob diversas condições climáticas e possui uma interface gráfica para os utilizadores no ambiente Windows que facilita a interligação com uma variedade de ferramentas padrão e bases de dados.

A figura 16 mostra a visualização de uma interface do sistema OSCAR.

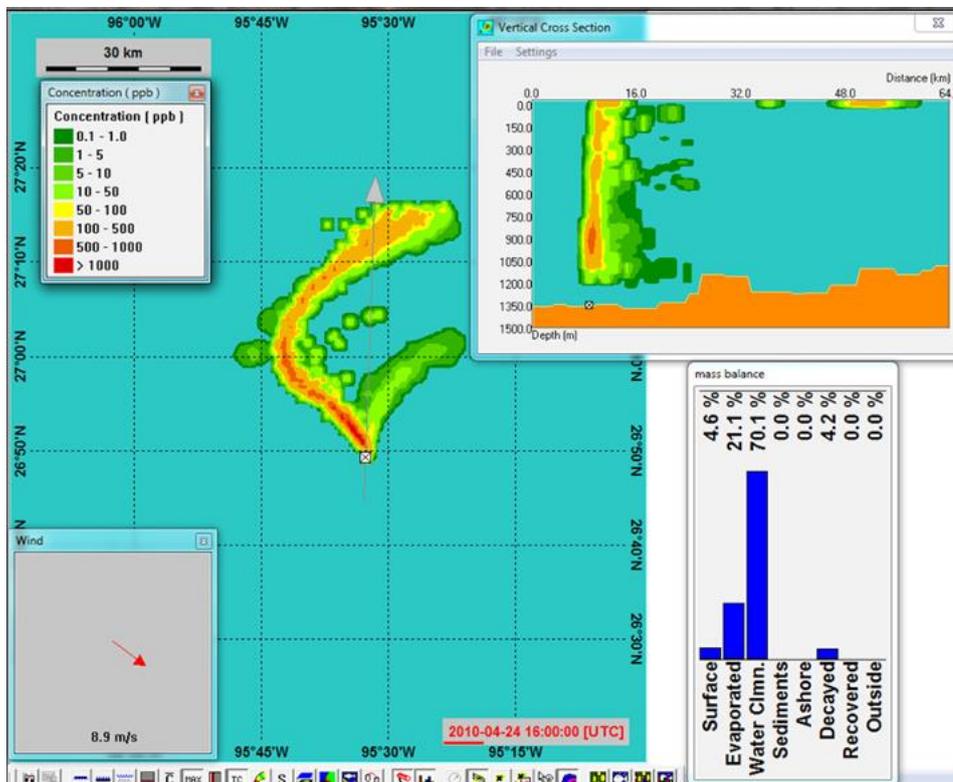


Figura 16 : Interface do sistema OSCAR [41]

É um modelo atualmente utilizado em locais como o Mar do Norte, Báltico, Golfo do México e Mar Mediterrâneo [41]. Mais informações sobre este modelo estão disponíveis no site do SINTEF: <https://www.sintef.no/> [42]

2.3.7 MOHID

O MOHID [47] foi desenvolvido pelo MARETEC pertencente à Universidade de Lisboa. O seu desenvolvimento iniciou-se na década de 80, tendo vindo a sofrer constantes alterações e melhorias após a sua utilização em diferentes projetos, tanto científicos como tecnológicos [49]. MOHID é um modelo hidrodinâmico, programado em ANSI Fortran 95 e que utiliza uma filosofia de programação orientada a objetos [48]. Através desta, este modelo permite a adoção de uma filosofia de modelagem integrada de diferentes escalas (permitindo a utilização de modelos encaixados), de processos que podem ser físicos ou biogeoquímicos e de sistemas que podem ser estuários ou bacias hidrográficas [49].

A figura 17 é representativa do Sistema integrado da Bacia do Trancão/estuário do Tejo.

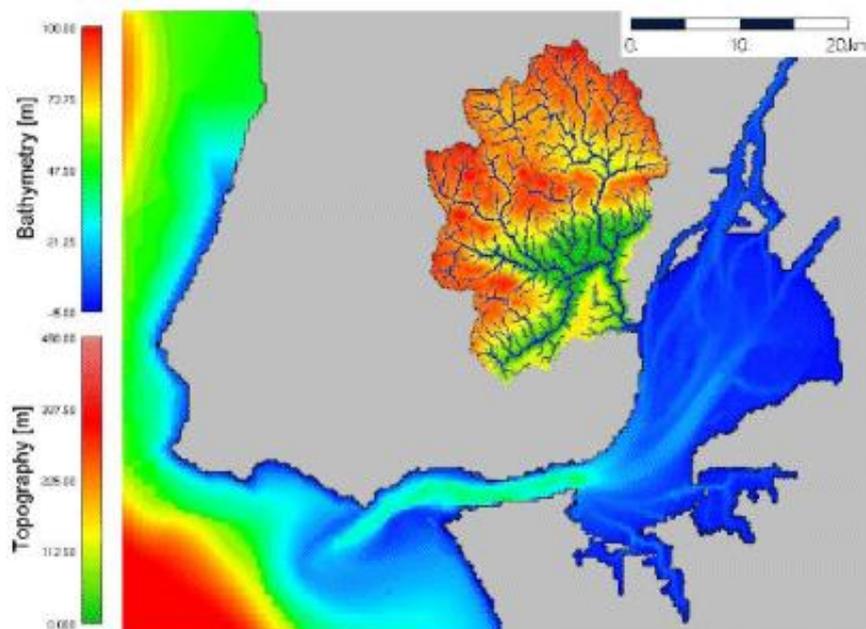


Figura 17 : Sistema integrado Bacia do Trancão/Estuário do Tejo [47]

O MOHID pode ser agrupado em três grandes grupos:

- **MOHID Water** é responsável pela modelação de processos hidrodinâmicos, a propagação de ondas, a simulação de fenómenos de dispersão através das abordagens lagrangiana e euleriana, o transporte de sedimentos, entre outras [49].
- **MOHID Land** que é um modelo matemático de transporte hidrológico ou bacia hidrográfica projetado para simular aquíferos e bacias hidrográficas [48].
- **MOHID Soil** é um modelo matemático que simula o fluxo da água através de meios porosos [49].

MOHID tem mostrado a sua capacidade para simular características complexas de fluxos quando aplicado a diferentes casos de estudo como: áreas costeiras e estuarinas e processos e reservatórios oceânicos [47].

2.3.8 Considerações sobre instrumentos de simulação e treino

Nesta secção é apresentada a tabela 1 que resume o subcapítulo 2.3 e algumas considerações obtidas sobre instrumentos de simulação e treino relacionados com o domínio “Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo”.

Tabela 1 : Resumo dos Simuladores do Subcapítulo 2.3

Nome	Breve Descrição	Abordagem	Têm módulos	Tipo de código
OSERIT	Modelo baseado na web que permite modelar os processos à superfície e prever a concentração do petróleo na água.	Lagrangiana e Euleriana	Não	Informação não obtida
SIMAP	Modelo que fornece previsões da trajetória, o destino, o impacto biológico e outros impactos de derrames de petróleo ou outros combustíveis.	Lagrangiana	Sim	Informação não obtida
MEDSLIK-II	Modelo que permite simular processos de transporte e a transformação das manchas de petróleo nos oceanos	Lagrangiana	Não	Código aberto
GNOME	Modelo para prever o destino e transporte de poluentes	Lagrangiana	Sim	Código aberto
OILMAP	Modelo para prever o movimento dos derrames de petróleo.	Lagrangiana	Sim	Software Comercial
OSCAR	Modelo para prever a trajetória e os efeitos do petróleo libertado em acidentes em plataformas ou embarcações.	Lagrangiana	Não	Software Comercial

MOHID	Modelo hidrodinâmico que permite simular, entre outras coisas, o fluxo da água através de meios porosos, aquíferos e bacias hidrográficas.	Lagrangiana	Sim	Informação não obtida
-------	--	-------------	-----	-----------------------

Nesta pesquisa sobre modelos de simulação no domínio “Respostas contra Desastre de Derrames de Petróleo”, é possível observar que, até à data, não existe nenhum modelo de simulação para treinar a coordenação operacional necessária entre as várias organizações que participam nas respostas contra derrames de petróleo. Os modelos apresentados na seção 2.3 apenas estão focados no desenvolvimento de competências individuais. Podemos observar que a maioria dos modelos importam dados como correntes, ondas, ventos, temperatura do ar, temperatura da água e outros através de bases de dados externas. Contudo, utilizam esses dados de forma diferente consoante o pretendido para cada modelo.

Através da secção 2.2.1 ficamos a conhecer a importância dos processos que podem ocorrer após o petróleo entrar em contacto com a água. Todos os modelos apresentados têm em consideração esses processos, destacando-se como modelos de trajetória determinística por serem capazes de prever a movimentação dos derrames de petróleo. O modelo MOHID será incorporado no projeto MPCCS devido às suas características.

Embora o modelo MOHID não esteja diretamente relacionado com a componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” abordada nesta dissertação, é importante ter conhecimento sobre o mesmo. Isso deve-se ao facto de ser essencial perceber de que forma as informações provenientes do MOHID devem ser armazenadas e recuperadas da base de dados para uma integração precisa com simulador MPCCS.

Esta pesquisa sobre os simuladores tornou-se importante, ainda que os mesmos não tenham sido desenvolvidos com uma finalidade parecida à do MPCCS. Contudo, quando estes são integrados com outros simuladores como o MPCCS que precisam de prever a trajetória dos derrames de petróleo, tornam-se um recurso valioso devido às suas características.

Capítulo 3

Metodologia

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para desenvolver o Simulador de Controle de Poluição Marinha, sendo que este capítulo está dividido em seis subcapítulos. No primeiro subcapítulo é descrito o objetivo central da implementação do MPCCS. O segundo subcapítulo é referente ao subprojeto abordado nesta dissertação. No terceiro subcapítulo, são introduzidas as redes de Petri como uma base fundamental para o MPCCS. O quarto subcapítulo é referente à abordagem utilizada ao longo do desenvolvimento do MPCCS. O quinto subcapítulo explora o planeamento e a calendarização do projeto MPCCS, mostrando uma visão geral do cronograma do projeto. O sexto e último subcapítulo, centra-se na identificação e gestão dos riscos associados ao projeto MPCCS.

3.1 Objetivo

Neste subcapítulo é abordada a necessidade de desenvolver o MPCCS. Como referido anteriormente, os derrames de petróleo nos oceanos causam grandes problemas, sendo que as consequências destes podem ser sentidas ao longo de várias décadas nos ecossistemas e economias [4]. Assim, é de extrema importância responder de forma rápida e eficaz a este tipo de incidentes e para isso contribui a realização regular de exercícios de treino [9].

Limpar derrames de petróleo não é uma tarefa fácil e, tendo em vista minimizar o impacto ambiental, através de uma resposta rápida e eficaz, é de extrema importância que todas as entidades envolvidas saibam exatamente aquilo que têm de fazer e quando o devem fazer. Contudo, treinar este tipo de incidentes não é fácil porque requer a disponibilidade e concordância de horários entre diferentes organizações, são treinos dispendiosos, e ainda pode haver situações de perigo para pessoas que estejam mal preparadas ou o desgaste de equipamentos que em situações reais precisam de estar o menos desgastados possível. Assim, arranjar uma forma que permita otimizar este processo é o objetivo do MPCCS.

O MPCCS (**Simulador de Controle de Poluição Marinha**) é um simulador cujo desenvolvimento é possível graças à colaboração entre a Universidade de Coimbra, responsável pelo desenvolvimento do simulador, a Qualiseg, responsável pelos requisitos do sistema, a EVM, responsável pelo desenvolvimento da base de dados de equipamentos necessária para o simulador, e a IPTL DGAM, que é responsável pela validação do MPCCS [3].

A figura 18 ilustra a metodologia do MPCCS, identificando as organizações que nele participam.

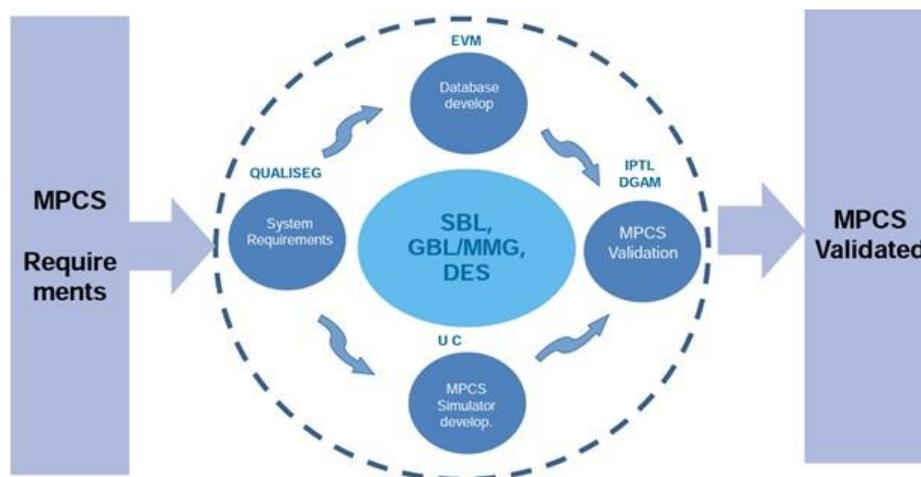


Figura 18 : Metodologia do MPCs

No desenvolvimento do simulador pela Universidade de Coimbra, está envolvida uma equipa de 5 investigadores sêniores e 5 estagiários. A arquitetura do sistema foi definida de forma a permitir o desenvolvimento modular com:

- Componente de *Digital Twin*, que incluirá a simulação de hidrodinâmica;
- Componente de edição do jogo e modelação do exercício de simulação;
- Componente de definição e geração de interfaces específicas para os papéis;
- Componente de operações em realidade virtual;
- Componente de servidor multijogador.

Para que este projeto seja bem-sucedido, não só é necessária a cooperação e a colaboração entre as organizações mencionadas anteriormente, como principalmente a colaboração na equipa de desenvolvimento, uma vez que para que o projeto seja bem sucedido, todas as partes envolvidas devem corresponder às expectativas e objetivos propostos, garantindo a interoperabilidade de cada componente.

O MPCs é uma ferramenta baseada na *cloud* que pode ser facilmente acedida através de diferentes dispositivos como: telemóvel, tablet ou computador e ser utilizada em várias línguas como português, inglês e espanhol. Esta é uma ferramenta inovadora, considerando que na área do “Resposta contra Desastres de Derrames de Petróleo” não existe até agora nenhuma ferramenta focada no treino de coordenação operacional. Todas as ferramentas que existem atualmente apenas são focadas no desenvolvimento de competências individuais. Assim, o MPCs tanto deve poder ser utilizado individualmente como coletivamente, em treinos ou exercícios, permitindo o desenvolvimento de competências tanto a nível individual como coletivo através de um ambiente virtual [1]. O MPCs também deve permitir a avaliação de desempenho dos utilizadores, sendo esta avaliação feita através da comparação das ações executadas com as ações e resultados esperados [3].

Os objetivos do treino MPCs passam por:

- (1) treinar a coordenação pois permitirá treinar aquilo que deve ser feito, quando deve ser feito, como deve ser feito e por quem deve ser feito;

- (2) treinar a comunicação pois os diferentes utilizadores do MPCCS e de diferentes organizações vão poder comunicar entre si enquanto estiverem a realizar o exercício;
- (3) treinar os procedimentos, tanto individuais como em equipa;
- (4) avaliar o desempenho [43].

No ponto a seguir será abordada de forma mais detalhada a componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” que é retratada nesta dissertação.

3.2 O Editor de Jogo e Modelação da Simulação

Este subcapítulo tem como foco a componente desta dissertação. A componente “Editor do Jogo e Modelação da Simulação” desempenha um papel crucial no MPCCS, pois é esta a componente que permite ao Gestor MPCCS exercer um controlo total sobre o sistema. Por outras palavras, esta componente é responsável por implementar todas as funcionalidades relacionadas com a gestão de utilizadores tais como efetuar login, registar utilizadores na aplicação, recuperar palavras-passe, entre outras.

Para além disso, esta componente assume igualmente a tarefa de criar todos os elementos necessários para configurar um exercício de simulação, devendo fornecer as ferramentas necessárias para personalizar cada exercício de acordo com o objetivo pretendido e as necessidades específicas.

A implementação da base de dados do MPCCS é também da responsabilidade da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”. Esta é responsável não só pela implementação das tabelas da base de dados necessárias para a implementação das suas funcionalidades, como também deverá implementar as tabelas necessárias para a interconexão das diferentes componentes do projeto e as tabelas necessárias para cada componente de forma individual.

A componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” está intrinsecamente ligada a todas as outras componentes do MPCCS, uma vez que é responsável pela configuração do exercício de simulação. É importante referir que todas as componentes do projeto dependem em grande parte de uma configuração adequada do exercício de simulação para o seu funcionamento. Para além disto, no decorrer do exercício de simulação as outras componentes do MPCCS, têm a constante necessidade de receber e atualizar dados na base de dados. Por exemplo, a componente “Digital Twin” requer no decorrer do exercício de atualizar os dados referentes ao derrame de petróleo. A componente “Servidor Multijogador” depende do acesso à base de dados para manter a integridade do estado do jogo durante o decorrer do exercício. Por sua vez a componente “Definição e Geração de Interfaces” precisa que no decorrer do exercício, as informações do jogo sejam armazenadas e atualizadas corretamente na base de dados para serem corretamente refletidas nas suas interfaces.

3.3 Uso de Redes de Petri para definição dos exercícios

Este subcapítulo explora a aplicação de Redes de Petri na modelação de sistemas complexos.

No design de software, a comunicação visual é uma parte essencial porque através dela é possível, entre outras coisas, identificar e construir casos de uso, modelar uma sequência de eventos e mostrar os relacionamentos que existem no jogo entre os diferentes atores. Na modelação do design de um jogo, gráficos e diagramas são utilizados para explicar informação de uma forma visual e sintética, porque este tipo de comunicação geralmente é mais fácil de entender e interpretar do que as descrições verbais utilizadas para explicar a mesma informação [46].

Visualizar processos concorrentes é uma tarefa difícil, sendo que muitos profissionais enfrentam dificuldades quando tentam especificar o encadeamento de tarefas. A utilização de modelos formais pode permitir resolver este problema, considerando, no entanto, que para construir um modelo é necessário conhecer muito bem o processo que se pretende modelar. [45]. Existem muitas técnicas de modelação de sistemas como: as Redes de Petri, os fluxogramas, a UML, entre outras. A UML, por exemplo, é uma linguagem de modelação muito utilizada na especificação e design de software, da qual a partir da sua versão 2.0 fazem parte 13 tipos de diagramas entre os quais: diagramas de sequência, diagramas de classes, diagramas de atividade e outros e os fluxogramas, são gráficos para modelar o fluxo de eventos de um sistema [46].

As Redes de Petri são uma ferramenta gráfica e matemática que permite modelar sistemas concorrentes. Estas podem também ser descritas como um conjunto de equações algébricas, sendo consideradas uma ferramenta poderosa para a análise de processos. A sua utilização oferece vantagens em relação a outras linguagens de modelação, uma vez que, apesar da sua notação gráfica ser simples, estas podem ser utilizadas para modelar sistemas de jogos complexos [46].

As Redes de Petri graficamente são descritas como um diagrama que contém: lugares (representados por círculos), transições (barras ou quadrados) e arcos (linhas direcionadas). As Redes de Petri podem ser interpretadas de forma diferente dependendo da intenção do designer, assim, os lugares podem representar condições, dados de entrada/saída ou recursos e as transições podem representar eventos, tarefas ou cláusulas, entre outras [46].

Capítulo 3

A figura 19 mostra os elementos, a sua simbologia gráfica, o que estes podem representar e uma descrição dos mesmos.

Elementos	Simbologia Gráfica	Descrição	O que representa
Lugar (P)		Interpretado como uma condição; um estado; uma espera; um procedimento; uma disponibilidade de recurso partilhado ou <i>stock</i> ; um canal de comunicação.	Estado, <i>stock</i> , espera, posição geográfica ou recurso.
Transição (T)	 ou 	Associada a um evento que ocorre no sistema; a execução de uma instrução; a transmissão de uma mensagem; agentes que fazem a rede evoluir de estado para estado.	Evento, ação ou tarefa.
Arco (F)		Estabelecem as conexões entre P e T. <i>Arcos</i> podem conectar um P a uma T ou vice-versa, mas nunca dois P ou duas T.	Fluxo de informação, fluxo de recursos.
<i>Token</i>		Indica a presença de uma condição ou de um objeto num determinado lugar.	Recurso, objeto, peça, ferramenta.

Figura 19 : Tabela que contém os elementos base de uma Rede de Petri

Para o MPCCS, as Redes de Petri surgem como a ferramenta ideal para modelar os sistemas complexos envolvidos nas respostas contra derrames de petróleo. Por esta razão, foi criada uma Rede de Petri baseada nos documentos disponibilizados pelo consórcio do projeto, para visualizar os processos, os procedimentos e as interações que caracterizam as situações de derrames de petróleo. Ao visualizarmos as ações e sequências de eventos de forma gráfica, torna-se possível compreender o funcionamento dos processos complexos, ao mesmo tempo que se possibilita a definição de cenários de exercícios mais realistas. A figura 20 mostra a Rede de Petri implementada:

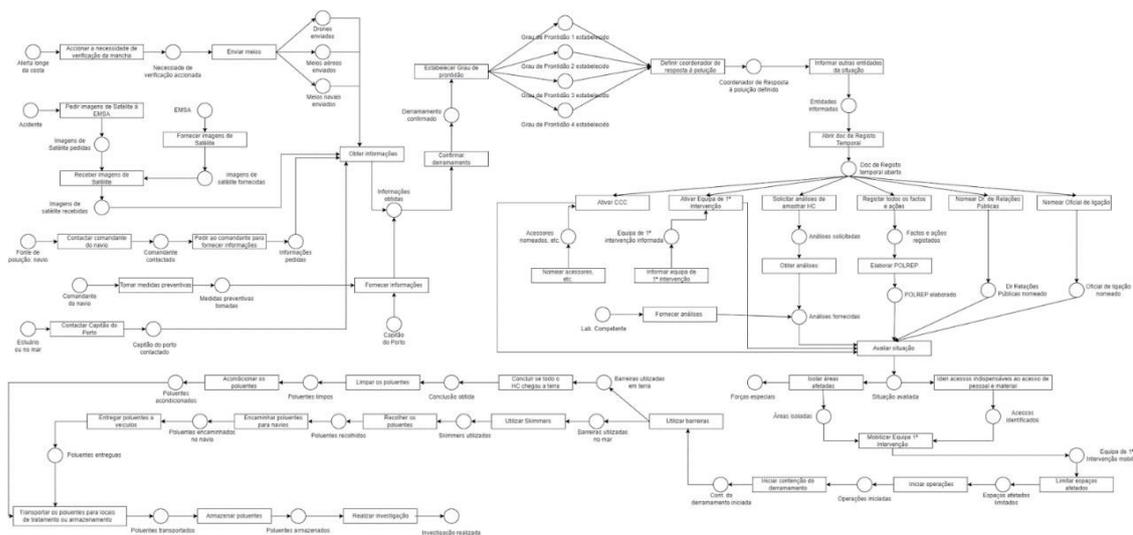


Figura 20 : Rede Petri Implementada

A criação da Rede de Petri foi importante, porque proporcionou uma melhor compreensão sobre as etapas e os processos envolvidos nas respostas contra derrames de petróleo. Além disso, permitiu perceber quais são os elementos principais e necessários para a configuração de um exercício de simulação, sendo estes, organizações, instalações, participantes, equipamentos, consumíveis e incidentes. Durante o desenvolvimento da Rede Petri foram surgindo dúvidas que mais tarde foram colocadas a um elemento do consórcio. Isto permitiu a toda a equipa de desenvolvimento do projeto melhorar o entendimento sobre o processo contra respostas de derrames de petróleo e assim ficar mais familiarizado com o projeto MPCPS.

A Rede de Petri desenvolvida pode ser examinada com maior detalhe nos anexos (Figura 43 – Apêndice A).

3.4 Abordagem

Este subcapítulo é referente à abordagem adotada para este projeto. Para garantir o sucesso deste projeto, a colaboração entre os membros da equipa de desenvolvimento assume um papel de extrema importância. O êxito do projeto depende da capacidade de todas as partes envolvidas corresponderem às expectativas e aos objetivos estabelecidos, garantindo a interoperabilidade perfeita de cada componente. Por essa razão, a escolha da **metodologia Scrum** revelou-se pertinente. Como existem algumas dependências entre os membros da equipa, com esta metodologia, todos os elementos poderão conhecer o trabalho individual de cada um e a sua respetiva evolução através de reuniões regulares que permitirão aumentar a cooperação e o espírito de entreajuda entre os elementos.

A base da metodologia *Scrum* repousa sobre três pilares principais: a transparência, a adaptação e a inspeção. Além disso, ela é regida por valores essenciais, tais como coragem, foco, compromisso, respeito e abertura [26]. No contexto deste projeto, esses princípios são especialmente relevantes, uma vez que a colaboração entre os membros da equipa de desenvolvimento é crucial para alcançar os objetivos propostos.

Os principais papéis dentro da metodologia *Scrum* são [27]:

- **Scrum master:** é o responsável por garantir que o projeto evolua de acordo com as metas previstas. Não é considerado um líder.
- **Product Owner:** Representa o negócio e as partes interessadas (*stakeholders*). Sendo o responsável pelo financiamento do projeto e por representar os interesses de todos os participantes envolvidos. É também responsável por criar o *Product Backlog* e pelas decisões que são tomadas sobre este.
- **Equipa de desenvolvimento:** Normalmente é composta por 5 a 9 elementos e é responsável pelo desenvolvimento e entrega do software. Deve alcançar os objetivos propostos para cada sprint.

A implementação da metodologia Scrum envolve práticas de gestão específicas que contribuem para o seu funcionamento eficaz. Alguns dos elementos centrais são:

- **Product Backlog:** O *Product Owner* é o responsável pela manutenção do Product Backlog que é uma lista com todas as funcionalidades que o cliente deseja ver implementadas no seu produto/serviço [26].
- **Estimativa de esforço:** esta prática consiste em estimar para cada requisito/funcionalidade do *Product Backlog*, o esforço que é necessário fazer por cada elemento da equipa para o concluir [27].
- **Sprint:** é um período com duração curta (2 a 4 semanas) e representa o conjunto de requisitos que devem ser implementados no espaço de tempo estipulado [27].
- **Reunião Sprint Planning:** É uma reunião que é dividida em duas fases: a primeira é organizada pelo *Scrum Master* e nela estão presentes todos os intervenientes do processo. O seu objetivo é decidir que requisitos devem ser implementados no próximo sprint. Na segunda, o *Scrum Master* e a equipa de desenvolvimento decidem como poderá ser agregado valor ao produto final [27].
- **Sprint Backlog:** é a lista de requisitos escolhidos a partir do *Product Backlog* para cada sprint [27].
- **Reunião Daily Scrum:** corresponde a uma reunião realizada diariamente durante o *sprint*. Esta é conduzida pelo *Scrum Master* e conta com a presença da equipa de desenvolvimento [26].
- **Reunião Sprint Review:** o trabalho efetuado em cada sprint é incrementado ao trabalho já existente e este é apresentado ao cliente para uma avaliação.
- **Reunião Sprint Retrospective:** ocorre após a reunião *Sprint Review* e antes da próxima reunião *Sprint Planning*. O seu objetivo passa por identificar melhorias que devem ser implementadas no próximo *sprint*.

A implementação da metodologia Scrum foi adaptada para o contexto do Simulador de Controle de Poluição Marinha, uma vez que se realizaram reuniões semanais invés de diárias. A abordagem iterativa e incremental, conhecida como "*sprints*", proporciona uma visão clara das tarefas a serem realizadas em cada fase do projeto. Estes "*sprints*" permitem uma avaliação contínua do progresso, permitindo que a equipa fomente a colaboração e a partilha de conhecimento entre os seus membros.

Além disso, a abordagem *Scrum* permitiu também a definição clara de metas para cada “*sprint*”, contribuindo para uma estimativa mais precisa do esforço necessário para implementar as funcionalidades desejadas e para a definição de um período específico para cada ciclo de trabalho.

Em resumo, a opção pela abordagem fundamentada na metodologia *Scrum* reflete a necessidade de adotar uma gestão flexível e colaborativa, que se alinha harmoniosamente com os desafios e objetivos do MPCCS. Através desta abordagem, o projeto pretende otimizar a eficiência, aprimorar a coordenação da equipa e garantir a entrega de um simulador eficaz e de alta qualidade para o treino de respostas contra derrames de petróleo.

3.5 Plano e calendarização

Neste subcapítulo é apresentado o planeamento do projeto no primeiro e no segundo semestre.

1º semestre:

Durante o primeiro semestre, o plano e calendarização incidiu num conjunto de atividades essenciais para obter o conhecimento necessário para uma fase posterior de desenvolvimento. Inicialmente, procurou-se a familiarização com o projeto MPCCS, através da análise dos documentos previamente disponibilizados sobre o mesmo pelo consórcio responsável pelo projeto. Além disso, foram realizados estudos sobre simuladores e tópicos relacionados com o domínio “Resposta contra Desastres por Derrames de Petróleo”, tendo sido esta fase de pesquisa e imersão no contexto do projeto, essencial para obter uma melhor compreensão sobre o processo inerente a uma resposta eficaz contra derrames de petróleo.

Outra atividade fundamental no 1º semestre foi a elaboração da Rede de Petri, baseada na análise prévia dos documentos. Além disso, foi iniciado o esboço da arquitetura da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”, que mais tarde foi utilizada na construção da arquitetura global do MPCCS, que integrou todas as componentes do projeto.

Também foi iniciada a elaboração da base de dados, através da identificação das principais entidades e informações necessárias com base nos documentos disponibilizados e nos resultados da elaboração da Rede de Petri.

Por fim, simultaneamente com as atividades mencionadas, ocorreu a escrita do relatório intermédio.

Em suma, o primeiro semestre, ficou marcado pelo comprometimento com as etapas iniciais do projeto, tendo-se estabelecido uma base sólida para o trabalho a realizar no segundo semestre.

2º Semestre:

O plano original das tarefas pretendidas para o 2º semestre foi elaborado em janeiro. No entanto, devido à necessidade de entregar o projeto em setembro, houve alterações no mesmo. A tabela 2 mostra de uma forma geral as tarefas a serem realizadas em cada mês, estando estas organizadas em sprints mensais:

Tabela 2 : Planeamento do Semestre através de Scripts Mensais

Sprint	Atividades
Fevereiro	Definir a arquitetura de software do módulo de edição Definir o <i>Product backlog</i>
Março	Desenvolver o projeto
Abril	Desenvolver o projeto
Maiο	Desenvolver o projeto
Junho	Desenvolver o projeto
Julho	Realização de testes Black box + Ensaios
Agosto	Escrita e revisão da dissertação

Na figura 21 encontra-se um Diagrama de Gantt, que fornece uma análise detalhada da execução real do projeto no 2º semestre. Esta poderá ser vista com mais pormenor nos anexos deste documento (Figura 44 e Figura 45 – Apêndice A).

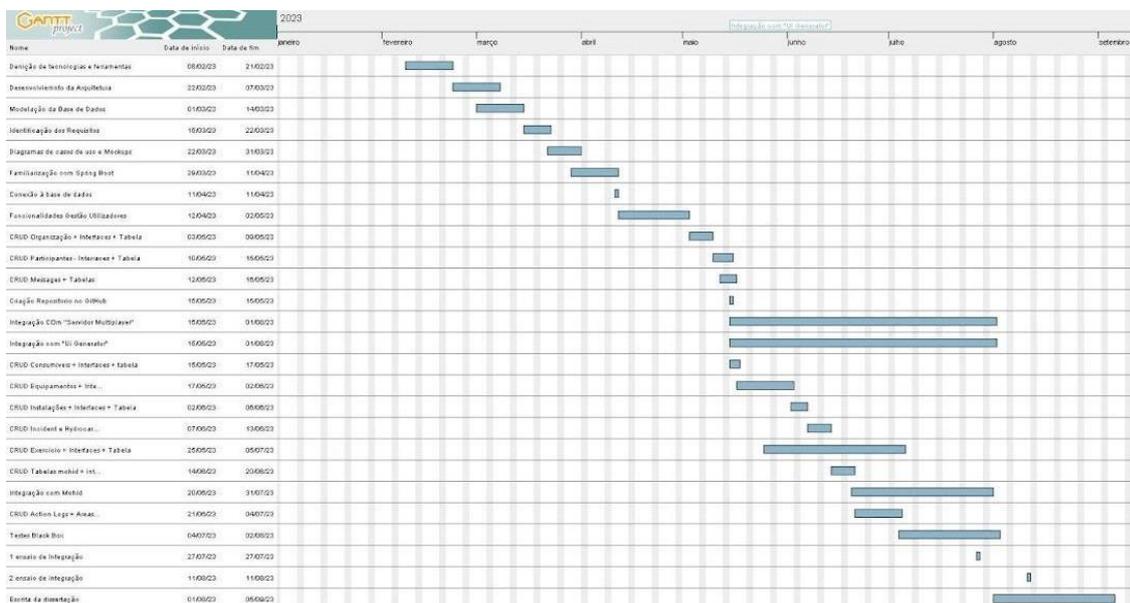


Figura 21 : Análise detalhada da execução real do projeto

3.6 Identificação e Avaliação de Riscos

Este subcapítulo é referente aos riscos encontrados para este projeto. A análise de riscos é importante porque permite identificar, avaliar e gerir os riscos de forma eficiente e eficaz. Isto permite, minimizar o impacto de eventos que possam surgir e garantir uma

boa execução do projeto através do plano de mitigação elaborado para cada risco identificado.

Todos os riscos identificados contêm uma probabilidade de ocorrência, uma descrição, o impacto que estes podem ter no projeto e o plano de mitigação que é composto por medidas de prevenção ou correção para reduzir o seu impacto. A escala da probabilidade utilizada foi: Alta, Média, Baixa e a escala utilizada para o impacto foi: Baixo, Médio, Alto ou Crítico. Assim, os riscos identificados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 : Definição do risco - R1

Id	R1
Descrição	Complexidade do projeto subestimada, aparecendo com o tempo a necessidade de implementar funcionalidades que não estavam previstas.
Probabilidade	Alta
Impacto	Crítico
Plano de Mitigação	<ul style="list-style-type: none"> - Deverá ser adquirida o máximo de informação possível sobre o projeto MPCs. - A identificação dos requisitos deverá ser o mais detalhada possível, de forma a garantir que todas as necessidades do projeto sejam devidamente documentadas e consideradas logo desde o planeamento inicial. - Deverá ser mantida comunicação regular entre todos os envolvidos no projeto, para comunicar a necessidade de implementar novas funcionalidades e prever o impacto dessas no projeto, a nível de tempo e de recursos.

Este risco tornou-se uma realidade logo desde o início do segundo semestre, quando ficou evidente que os documentos disponibilizados inicialmente sobre o projeto MPCs não continham informações suficientes sobre todas as funcionalidades que deveriam ser implementadas e como deveria ocorrer a sua implementação. Como resultado, o modo como algumas destas deveriam ser implementadas foi um processo discutido pela equipa de desenvolvimento e os seus professores orientadores ao longo do semestre. Conforme se ia ganhando mais conhecimento sobre o projeto e descobrindo como alguns dos seus requisitos deviam ser implementados ganhou-se a noção de que o projeto era bastante complexo.

Tabela 4: Definição do risco - R2

Id	R2

Descrição	Curtos prazos para o desenvolvimento do projeto, uma vez que se pretende que todas as partes envolvidas consigam concluir a sua parte até junho.
Probabilidade	Alta
Impacto	Médio
Plano de Mitigação	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer estimativas generosas do tempo necessário para concluir as tarefas. - Recorrer a um Diagrama de Gantt para fazer o planeamento do projeto e assim ter uma ideia mais clara do que deve ser feito e quando deve ser feito.

Ao longo do desenvolvimento do projeto houve atrasos devido à falta de experiência da equipa de desenvolvimento com algumas das ferramentas utilizadas, onde houve a necessidade de despende de algum tempo para a sua aprendizagem. Para além disso, só quando se iniciou realmente a implementação é que a equipa de desenvolvimento teve a completa noção dos requisitos ambiciosos do projeto MPCs. Isto provocou atrasos e por isso a equipa de desenvolvimento decidiu de forma unânime entregar as respetivas dissertações só no mês de setembro.

Tabela 5 : Definição do risco - R3

Id	R3
Descrição	A desistência de um dos elementos da equipa, pode levar ao fracasso do projeto ou a uma má demonstração de cada parte individual, uma vez que, todas as partes estão interligadas.
Probabilidade	Baixa
Impacto	Crítico
Plano de Mitigação	<ul style="list-style-type: none"> - Assegurar que todos os elementos estejam integrados na equipa. - Reuniões semanais entre todos os elementos para ser possível avaliar o progresso de cada um e haver cooperação, colaboração e ajuda entre todos os elementos.

Como se tinha previsto através da atribuição de uma probabilidade baixa de ocorrência, o risco R3 não se concretizou. Todos os membros da equipa de desenvolvimento permaneceram comprometidos com o projeto.

Tabela 6 : Definição do risco - R4

Id	R4
Descrição	Sobrecarga de trabalho na equipa de desenvolvimento que pode levar ao não cumprimento das tarefas no tempo estimado, e como consequência haver atrasos e insatisfação.
Probabilidade	Média
Impacto	Crítico
Plano de Mitigação	<ul style="list-style-type: none"> - Recorrer a um Diagrama de Gantt para fazer o planeamento do projeto e assim ter uma ideia mais clara do que deve ser feito e quando deve ser feito - Definir prazos para cada tarefa.

Tabela 7 : Definição do risco - R5

Id	R5
Descrição	Falta de reuniões e clareza na comunicação entre todas as partes envolvidas no projeto, podendo levar a uma má interpretação do que realmente é necessário fazer.
Probabilidade	Baixa
Impacto	Crítico
Plano de Mitigação	<ul style="list-style-type: none"> - Encontrar um horário em que todas as partes envolvidas estejam disponíveis. - Realizar reuniões semanais. - Disponibilizar as mesmas informações para todos os envolvidos no projeto. - Verificar que todos os envolvidos estão em sintonia e a trabalhar para o mesmo propósito. - Utilizar metodologia <i>Scrum</i>.

Este risco não ocorreu. Isto deve-se em grande parte à adoção da metodologia *Scrum*, que enfatiza a comunicação e a colaboração contínua entre as partes envolvidas no projeto. Através das reuniões semanais, das revisões dos sprints e do planeamento colaborativo, todas as partes foram mantidas informadas sobre o progresso do projeto, os desafios enfrentados pelas várias componentes e as próximas etapas a realizar.

Capítulo 4

Requisitos da Componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”

Este capítulo apresenta uma análise detalhada dos requisitos que foram essenciais para o desenvolvimento e uma implementação bem-sucedida da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”, uma das cinco partes integrantes do projeto MPCPS.

4.1 Identificação dos requisitos

Neste subcapítulo foram identificados os requisitos necessários para o desenvolvimento da componente de configuração do sistema e edição dos exercícios de simulação.

Engenharia de Requisitos é o processo de descobrir, analisar, documentar e verificar os requisitos. Estes servem como base para o desenvolvimento de um sistema, devendo ser definidos de forma clara e precisa. Uma boa definição de requisitos garante ainda que todas as funcionalidades e características desejadas sejam consideradas durante a implementação [54].

Os requisitos de software podem ser classificados em requisitos funcionais e requisitos não funcionais. Os requisitos funcionais são declarações que descrevem os serviços que um sistema deve ser capaz de fornecer, através da definição de funcionalidades essenciais, para atender às necessidades dos utilizadores. Os requisitos não funcionais são restrições e características que se aplicam ao sistema como um todo, não especificando diretamente as funcionalidades do sistema ou dos utilizadores. Eles envolvem aspetos como desempenho, segurança, disponibilidade e outras propriedades que afetam a qualidade e o comportamento geral do sistema, sendo muitas vezes tão importantes quanto os requisitos funcionais [54].

De seguida serão apresentados os requisitos funcionais identificados para a componente de configuração e edição de exercícios. Cada requisito funcional apresenta um identificador único, um título, uma breve descrição e uma prioridade. A prioridade foi definida através do **método MoSCow**, que divide os requisitos em 4 categorias com intuito de ajudar a definir a prioridade dos requisitos de acordo com sua importância. As categorias são:

- *Must Have* (Deve Ter): Requisitos essenciais e imprescindíveis para o sistema. São os requisitos fundamentais que precisam ser implementados para que o sistema seja funcional e atenda ao propósito principal
- *Should Have* (Deveria Ter): Requisitos importantes, mas não com implementação obrigatória. A sua implementação é desejada para melhorar a eficácia ou a usabilidade do sistema, mas o funcionamento básico do sistema pode ser alcançado sem a implementação dos mesmos.

Requisitos da Componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”

- *Could Have* (Poderia Ter): Requisitos que são considerados opcionais ou desejáveis, mas não essenciais. A sua implementação pode ser adiada para futuras versões do sistema, caso o tempo e os recursos sejam limitados.
- *Won't Have* (Não Terá): Requisitos que foram descartados ou que não serão incluídos na atual versão do sistema. Estes podem ser reavaliados em versões futuras ou em projetos subsequentes.

Para uma melhor compreensão dos requisitos encontra-se nos anexos deste documento a Tabela 32 no Apêndice A que foi criada a pensar na dificuldade que os leitores deste documento poderão encontrar por não estarem familiarizados com alguns dos termos-chave utilizados neste projeto. Assim, com as definições pretende-se que os leitores possam devolver uma melhor compreensão dos requisitos do sistema, bem como perceber a sua importância no contexto deste projeto.

Os **requisitos funcionais** identificados foram:

Tabela 8 : Definição do Requisito Funcional - RF01

Id	RF01
Título	O sistema deverá apresentar uma página inicial com as informações principais do MPCs.
Prioridade	<i>Should Have</i>
Descrição	O sistema deve ter uma página inicial que deverá conter as informações principais do MPCs. Esta página deve fornecer um resumo conciso do simulador e das suas principais características. Além disso, a página deve ser acessada através da URL principal da aplicação e deve ter um design visualmente atraente e profissional. Deverá também ser possível através da página inicial aceder aos principais sites dos colaboradores do MPCs. A partir desta página os utilizadores poderão fazer login ou efetuar o registo. Ainda deverá apresentar ícones para mudar de idioma.

Tabela 9 : Definição do Requisito Funcional - RF02

Id	RF02
Título	O sistema deverá apresentar um menu principal dirigido aos utilizadores registados.
Prioridade	<i>Should Have</i>
Descrição	O sistema deverá apresentar um menu principal dirigido aos utilizadores registados (<i>role: User</i>) após estes efetuarem o <i>login</i> . Por meio deste menu, os utilizadores poderão visualizar e editar os seus dados pessoais, além de participar em exercícios. O menu principal proporcionará uma

	navegação clara, de maneira a que os utilizadores consigam aceder facilmente às suas funcionalidades.
--	---

Tabela 10 : Definição do Requisito Funcional - RF03

Id	RF03
Título	O sistema deverá apresentar um menu principal para os Gestores MPCs.
Prioridade	<i>Should Have</i>
Descrição	O sistema deverá apresentar um menu principal dirigido aos Gestores MPCs (<i>role: Admin</i>), após estes efetuarem o <i>login</i> . Neste menu, os Gestores terão acesso a funcionalidades específicas, permitindo-lhes gerir Utilizadores, Exercícios, Organizações, Instalações, entre outros. Além disso, poderão visualizar e aprovar pedidos de registo de utilizadores, bem como participar em exercícios e visualizar a lista de exercícios em curso. O menu principal proporcionará uma experiência de gestão completa e eficiente, oferecendo aos Gestores MPCs todas as ferramentas necessárias para gerir o sistema.

Tabela 11 : Definição do Requisito Funcional - RF04

Id	RF04
Título	O sistema deverá permitir efetuar o <i>Login</i> e <i>Logout</i> tanto aos Gestores MPCs como aos utilizadores registados.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	Este requisito diz respeito à funcionalidade do sistema que permite que tanto os Gestores MPCs quanto os utilizadores façam o <i>login</i> e o <i>logout</i> do sistema. O <i>login</i> é um processo de autenticação, onde os utilizadores registados vão fornecer as suas credenciais (email e palavra-passe) para aceder ao sistema. Após efetuarem o <i>login</i> , os utilizadores registados terão acesso às funcionalidades e recursos disponíveis para eles. O <i>logout</i> é o processo que permite aos utilizadores terminar a sessão. Ao fazer o <i>logout</i> , os utilizadores registados deixaram de ter acesso às funcionalidades do sistema até que realizem novamente o <i>login</i> . A implementação deste requisito é essencial para garantir a segurança e o controle de acessos ao sistema.

Requisitos da Componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”

Tabela 12 : Definição do Requisito Funcional - RF05

Id	RF05
Título	O sistema deverá permitir aos utilizadores não registados preencher o formulário de registo.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	Esta funcionalidade permite que os utilizadores não registados preencham um formulário de registo. O formulário de registo deverá ser uma interface onde os utilizadores vão poder inserir as suas informações pessoais como, nome, e-mail, palavra-passe, morada e outras. É importante que seja um formulário que possa ser preenchido de forma eficiente, segura e fácil, para aumentar a adesão e a usabilidade do sistema e ainda que garanta que as informações inseridas sejam completas e precisas e que ainda sejam armazenadas de forma segura e privada.

Tabela 13 : Definição do Requisito Funcional - RF06

Id	RF06
Título	O sistema deverá permitir encriptar as palavras-passe na base de dados aquando do registo dos utilizadores.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	Este requisito diz respeito à capacidade que o sistema deve ter para encriptar as palavras-passe dos utilizadores quando estas são armazenadas na base de dados após o processo de registo de um utilizador estar completo. A encriptação das palavras-passe fornecerá uma camada adicional de segurança ao sistema, contribuindo para a proteção dos dados dos utilizadores de forma a que mesmo que alguém consiga aceder à base de dados não consiga perceber quais são as palavras-passe dos utilizadores. Assim, utilizando um algoritmo de criptografia como o <i>bcrypt</i> , o sistema deverá criptografar as palavras-passe antes de as armazenar na base de dados.

Tabela 14 : Definição do Requisito Funcional - RF07

Id	RF07
Título	O sistema deverá permitir aos utilizadores registados recuperar a sua palavra-passe.

Prioridade	<i>Should Have</i>
Descrição	O sistema deve permitir que os utilizadores registados recuperem as suas palavras-passe em caso de esquecimento. Para isso, deverá existir um formulário onde os utilizadores deverão inserir o seu endereço de email para efetuar o pedido de recuperação da palavra-passe. Após enviar o pedido, estes deverão receber um email com um link de redefinição da palavra-passe. Ao clicar no link, os utilizadores deverão ser redirecionados para um formulário seguro onde poderão inserir uma nova palavra-passe.

Tabela 15 : Definição do Requisito Funcional - RF08

Id	RF08
Título	O sistema deverá permitir a colocação das credenciais para efetuar o <i>login</i> até 3 vezes. Caso o utilizador exceda esse número, a sua conta será bloqueada temporariamente.
Prioridade	Must Have
Descrição	O sistema deverá bloquear os utilizadores temporariamente após três tentativas consecutivas de inserção de credenciais incorretas. Assim, após o limite de tentativas ser alcançado, a conta do utilizador será bloqueada por um período predeterminado. Desta forma, procura-se aumentar a segurança do sistema, protegendo as contas dos utilizadores contra ataques de força bruta e tentativas de acesso não autorizado.

Tabela 16 : Definição do Requisito Funcional - RF09

Id	RF09
Título	O sistema deverá permitir ao Gestor MPCs confirmar o registo dos utilizadores.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	O sistema deve incluir a funcionalidade que permite ao Gestor MPCs confirmar o registo dos utilizadores. Esta funcionalidade permitirá ao Gestor MPCs verificar as informações fornecidas pelos utilizadores durante o processo de registo e aprovar o seu registo no sistema, fazendo com que a partir do momento da aprovação os utilizadores possam aceder às funcionalidades do sistema. Essa ação de confirmação pelo Gestor MPCs garantirá a integridade e a validade dos registos dos utilizadores no sistema. Deverá ser enviado aos utilizadores um email de confirmação

Requisitos da Componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”

	de registo que incluirá algumas informações do utilizador como o nome e um link de confirmação que redirecionará o utilizador para a página de <i>login</i> e ainda instruções claras sobre os próximos passos.
--	---

Tabela 17 : Definição do Requisito Funcional - RF10

Id	RF10
Título	O sistema deverá permitir ao Gestor MPCs confirmar o registo dos utilizadores.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	O sistema deve incluir a funcionalidade que permite ao Gestor MPCs confirmar o registo dos utilizadores. Esta funcionalidade permitirá ao Gestor MPCs verificar as informações fornecidas pelos utilizadores durante o processo de registo e aprovar o seu registo no sistema, fazendo com que a partir do momento da aprovação os utilizadores possam aceder às funcionalidades do sistema. Essa ação de confirmação pelo Gestor MPCs garantirá a integridade e a validade dos registos dos utilizadores no sistema. Deverá ser enviado aos utilizadores um email de confirmação de registo que incluirá algumas informações do utilizador como o nome e um link de confirmação que redirecionará o utilizador para a página de login e ainda instruções claras sobre os próximos passos.

Tabela 18 : Definição do Requisito Funcional - RF11

Id	RF11
Título	O sistema deverá permitir ao Gestor MPCs fazer o CRUD de utilizadores.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	Este requisito diz respeito à funcionalidade do sistema que deve permitir ao Gestor MPCs realizar as operações CRUD (<i>Create, Read, Update, Delete</i>) dos utilizadores. Isso inclui a capacidade de adicionar novos utilizadores, visualizar as informações dos utilizadores existentes, atualizar os dados dos utilizadores caso seja necessário e ainda poder remover utilizadores do sistema. Essas funcionalidades devem poder ser realizadas pelo Gestor MPCs de forma intuitiva e eficiente.

Tabela 19 : Definição do Requisito Funcional - RF12

Id	RF12
Título	O sistema deverá permitir ao Gestor MPCs criar novos Gestores MPCs.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	O sistema deverá fornecer ao Gestor MPCs a capacidade de atribuir o papel de "Admin" a utilizadores registados no sistema, concedendo-lhes assim, privilégios administrativos. Este requisito é essencial para garantir uma gestão eficiente e escalável do sistema, através da delegação de tarefas administrativas a utilizadores qualificados e responsáveis.

Tabela 20 : Definição do Requisito Funcional - RF13

Id	RF13
Título	O sistema deverá permitir aos utilizadores consultar e editar as suas informações pessoais.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	Este requisito diz respeito à capacidade que o sistema deve ter para permitir aos utilizadores registados consultar e editar as suas informações pessoais. Para atender este requisito, o sistema deverá disponibilizar interfaces intuitivas e de fácil utilização, que poderão ser acedidas pelos utilizadores após estes efetuarem o <i>login</i> .

Tabela 21 : Definição do Requisito Funcional - RF14

Id	RF14
Título	O sistema deve permitir ao Gestor MPCs realizar o CRUD das seguintes entidades: organizações, instalações, participantes, equipamentos, consumíveis, incidentes, hidrocarbonetos, mensagens e áreas.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	Este requisito é uma funcionalidade essencial do sistema, que procura permitir ao Gestor MPCs gerir as informações das diferentes entidades. A funcionalidade de criar permitirá ao Gestor MPCs adicionar novas entidades à base de dados, fornecendo campos para inserir informações relevantes. Ao guardar as informações, o sistema irá atribuir um identificador único à nova entidade e armazená-la na base de dados. A

Requisitos da Componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”

	<p>funcionalidade de consulta permitirá ao Gestor MPCs visualizar informações detalhadas das entidades existentes, através de interfaces que mostrarão uma lista de todas as entidades e os detalhes individuais de cada uma. A funcionalidade de edição permitirá ao Gestor MPCs atualizar as informações de uma entidade, podendo editar qualquer campo. O sistema deverá validar os novos dados inseridos antes de atualizar as informações correspondentes na base de dados. Por fim, a funcionalidade de eliminação permitirá ao Gestor MPCs remover uma entidade da base de dados. Este requisito é importante pois para criar um exercício de simulação é necessária a configuração correta de todas estas entidades.</p>
--	--

Tabela 22 : Definição do Requisito Funcional - RF15

Id	RF15
Título	O sistema deverá permitir ao Gestor MPCs realizar o CRUD de exercícios.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	<p>Este requisito é uma funcionalidade essencial do sistema, que procura permitir ao Gestor MPCs gerir os exercícios. A funcionalidade de criar permitirá ao Gestor MPCs adicionar novos exercícios ao sistema, fornecendo campos para inserir informações relevantes, como a descrição, a data de início e término do exercício, e que entidades devem fazer parte de um exercício. Ao guardar as informações, o sistema irá atribuir um identificador único ao novo exercício e o armazená-lo na base de dados. A funcionalidade de consulta permitirá ao Gestor MPCs visualizar informações detalhadas dos exercícios existentes, através de interfaces que mostrarão uma lista de todos os exercícios e os detalhes individuais de cada um. A funcionalidade de edição permitirá ao Gestor MPCs atualizar as informações de um exercício, podendo editar qualquer campo. O sistema deverá validar os novos dados inseridos antes de atualizar as informações correspondentes na base de dados. A funcionalidade de eliminação permitirá ao Gestor MPCs remover um exercício da base de dados.</p>

Tabela 23 : Definição do Requisito Funcional - RF16

Id	RF16
Título	O sistema deve permitir ao Gestor MPCs associar utilizadores aos participantes nos exercícios.
Prioridade	<i>Must Have</i>

Descrição	Esta funcionalidade permitirá ao Gestor MPCCS associar os utilizadores a participantes para que estes possam assumir as suas identidades e herdar as suas propriedades no decorrer de um exercício. Assim, através de uma interface, o Gestor MPCCS poderá selecionar os utilizadores desejados e associá-los aos participantes de forma controlada e precisa. Isso permitirá um melhor planeamento e execução dos exercícios, contribuindo para o sucesso das atividades realizadas.
------------------	---

Tabela 24 : Definição do Requisito Funcional - RF17

Id	RF17
Título	O sistema deverá permitir notificar (email) os utilizadores sobre o começo de um exercício.
Prioridade	<i>Must Have</i>
Descrição	Esta funcionalidade deverá permitir informar os utilizadores sobre o começo de um exercício. Quando um novo exercício for criado e agendado para começar, o sistema deverá enviar notificações automáticas por email para todos os utilizadores associados ao exercício. Nas notificações por email devem constar informações relevantes, como a data e hora de início, e quaisquer instruções adicionais pertinentes. Isso permitirá que os utilizadores se preparem adequadamente para o exercício e estejam cientes de suas responsabilidades e tarefas designadas.

Tabela 25 : Definição do Requisito Funcional - RF18

Id	RF18
Título	O sistema deverá permitir fazer a distinção entre exercícios de treino e exercícios de avaliação.
Prioridade	<i>Should Have</i>
Descrição	Esta funcionalidade deverá permitir que o sistema consiga diferenciar os exercícios de acordo com suas finalidades. Assim, o Gestor MPCCS deverá poder decidir se um exercício é criado com o objetivo de treinar os utilizadores de forma a melhorar as habilidades e o conhecimento dos mesmos, ou se é um exercício de avaliação, voltado para a análise e avaliação das competências dos utilizadores tanto a nível individual como no âmbito geral da resposta ao combate à poluição.

Requisitos da Componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”

Tabela 26 : Definição do Requisito Funcional - RF19

Id	RF19
Título	O sistema deverá permitir aos utilizadores escolher que participante querem assumir durante um exercício.
Prioridade	<i>Could Have</i>
Descrição	Esta funcionalidade deverá permitir que os utilizadores possam escolher quem querem assumir durante a realização de um exercício. A implementação deste requisito vai permitir proporcionar uma experiência mais personalizada e envolvente aos utilizadores, permitindo-lhes explorar diferentes perspetivas e adquirir uma compreensão mais abrangente dos diferentes participantes que existem na resposta ao combate à poluição.

Tabela 27 : Definição do Requisito Funcional - RF20

Id	RF20
Título	O sistema deverá permitir a atribuição de uma avaliação aos utilizadores sobre o seu desempenho num exercício de simulação.
Prioridade	<i>Should Have</i>
Descrição	Esta funcionalidade deverá permitir que os utilizadores recebam uma avaliação sobre o seu desempenho após participarem num exercício de simulação. Com esta avaliação pretende-se que os utilizadores possam identificar as áreas que devem melhorar, de forma a estarem mais aptos nas respostas contra derrames de petróleo.

Os requisitos não funcionais identificados são apresentados na tabela 28:

Tabela 28 : Requisitos Não Funcionais Identificados

Id	Título	Prioridade	Descrição
RNF01	Manutenção	Must	O código da aplicação deve estar devidamente comentado e claro, de forma a facilitar futuras intervenções.
RNF02	Usabilidade	Must	A plataforma deve ser de fácil utilização.

RNF03	Segurança	Must	Apenas utilizadores autenticados podem ter acesso a informações da aplicação.
RNF04	Segurança	Must	As palavras-passe dos utilizadores devem conter pelo menos uma letra maiúscula e minúscula, um número, um carácter especial, e ainda ter pelo menos 8 dígitos.
RNF05	Usabilidade	Must	O sistema deverá ter suporte Multilingue, permitindo que os utilizadores possam alternar entre os idiomas inglês, português e espanhol.
RNF06	Compatibilidade	Must	As interfaces do sistema deverão ser Multiplataforma, ou seja, devem poder ser utilizadas em diferentes plataformas (computador, telemóvel e tablet).
RNF07	Usabilidade	Must	Inputs inválidos devem ser rejeitados com uma mensagem de erro informativa e deve ser permitido ao utilizador alterar os inputs até estes serem aceites.
RNF08	Segurança	Must	Cada <i>role</i> existente no sistema deve ter acesso apenas às suas funcionalidades.

O estado da implementação dos requisitos encontra-se nos anexos deste documento na Tabela 31, que pode ser encontrada no Apêndice A.

4.2 Diagrama de Casos de Uso

Nesta subsecção serão apresentados os diagramas de casos de uso elaborados após a identificação dos requisitos.

Um **caso de uso** descreve a forma como um utilizador pode interagir com o sistema para alcançar um determinado objetivo. Ele fornece uma perspetiva das funcionalidades que o sistema pode oferecer através da descrição de todas as ações e interações que podem existir entre o utilizador e o sistema. O **diagrama de casos de uso** é um diagrama visual que apresenta os atores envolvidos no sistema, os casos de uso existentes e as relações entre atores e os casos, e as extensões ou inclusões entre os casos do sistema. Para elaborar um diagrama de casos de uso deve-se começar pela identificação dos atores que representam os diferentes grupos de pessoas ou dispositivos que interagem com o sistema [53].

Os atores identificados para este projeto foram: o Gestor MPCs que representa o administrador, o utilizador registado e o utilizador não registado. O utilizador não registado poderá apenas aceder à página principal da aplicação, ao formulário de registo

e ao formulário de login. Por sua vez, o Gestor MPCS e o utilizador registado conseguem efetuar o login na aplicação, mas ambos têm acesso a funcionalidades diferentes de acordo com as suas permissões. Iremos abordá-las nos diagramas de casos de uso a seguir apresentados.

4.2.1 Diagrama caso de uso Utilizador não Registado

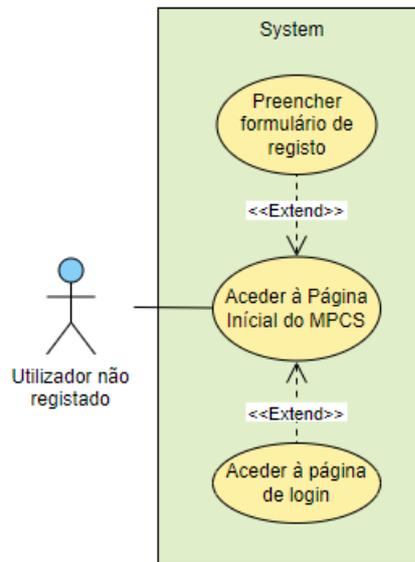


Figura 22 - Diagrama de Casos de Uso Utilizador não Registado

Este diagrama representa as interações de um utilizador não registado com a aplicação MPCS, sendo que este apenas pode interagir com os casos de uso especificados na figura. O caso de uso "**Aceder à Página Inicial do MPCS**" permite que o utilizador não registado aceda à página inicial da aplicação onde este pode ver as principais informações do MPCS. A partir da página inicial, o utilizador tem a opção de "**Preencher o Formulário de Registo**" ou "**Aceder à Página de Login**". No caso de uso "Preencher o Formulário de Registo", o utilizador pode inserir informações relevantes para o registo. No caso de uso "Aceder à Página de Login", o utilizador é direcionado para a página de login, embora a ação de efetuar o login não seja permitida para utilizadores não registados.

4.2.2 Diagrama caso de uso Utilizador registado

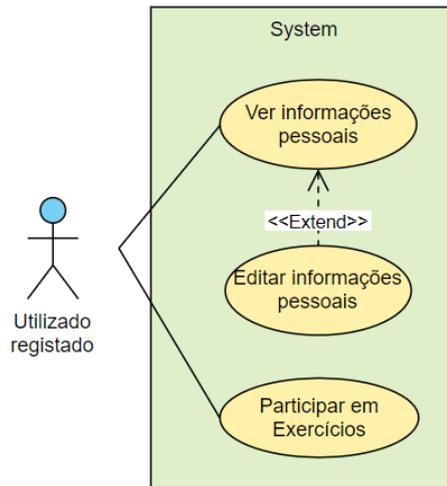


Figura 23 : Diagrama de Casos de Uso Utilizador Registrado

Este diagrama representa as interações de um utilizador registado com a aplicação MPCS, após já ter efetuado o login e encontrar-se no seu menu principal. Nesta fase, o utilizador registado tem acesso a um conjunto de funcionalidades. O caso de uso "**Ver informações pessoais**" permite ao utilizador visualizar as informações associadas ao seu perfil, fornecendo uma visão geral dos seus dados pessoais. Além disso, ao consultar o perfil, o utilizador pode optar por "Editar informações pessoais", podendo atualizar as suas informações conforme necessário.

No caso de uso "**Participar em exercícios**", o utilizador pode participar em exercícios que estejam disponíveis na sua lista de exercícios pessoal. A interação apenas é possível se existirem exercícios disponíveis, permitindo ao utilizador participar em exercícios de combate à poluição específicos.

4.2.3 Diagrama caso de uso Gestor MPCs

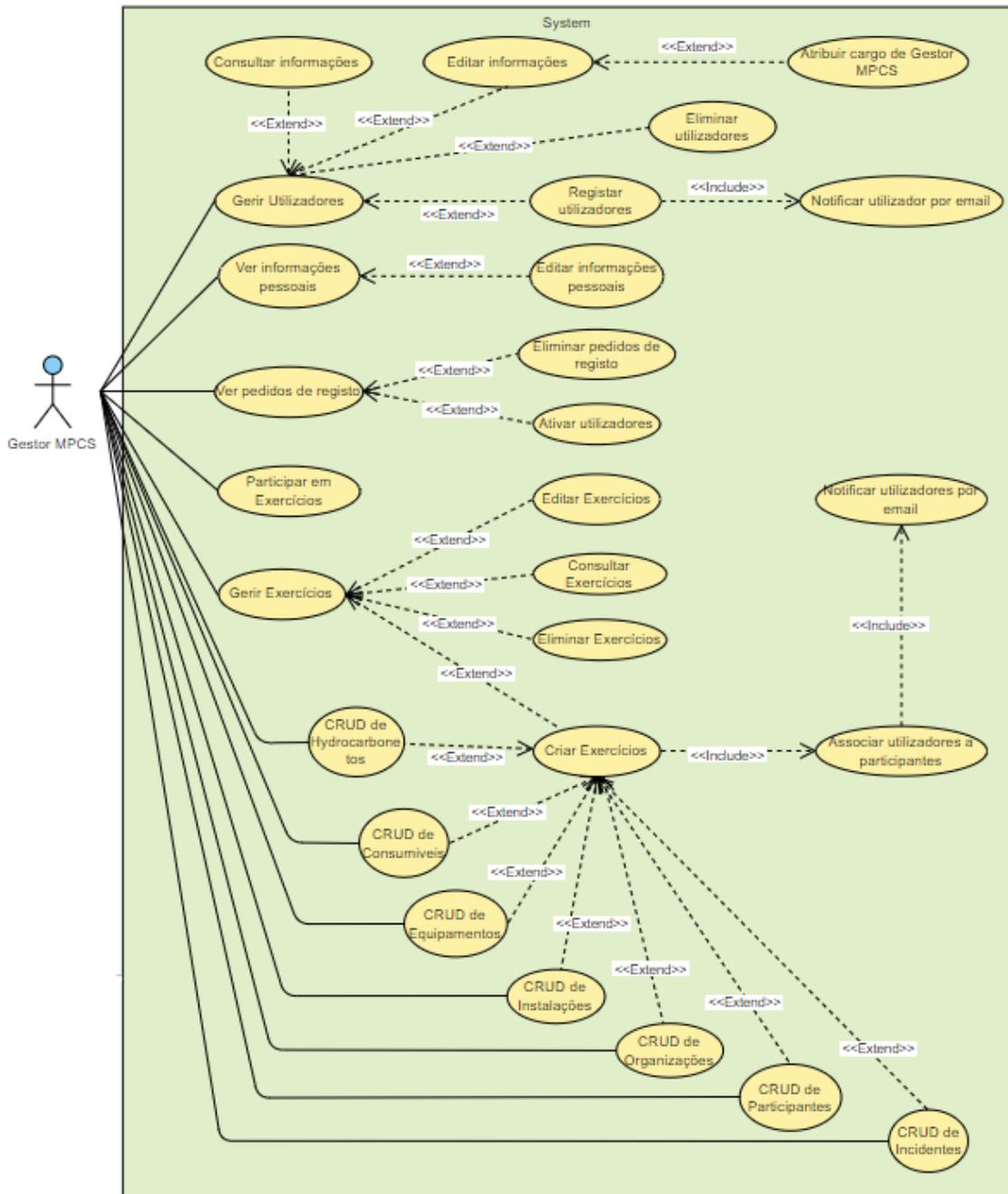


Figura 24 : Diagrama de Casos de Uso do Gestor MPCs

Este diagrama representa as várias interações e funcionalidades disponíveis para o Gestor MPCs, após este já ter efetuado o login na aplicação e encontrar-se no seu menu principal. O caso de uso, "**Gerir Utilizadores**", abrange uma série de ações que o gestor pode realizar para administrar as contas de utilizadores. Isso inclui consultar informações dos utilizadores, eliminar contas de utilizador, editar informações pessoais e registar novos utilizadores. No caso de uso "**Editar informações**", há uma ação que se estende para "**Atribuir Cargo de Gestor MPCs**". Isso dá ao gestor a capacidade de promover um utilizador com permissões adequadas para o papel de gestor alterando o seu role de "User" para "Admin". No caso de uso, "**Ver informações pessoais**" o Gestor MPCs pode

ainda ver as suas informações pessoais e se for necessário editá-las. O processo de "**Registrar Utilizadores**" é enriquecido com a inclusão da extensão "**Notificar Utilizador por Email**", que permite ao gestor notificar automaticamente os utilizadores registados sobre o seu registo.

O caso de uso, "**Ver Pedidos de Registo**", permite ao gestor visualizar os pedidos pendentes de utilizadores que desejam registar-se na aplicação. Este caso de uso é enriquecido por duas extensões importantes. A extensão "**Eliminar Pedidos de Registo**" permite ao gestor remover pedidos de registo que não são relevantes e a extensão "**Ativar Utilizadores**" permite ao gestor aprovar e ativar utilizadores a partir dos pedidos de registo recebidos. Estas extensões fornecem ao gestor uma maior flexibilidade e controlo sobre o processo de registo, permitindo-lhe gerir eficazmente os pedidos e garantir que apenas utilizadores relevantes e aprovados tenham acesso à aplicação MPCs. Isso contribui para a segurança e a eficácia do sistema, mantendo a integridade dos utilizadores registados.

O caso de uso, "**Gerir exercícios**", permite ao gestor gerir exercícios. Dentro deste contexto, há três extensões importantes. A extensão "**Consultar Exercícios**" permite ao gestor visualizar informações detalhadas sobre os exercícios. A extensão "**Editar Exercícios**" oferece a possibilidade de modificar as configurações e detalhes dos exercícios existentes. A extensão "**Criar Exercícios**" permite ao gestor criar novos exercícios. A partir deste caso de uso, à a inclusão do caso de uso "**Associar Utilizadores a Participantes**". Dentro do caso de uso "Associar Utilizadores a Participantes", há uma inclusão adicional, "**Notificar Utilizadores por Email**", que permite ao gestor notificar automaticamente os utilizadores por email após atribuir um utilizador ao papel de um participante num exercício. A extensão "**Eliminar Exercícios**" permite eliminar exercícios do sistema.

Os casos de uso, "**Crud incidentes**", "**Crud hidrocarbonetos**", "**Crud organizações**", "**Crud instalações**", "**Crud participantes**", "**Crud equipamentos**", "**Crud consumíveis**", representam as operações *Create, Read, Update, Delete* para cada uma das entidades correspondentes. Estes casos de uso estão intrinsecamente ligados ao caso de uso "**Criar Exercícios**", uma vez que a criação de um exercício requer a existência e manipulação dessas entidades. A interdependência entre esses casos de uso é fundamental para a funcionalidade abrangente e eficaz do sistema, permitindo aos gestores MPCs gerir todos os aspetos necessários para a criação dos exercícios de forma consistente e organizada.

4.3 Especificação de Casos de uso

Neste subcapítulo é apresentado o processo de especificação de casos de uso. Esta é uma etapa essencial na engenharia de requisitos de software que consiste em descrever passo a passo as interações entre os atores e o sistema. A especificação permite entender de forma clara as funcionalidades do software, pois permite que a equipa de desenvolvimento tenha um entendimento claro das funcionalidades do software e de como estas devem ser implementadas para garantir que as necessidades dos utilizadores sejam tidas em conta [51].

A especificação dos casos de uso foi elaborada seguindo abordagens e conceitos específicos recomendados por Alistair Cockburn. Assim, na especificação é possível ver os atores envolvidos, uma descrição detalhada das interações entre os atores e o sistema

Requisitos da Componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”

e as pré-condições e pós-condições necessárias para garantir uma boa execução dos casos de uso [51].

A especificação do caso de uso “**Criar Exercício**” é apresentada na tabela 29:

Tabela 29 : Especificação do Caso de Uso "Criar Exercício"

Caso de uso	Criar exercício		
Descrição	Este caso de uso descreve o processo pelo qual o Gestor MPCs cria um novo exercício no sistema fornecendo todas as informações necessárias.		
Ator Principal	Gestor MPCs		
Pré-condições	O Gestor MPCs deve estar autenticado.		
Fluxo esperado	Passo	Gestor MPCs	Sistema
	1	Seleciona a opção de “Criar exercício” no sistema.	
	2		Mostra a interface que dá início a criação do exercício. (Tab 1)
	3	Carrega no botão “Next”.	
	4		Mostra formulário para inserir informações do exercício (data inicial, data final, etc). (Tab 2)
	5	Preenche os campos do formulário da Tab 2 e carrega no botão “Next”.	
	6		Mostra a lista de incidentes possíveis para o exercício. (Tab 3)
	7	Escolhe o incidente e carrega no botão “Next”.	
8		Mostra a lista de organizações possíveis para o exercício. (Tab 4)	

	9	Escolhe as organizações e carrega no botão “ <i>Next</i> ”.	
	10		Mostra a lista de instalações disponíveis para cada organização escolhida. (Tab 5)
	11	Escolhe as instalações e carrega no botão “ <i>Next</i> ”.	
	12		Mostra a lista de equipamentos disponíveis para cada instalação escolhida. (Tab 6)
	13	Escolhe os equipamentos e carrega no botão “ <i>Next</i> ”.	
	14		Mostra a lista de consumíveis disponíveis para cada instalação escolhida. (Tab 7)
	15	Escolhe os consumíveis e carrega no botão “ <i>Next</i> ”.	
	16		Mostra a lista de participantes disponíveis para cada instalação escolhida. (Tab 8)
	17	Escolhe os participantes e carrega no botão “ <i>Next</i> ”.	
	18		Mostra a lista de utilizadores disponíveis para cada participante escolhido. (Tab 9)
	19	Escolhe os utilizadores para cada participante e carrega no botão “ <i>Next</i> ”.	
	20		Cria o novo exercício, notifica os utilizadores escolhidos sobre a participação do exercício e remete o

			Gestor MPCS para a sua página principal.
Pós-condições	Em caso de sucesso, um novo exercício é criado.		

A opção por apresentar apenas a especificação do caso de uso “Criar Exercício” foi devido à sua importância não só para a componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”, como também para o projeto MPCS como um todo. Um dos aspetos fundamentais desta componente é a configuração de todos os elementos essenciais para a configuração de um exercício de simulação, bem como a configuração do próprio exercício. Este caso de uso é igualmente importante para as outras componentes do projeto, uma vez que estas dependem, em grande parte, de uma configuração adequada do exercício de simulação para o seu funcionamento. Assim, com o objetivo de proporcionar ao leitor uma compreensão mais clara sobre o processo de criação do exercício, a especificação do caso de uso “Criar exercício” foi apresentada com detalhe.

4.4 Wireframes

Neste subcapítulo serão apresentados alguns dos *wireframes* desenvolvidos para a componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”. Estes são representações visuais que procuram descrever a composição das interfaces do utilizador. Através deles é possível visualizar a aparência do sistema, organizar as informações de forma intuitiva e garantir a usabilidade. Assim, os *wireframes* desempenham um papel crucial na criação de interfaces amigáveis e eficientes contribuindo para o desenvolvimento de soluções que atendam às expectativas dos utilizadores de maneira clara e eficiente [52].

4.4.1 Wireframe para o Caso de uso “Efetuar Login”

The wireframe shows a login interface with the following elements:

- Header: Language selection (PT, ES, EN), "Registar-se" button, "Homepage" button.
- Main Content: "Entre na sua conta" title, "E-mail" input field, "Password" input field, "Remember me" checkbox, "Login" button, "Dont you have an account? Sign up here" link, "Forgot password?" link.
- Footer: "2023 MPCS"

Figura 25 - Efetuar Login

Este *wireframe* representa a página de *login*, mostrando como o caso de uso “**Efetuar Login**” deve ser representado. A implementação deste *wireframe* será abordada posteriormente neste documento.

4.4.2 Wireframes para o Caso de uso “Preencher Formulário de Registo”

The wireframe shows a registration form titled "Formulário de Registo". At the top, there are language selection buttons for PT, ES, and EN, and two buttons: "Homepage" and "Iniciar sessão". The form itself contains a "Choose File" button next to a placeholder image. Below this are input fields for Name, Username, Email, Password, Confirm Password, Address, and Phone Number. A "Register" button is positioned at the bottom of the form. The footer of the page contains the text "2023 MPCs".

Figura 26 : Registrar o um novo utilizador

Este *wireframe* representa a página para registar um novo utilizador, mostrando como o caso de uso “**Preencher Formulário de Registo**” deverá ser apresentado. A implementação deste *wireframe* será abordada posteriormente neste documento. Ainda no contexto deste caso de uso é apresentado o seguinte *wireframe*:

The wireframe shows a confirmation message page. At the top, there are language selection buttons for PT, ES, and EN, and a "Homepage" button. The main content area contains the text: "Wait for registration confirmation", "Thank you for your registration! Please wait for admin approval", "This process should take no more than 3 days!", and "Once your registration is approved, you will receive an email to login to our simulator". A "Homepage" button is located at the bottom of the message box. The footer of the page contains the text "2023 MPCs".

Figura 27 : Interface após submissão do formulário de registo

Este *wireframe* ilustra a interface que deverá ser exibida ao utilizador após este clicar no botão “*Register*” da figura 26 para submeter o seu formulário de registo. Através deste *wireframe*, o utilizador será informado de que deve aguardar pela aprovação do seu registo e terá a opção de regressar à página inicial do MPCs.

4.4.3 Wireframe para o Caso de uso “Ver Pedidos de Registo”

Inactive Users					
ID	Name	Email	Enabled	Profile	Action
					Active Delete
					Active Delete
					Active Delete
					Active Delete
					Active Delete
					Active Delete
					Active Delete

2023 MPCs

Figura 28 : Interface para o Gestor MPCs ver pedidos de registo

Este *wireframe* ilustra a interface que permitirá ao Gestor MPCs ativar ou eliminar os pedidos de registo dos utilizadores. Nesta interface, será mostrada uma tabela com a lista de utilizadores que efetuaram o pedido de registo. As colunas “*Name*”, “*Email*” e “*Enabled*” deverão mostrar, respetivamente, o nome, o email e o estado do utilizador na aplicação. A coluna “*Profile*” permitirá ao gestor MPCs aceder ao perfil de registo dos utilizadores, caso o nome e o email não sejam suficientes para decidir se deve aceitar ou rejeitar o pedido de registo do utilizador. Na coluna “*Action*”, o Gestor MPCs terá a opção de clicar no botão “*Active*” para ativar o pedido de registo do utilizador ou no botão “*Delete*” para eliminar o pedido de registo.

Foram elaborados outros *wireframes*, no entanto, dado que posteriormente serão apresentados *screenshots* da aplicação real, estes não foram incluídos no presente documento.

Capítulo 5

Design de Arquitetura

Neste capítulo será apresentada a arquitetura desenvolvida para o simulador MPCs que representa a estrutura e organização do sistema, incluindo os seus componentes e relações. No ponto 5.1, será apresentada a arquitetura global que engloba as arquiteturas de todas as partes envolvidas no projeto. No ponto 5.2, será apresentada a parte específica da arquitetura relacionada com a componente “Editor de Jogo e Simulação”. No ponto 5.3, será apresentado o modelo de dados que foi necessário implementar para desenvolver esta componente e que também serviu como base e suporte de todas as outras componentes envolvidas no projeto.

5.1 Arquitetura global do projeto

Neste subcapítulo é apresentada a arquitetura global do MPCs, que foi criada em março através da colaboração entre a equipa de desenvolvimento e os respetivos professores orientadores. Este trabalho teve como resultado o ficheiro "*Simulator Structure Design Report*", identificado como "Deliverable 3.1, Version 1.0, 14 March 2023". Através da elaboração deste documento foi estabelecida a arquitetura do simulador que é apresentada na figura 29:

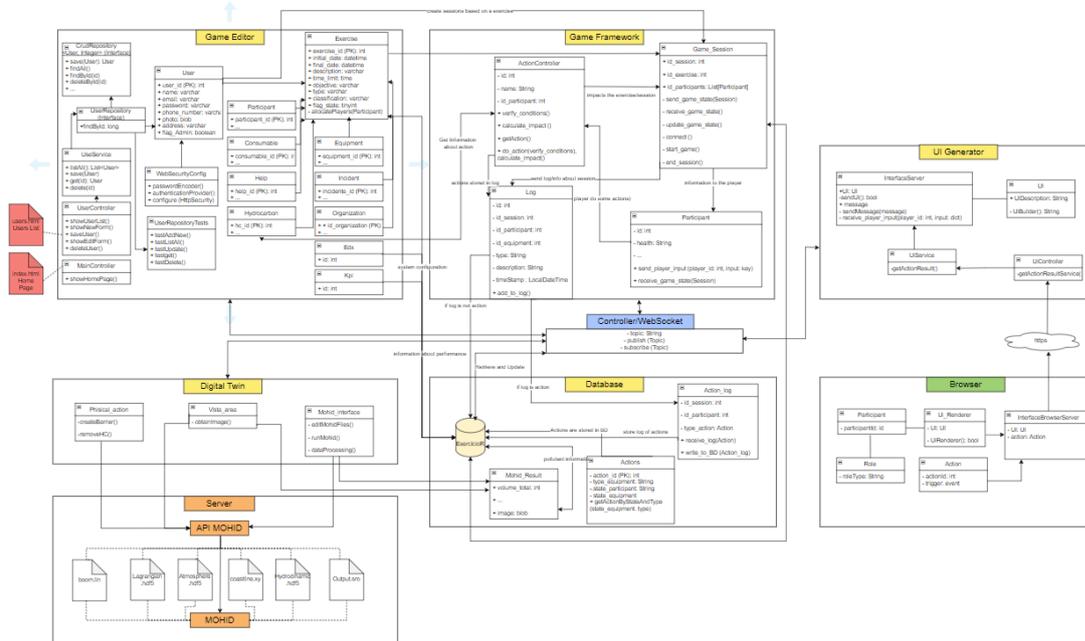


Figura 29 : Arquitetura global do MPCs

A arquitetura global é composta pelas seguintes componentes:

- **MPCS Game Editor:** esta é a componente que é tratada nesta dissertação. Como referido anteriormente, esta componente é essencial para o desenvolvimento do

MPCS, uma vez que permite ao Gestor MPCS exercer o controlo total sobre o sistema. Com a sua implementação, é possível configurar e gerir todos os dados que são necessários para a configuração de um exercício de simulação, bem como a configuração do próprio exercício. A implementação da base de dados e todas as funcionalidades de gestão de utilizadores, tais como o login, o registo de utilizadores e outras também são da responsabilidade desta componente. A arquitetura desta componente pode ser vista com mais detalhe no ponto 5.2.

- **MPCS Digital Twin:** esta componente está relacionada com a simulação do derrame tendo como base as condições meteorológicas e o tipo de hidrocarboneto presente. Permite também acompanhar a sua evolução no decorrer do exercício de simulação através da utilização do modelo de simulação **Mohid**. Esta componente fornece métodos para configurar os parâmetros da simulação, através de cálculos e o armazenamento dos resultados na base de dados e interage com as outras componentes do sistema sempre que é necessário enviar ou receber informações sobre o comportamento do derrame. Por exemplo, no caso em que um jogador realiza uma ação que afeta o derrame, quando o jogador quer observar a evolução do derrame, quando o jogador quer ver como o derrame poderá evoluir nos próximos três dias ou, ainda se o jogador quiser pedir uma visão do incidente a partir de um drone, juntamente com as condições climáticas.
- **MPCS Game Framework:** esta componente é essencial para a execução dos exercícios de simulação. É essencialmente responsável por processar eventos, ações e atualizar o estado do jogo. A sua interação com a base de dados permite o armazenamento dos dados de forma segura e contínua, assegurando a integridade do estado do jogo.
- **MPCS User Interface Generation Component:** esta componente é responsável por criar e gerir as interfaces durante o jogo, adaptando-as de forma precisa às necessidades e funções individuais de cada participante no decorrer do exercício. Assim, através da interação com o browser esta componente deve ser capaz de fornecer interfaces personalizadas para garantir uma experiência de jogo imersiva e adequada a cada utilizador.

Para o desenvolvimento da arquitetura global, foi adotado o padrão MVC (**Model-View-Controller**) por ser um padrão já conhecido de todos os elementos da equipa de desenvolvimento e por ser bastante utilizado no desenvolvimento de aplicações Web. O padrão MVC é constituído por três componentes: o componente "Model", que engloba a lógica de negócios e a manipulação dos dados do sistema, o componente "View", que trata da camada de apresentação da aplicação, e o componente "Controller", que atua como o intermediário entre os componentes Model e View.

A arquitetura global do MPCS, está disponível nos anexos em tamanho ampliado (Figura 46 – Apêndice A).

5.2 Arquitetura da Componente

Neste subcapítulo é apresentada a arquitetura da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” através de um Diagrama de Containers. Este permite obter uma visão geral da arquitetura de software de um sistema, pois indica quais são as suas principais partes, como os componentes, subsistemas e interações. Ao apresentar a

organização e as ligações entre os elementos, o diagrama de containers ajuda a comunicar de forma clara e concisa a estrutura fundamental do sistema.

Na figura 30 é apresentado o Diagrama de Containers:

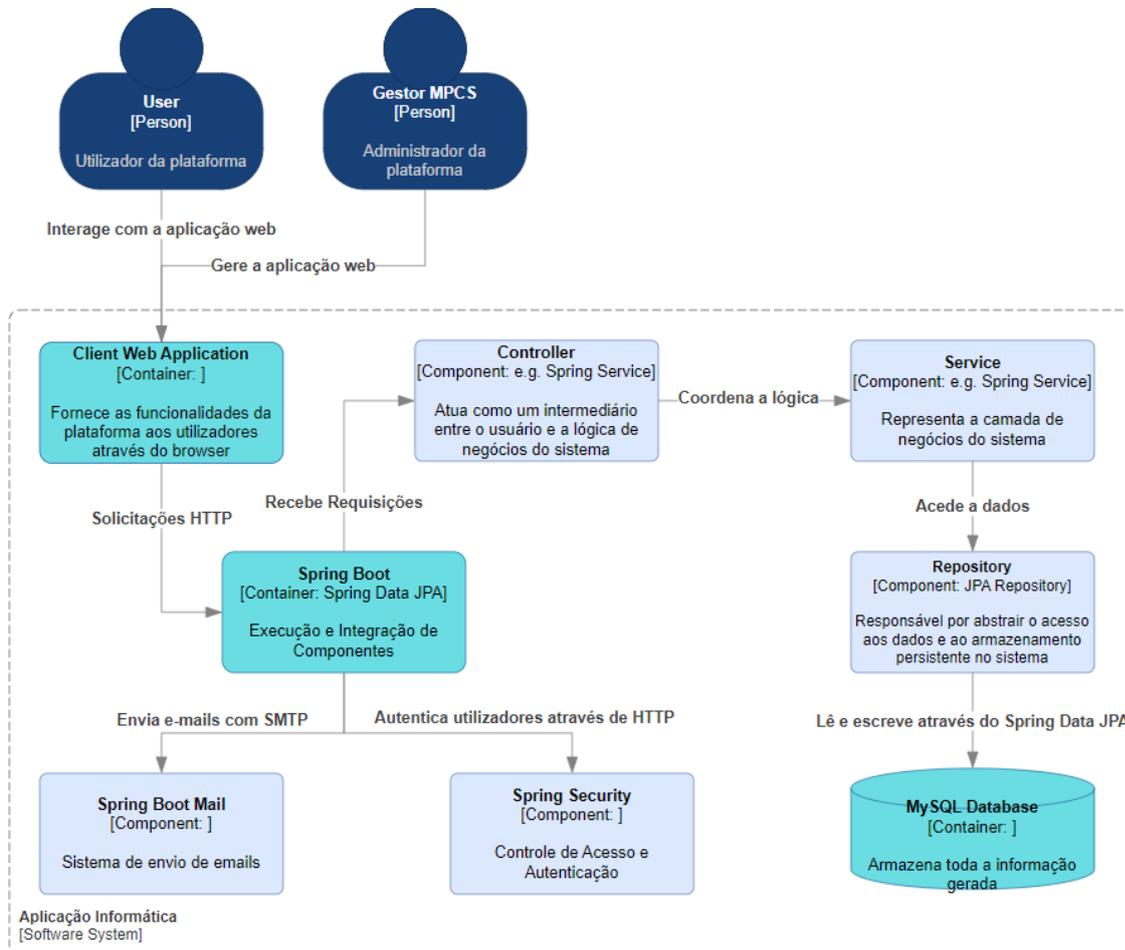


Figura 30 : Arquitetura da componente "Editor de Jogo e Modelação da Simulação" por meio de um Diagrama de Containers

A Aplicação Informática (Software System) é o sistema MPCs, ou seja, a base fundamental de todo o sistema. Esta abrange uma estrutura interligada de componentes que trabalham em conjunto para fornecer uma experiência sólida e eficiente aos utilizadores. Esta aplicação é constituída por:

- **Container MySQL Database:** É a base de dados da plataforma, responsável por armazenar, gerir e recuperar os dados essenciais para o funcionamento da aplicação. Aqui, todas as informações são guardadas de maneira organizada para garantir a integridade e a disponibilidade dos dados.
- **Container Spring Boot:** Desempenha um papel central ao hospedar a lógica de negócios e controlar o fluxo das operações. O Container Spring Boot fornece APIs, controladores e serviços que são expostos aos utilizadores por meio do Container Client Web Application. Quando os utilizadores interagem com a aplicação através do browser, as suas solicitações são enviadas ao Container Client Web Application, que, por sua vez, encaminha essas solicitações para o Container Spring Boot para que este faça o processamento dessas solicitações. O Container Spring Boot recebe essas solicitações, executa a lógica de negócios

necessária e prepara as respostas apropriadas. Essas respostas são enviadas de volta ao Container Client Web Application, que as apresenta aos utilizadores através do browser. Essa interação bidirecional entre os dois containers permite que os utilizadores acessem e utilizem as funcionalidades da plataforma de forma intuitiva e eficiente.

- **Component Controller:** Atua como coordenador, recebendo as requisições dos utilizadores através do Container *Client Web Application*, e encaminhando as solicitações apropriadas para o Component Service. Ao atuar como uma ponte entre as interações dos utilizadores e a lógica de negócios, o Controller facilita a comunicação eficaz entre as partes envolvidas.
- **Component Service:** É responsável pela execução da lógica de negócios e interage com o Component Repository para aceder e manipular os dados necessários. Através da ligação ao Component Repository e com a utilização do Spring Data JPA, o Service garante eficiência no processamento de dados e na entrega de respostas consistentes.
- **Component Repository:** Desempenha um papel fundamental no acesso e gestão dos dados no Container MySQL Database. Através do Spring Data JPA, o Repository simplifica a interação com a base de dados e oferece uma abordagem consistente para a persistência de dados.
- **Component Spring Boot Mail:** Permite comunicar com os utilizadores, através do protocolo SMTP para enviar e receber e-mails quando necessário.
- **Component Spring Security:** É essencial para a proteção da aplicação e para a gestão de acessos. Ao oferecer autenticação via HTTP, este componente assegura que apenas utilizadores autorizados possam aceder à aplicação, garantindo a segurança dos dados e das funcionalidades.
- **Container Client Web Application:** Está ligado aos atores "Utilizador" e "Admin" da aplicação. Estes interagem com a aplicação através do browser, onde podem explorar as diferentes funcionalidades consoante as suas permissões como utilizadores.

5.3 Modelo de dados

Neste subcapítulo será apresentada a estrutura e organização da base de dados desenvolvida para o projeto.

Os atributos e entidades presentes na base de dados foram pensados e discutidos pela equipa de desenvolvimento e professores orientadores, com base em documentos que foram previamente disponibilizados sobre o MPCS. Assim, foram aproveitadas as diretrizes, requisitos e outras informações contidas nesses documentos para projetar a estrutura da base de dados de maneira consistente com os requisitos do projeto MPCS e as melhores práticas estabelecidas. Esta abordagem assegurou que a base de dados reflita com precisão as necessidades do projeto e atenda aos objetivos do desenvolvimento da aplicação.

Assim, o modelo de dados será apresentado através de **um Diagrama de Entidade-Relacionamento (ERD)**, que é uma representação da estrutura das tabelas, dos seus relacionamentos e dos atributos que compõem cada entidade. O diagrama gerado com a utilização da ferramenta **Workbench**, permite uma visualização eficiente da arquitetura

Capítulo 5

da base de dados. Para cada tabela serão mostrados os seus campos e atributos específicos, bem como os relacionamentos entre as entidades.

Na figura 31 é apresentado o Diagrama de Entidade-Relacionamento:

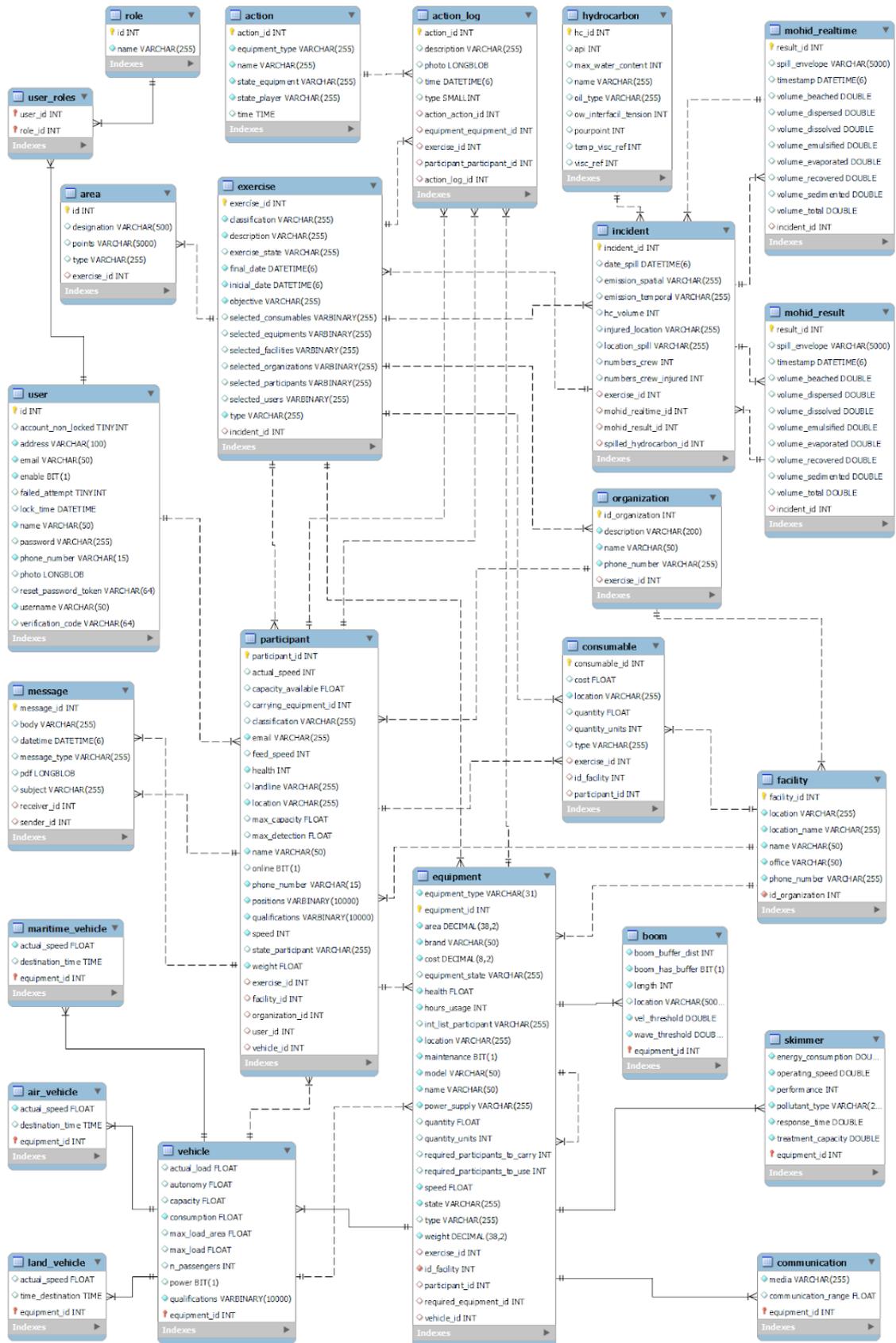


Figura 31 : Modelo de Dados do MPCs através de um ERD

Capítulo 5

Resumo das tabelas:

- **user, user_roles, role:** desempenham papéis cruciais na gestão de utilizadores e nas suas permissões.
- **incident:** guarda as informações sobre o incidente que ocorreu e que vai dar origem ao exercício.
- **hydrocarbon:** guarda as informações sobre o tipo de hidrocarboneto que foi derramado no incidente.
- **organization:** guarda as informações sobre uma organização
- **facility:** guarda as informações sobre as instalações que pertencem a uma dada organização.
- **equipment, vehicle, skimmer, boom, communication, air_vehicle, land_vehicle, maritime_vehicle:** guardam as informações sobre os equipamentos que pertencem a uma instalação
- **consumable:** guarda as informações sobre os consumíveis que pertencem a uma instalação.
- **participant:** guarda as informações sobre os participantes que pertencem a uma instalação. Os utilizadores assumem os papéis dos participantes na realização de exercícios, herdando todas as suas propriedades.
- **message:** guarda as informações sobre as mensagens que são trocadas entre os participantes no decorrer de um exercício.
- **area:** guarda as informações sobre as áreas que são necessárias na configuração de um exercício
- **mohid_realtime, mohid_result:** tabelas necessárias para a integração com o mohid
- **action, action_log:** tabelas que guardam as informações referentes aos logs.
- **exercise:** guarda as informações que são necessárias para a configuração de um exercício

Algumas das tabelas implementadas no modelo de dados não estão diretamente relacionadas com esta componente, mas a sua implementação foi necessária para as outras partes do projeto desenvolvidas pelos meus colegas. No entanto, devido às interdependências e à necessidade de comunicar de forma consistente o desenho do sistema como um todo, a sua implementação também está refletida nesta componente. Isso garantiu que as diferentes partes do projeto pudessem interagir de maneira eficiente.

Capítulo 6

Desenvolvimento

Após a realização das tarefas referidas no capítulo 4 e 5 deu-se início à fase de programação da aplicação. Durante o processo de desenvolvimento foram utilizadas diversas tecnologias e ferramentas para garantir a eficiência, a segurança e um bom funcionamento do sistema. A seguir, no subcapítulo 6.1, serão apresentadas as principais tecnologias e ferramentas utilizadas e será explicado como cada uma contribuiu para o sucesso da implementação do MPCs. No subcapítulo 6.2 será apresentada a interface da aplicação desenvolvida correspondente a este módulo de configuração e edição de exercícios.

6.1 Tecnologias e ferramentas utilizadas

No processo de desenvolvimento foi utilizada a IDE (*Integrated Development Environment*) **IntelliJ IDEA**. Esta escolha deveu-se, essencialmente, à capacidade que o IntelliJ IDEA tem para simplificar a criação de aplicações Web, através do suporte a frameworks como o Spring Boot. Além disso, é uma ferramenta que oferece integração com sistemas de gestão de dependências, como Maven, e também recursos para a criação e edição de HTML, CSS e JavaScript. Para além de todas estas qualidades que pareciam constituir tudo o que era necessário para a implementação do projeto, o IntelliJ IDEA era já uma ferramenta conhecida por todos os elementos da equipa.

O desenvolvimento do projeto como um todo e a integração das várias componentes foi otimizado através da utilização da plataforma **GitHub**. Este sistema de controlo de versões proporcionou um ambiente seguro para gerir o código-fonte e permitiu a colaboração entre os membros da equipa de desenvolvimento. Através de pull requests e revisões de código, foi possível manter um alto padrão de qualidade e garantir a integração contínua do projeto.

A aplicação foi implementada sobre o *framework* **Spring Boot**, cuja escolha foi influenciada por diversos fatores relacionados com as necessidades do projeto e a experiência da equipa de desenvolvimento, que permitisse uma aceleração do desenvolvimento. Além de a equipa já estar familiarizada com o Spring Boot, e após uma pesquisa sobre os vários *frameworks*, este revelou-se o mais adequado tendo em conta os requisitos do projeto e o tempo disponível.

Para facilitar o processo de implementação da arquitetura MVC, foram utilizadas as anotações **@Controller**, **@Service** e **@Repository** fornecidas pelo Spring Boot. Cada anotação tem uma função específica: **@Controller** define um controlador, **@Service** encapsula a lógica de negócios e **@Repository** gere a interação com a base de dados.

As tecnologias **Spring Mail** e **Spring Security** foram incorporadas no projeto. O primeiro possibilitou a integração de funcionalidades de e-mail, de forma a permitir a comunicação eficaz com os utilizadores, sempre que necessário. Já o Spring Security

viabilizou a implementação de um sistema de autenticação e autorização, protegendo os recursos e garantindo a segurança das informações.

A camada de persistência foi construída com base na integração entre o **Spring Data JPA** e o sistema de gestão da base de dados **MySQL**. A escolha do Spring Data JPA deveu-se ao facto de haver conhecimento prévio sobre esta ferramenta. A sua utilização foi importante porque facilitou a interação com a base de dados, através da criação de **repositórios JPA** que continham operações pré-definidas como "find all", "find by Id", "delete by Id" e outras. Estas operações pré-definidas reduziram a necessidade de escrever consultas repetitivas, diminuindo a probabilidade de erros no desenvolvimento da aplicação.

Como base de dados da aplicação, a equipa de desenvolvimento optou por utilizar **MySQL Database**, que é uma base de dados que permite guardar as informações de maneira organizada, garantindo assim a integridade e a disponibilidade dos dados. Além disso, para auxiliar na administração da base de dados, a equipa utilizou a ferramenta **MySQL Workbench** que desempenhou um papel fundamental ao fornecer uma interface intuitiva e abrangente para a criação, design, e gestão da base de dados MySQL.

Na camada de front-end, foi adotada uma abordagem baseada na utilização de **HTML** com **Thymeleaf**, **Bootstrap** e **CSS**. Isto permitiu criar interfaces responsivas e visualmente atrativas para os utilizadores, passíveis de serem exploradas em diversos dispositivos com browser (portabilidade). Foi também utilizado **JavaScript** em algumas páginas HTML para melhorar a experiência do utilizador.

Durante o desenvolvimento do projeto, foram utilizadas **dependências Maven** para garantir uma base sólida e eficiente para a implementação do sistema. O Maven permitiu que bibliotecas e *frameworks* externos fossem integrados de maneira simplificada, garantindo a compatibilidade e a consistência entre as versões. Algumas das dependências utilizadas foram: spring-boot-starter-data-jpa, spring-boot-starter-security, spring-boot-starter-mail, mysql-connector-java, spring-boot-starter-thymeleaf, webjars-bootstrap e outras.

6.2 Interfaces do Módulo de Edição do MPCs

Neste capítulo serão apresentadas as interfaces da aplicação, para proporcionar aos leitores uma compreensão das funcionalidades implementadas. Cada *screenshot* será acompanhado por uma descrição dos elementos-chave, enfatizando como as soluções foram implementadas para atender às necessidades do projeto.

6.2.1 Página inicial da aplicação





SIGN UP LOGIN

MPCS

Marine Pollution Control Simulator

WHY MPC

Protecting our oceans matters

MPCS is a cloud-based tool easily accessible through different platforms (mobile, tablet, or laptop) that enables training, exercises, assessment, and performance evaluation of marine pollution control. Thus, MPCS adopts a gamified approach as a learning experience to allow players to understand the subject within a real-world context.

-  **Innovation tool**
 MPCS offering unparalleled capabilities not found in any other solution. Its innovative approach and advanced features are transforming the way we address environmental challenges in marine ecosystems.
-  **Individual or Collective Training and Exercising**
 MPCS is adjustable to individual or collective training and exercising, allowing the development of collective competence in a virtual environment.
-  **Remote Team Performance Assessment**
 Massive Multiplayer Gaming enables remote team performance assessment in realistic scenarios, eliminating the need for physical resources in real-life exercises.
-  **Designed with usability in mind**
 Designed with usability in mind, featuring an intuitive interface and accessible features aimed at providing a seamless and user-friendly experience for all users.
-  **Utilized in conjunction with MOHID**
 The simulator is seamlessly integrated with MOHID, enhancing its capabilities and providing a comprehensive solution for marine pollution control.

Consortium

The development of the MPCS was possible thanks to the collaboration between:

- 
 Autoridade Marítima Nacional
- 
 Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra
- 
 Qualiseg - Engenharia e Gestão
- 
 Instituto profissional de transportes e logística da Madeira
- 
 EVM

Interested To Work Together?

Let's join forces and create something amazing together!

Sign Up

Figura 32 : Página inicial da aplicação MPCS

A página inicial do MPCS apresenta uma interface intuitiva e acolhedora, criada para fornecer informações essenciais aos utilizadores. Na barra de navegação superior, estão três bandeiras que representam diferentes idiomas (português, espanhol e inglês), de modo a facilitar a escolha dos utilizadores. No canto direito, encontram-se os botões

"*Sign Up*" e "*Login*", que proporcionam o acesso simples a estas funcionalidades para utilizadores não registados e registados, respetivamente.

A seguir são apresentadas informações claras e concisas acerca do simulador MPCs, proporcionando uma visão global das suas funcionalidades e vantagens. É dado destaque ao consórcio associado, o qual possui uma hiperligação para os sites relacionados, onde se podem encontrar informações e recursos adicionais sobre os mesmos.

Na parte inferior da página existe ainda um rodapé. A combinação entre elementos visuais e funcionais resulta numa página inicial intuitiva e de fácil utilização.

6.2.2 Página para iniciar sessão

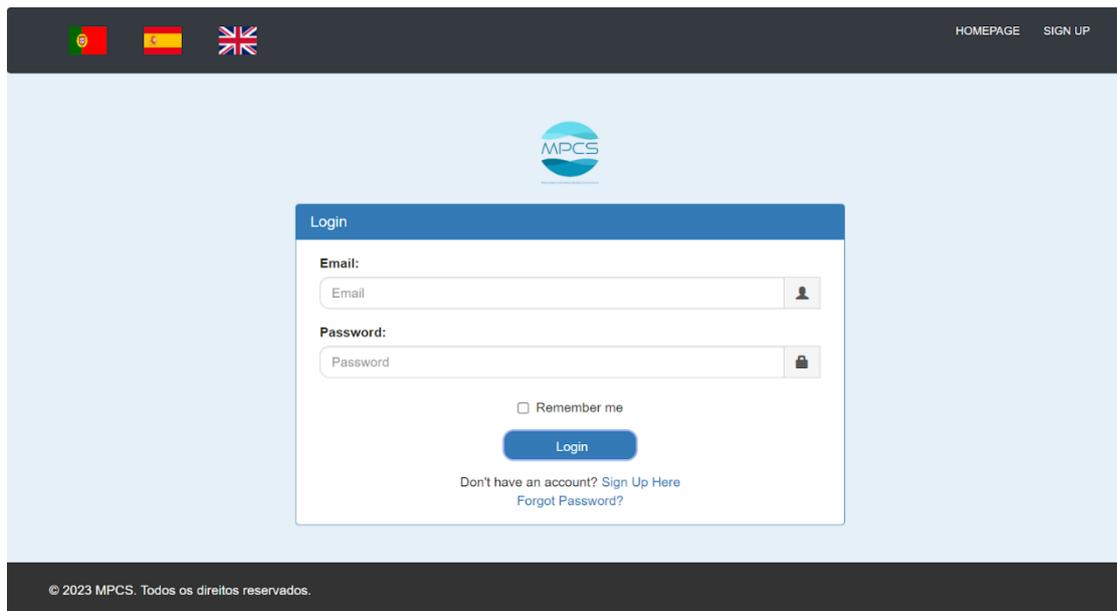
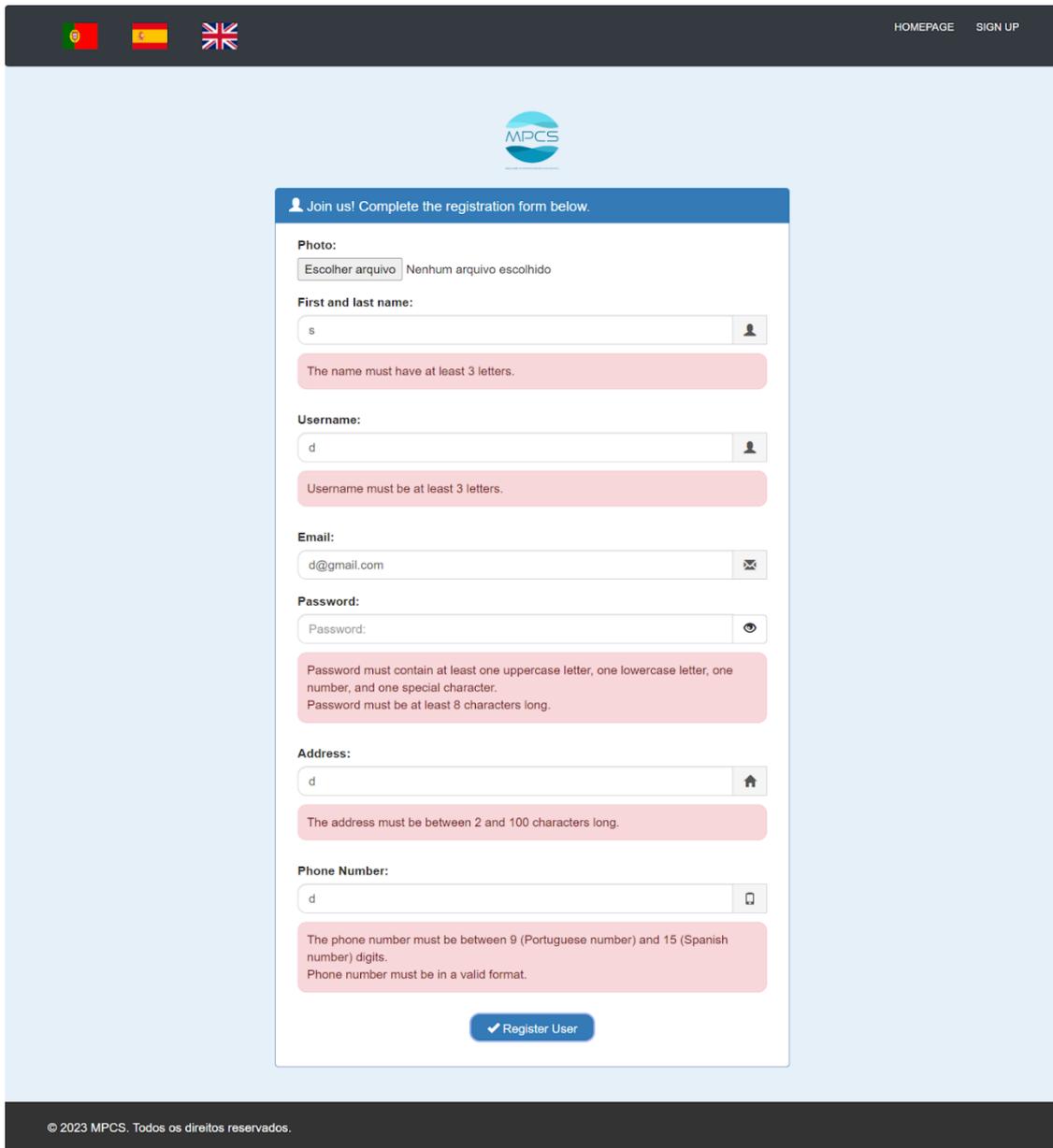


Figura 33 : Interface para iniciar sessão

A página para iniciar sessão, à semelhança da página inicial, exibe uma barra de navegação. Na secção central da página, encontram-se campos de entrada para inserir o email e a password do utilizador, juntamente com a opção "*Remember me*".

O botão "*Login*" é destacado, permitindo que os utilizadores autenticados entrem na sua conta de maneira direta após inserirem os seus dados. Existe ainda o link "*Sign Up Here*", que direciona os utilizadores para o processo de registo, e o link "*Forgot password?*", que permite aos utilizadores recuperar a sua palavra-passe se necessário.

6.2.3 Página para adicionar um novo utilizador



Join us! Complete the registration form below.

Photo:
Escolher arquivo Nenhum arquivo escolhido

First and last name:
s

The name must have at least 3 letters.

Username:
d

Username must be at least 3 letters.

Email:
d@gmail.com

Password:
Password:

Password must contain at least one uppercase letter, one lowercase letter, one number, and one special character.
Password must be at least 8 characters long.

Address:
d

The address must be between 2 and 100 characters long.

Phone Number:
d

The phone number must be between 9 (Portuguese number) and 15 (Spanish number) digits.
Phone number must be in a valid format.

Register User

© 2023 MPCCS. Todos os direitos reservados.

Figura 34 : Interface para registar um novo utilizador

Esta interface proporciona aos utilizadores a possibilidade de criar uma conta na aplicação do MPCCS e destaca-se pela sua organização clara. Cada campo é fundamental e projetado para obter as seguintes informações:

- Foto de Perfil: os utilizadores podem inserir uma foto que represente visualmente a sua identidade.
- Nome Completo: espaço para inserir o nome completo, que contribui para uma experiência mais personalizada.
- *Username*: campo para definir o nome de utilizador único, facilitando o acesso à conta.
- Endereço de Email: permite aos utilizadores inserirem um email válido para receberem notificações e poderem recuperar a conta se necessário.

Capítulo 6

- Palavra-passe: campo para inserir uma palavra-passe segura, que atenda às restrições de segurança.
- Morada: área para inserir a morada do utilizador.
- Número de Telemóvel: campo para inserir o número de telemóvel, que pode ser importante para notificações e comunicações.

À semelhança deste, todos os formulários da aplicação possuem restrições específicas, para garantir a integridade e a segurança dos dados. Essas restrições podem incluir formatos específicos, tamanho máximo ou mínimo de caracteres, validações de campos obrigatórios e outras diretrizes importantes para garantir o correto funcionamento do sistema e a consistência dos dados inseridos. A apresentação das restrições diretamente nos formulários reforça a clareza do que se pretende para cada campo, contribuindo para uma experiência de utilização mais eficaz.

6.2.4 Página Inicial do Gestor MPCs

The screenshot displays the initial page of the MPCs Manager. At the top, there are flags for Portugal, Spain, and the UK, and a LOGOUT button. Below the navigation bar, the user is greeted with "Welcome, AdminMPCS!!". A profile card shows the user's name (AdminMPCS), email (adminMPCS@gmail.com), username (adminMPCS), phone number (900000000), and address (Coimbra). A notification indicates "Pending users for registration 1". A message states "Time until the next exercise you will participate in!" with the text "De momento não tem exercicios para participar". Below this, there is a section for "All Exercises" with a timer showing "Time until the next exercise!!" as 0 days, 23 hours, 56 minutes, and 21 seconds. At the bottom, an "Exercise List" table is shown with one entry:

Id	Start Date	End Date	Description	State	Details/Edit/Delete
1	2023-08-21T17:33	2023-08-22T17:33	ExercicioTeste	Starting	Details Edit Delete

Figura 35 : Interface que ilustra a página inicial do Gestor MPCs

Esta página representa a página inicial do Gestor MPCs e está dividida em:

- *Header* e mensagem de boas-vindas: o cabeçalho inclui uma barra de navegação superior com o botão “Menu”, que direciona para a página principal do Gestor

MPCS, o *dropdown* "Users", que mostra as opções "All users" e "Add new user", e o *dropdown* "Exercise" que permite aceder aos incidentes, hidrocarbonetos, organizações, instalações, diferentes tipos de equipamentos, consumíveis e registos das ações. Existe ainda uma mensagem de boas-vindas personalizada com o nome do gestor.

- Perfil do Utilizador: esta secção consiste numa apresentação do perfil do gestor, que inclui uma fotografia, informações pessoais e a possibilidade de editar o perfil. As informações exibidas compreendem o nome, email, username, número de telefone e endereço.
- Utilizadores Pendentes de Registo: este é o botão que direciona o Gestor MPCS para a página onde se encontram os pedidos de registo dos utilizadores e onde é possível eliminar ou ativar esses utilizadores.
- Tempo Restante para o Próximo Exercício do Gestor MPCS: nesta secção, é apresentada uma contagem decrescente, que mostra os dias, horas, minutos e segundos restantes até ao início do próximo exercício no qual o Gestor MPCS vai participar. Caso não existam exercícios para participar, é exibida uma mensagem a informar.
- Tempo Restante para o Próximo Exercício: aqui, é apresentada uma contagem decrescente até ao início do próximo exercício existente na aplicação.
- Lista de Exercícios Disponíveis: esta lista consiste numa tabela que mostra todos os exercícios disponíveis na aplicação.

6.2.5 Página inicial do utilizador registado

The screenshot displays the user interface for a registered user, Ana Ferreira. At the top, there are flags for Portugal, Spain, and the UK, and a 'LOGOUT' button. The main content area is light blue and features a 'Welcome, Ana Ferreira!!' message. Below this is a profile card with a placeholder for a profile picture and the text 'Edit profile'. To the right of the profile picture, the following information is listed: Name: Ana Ferreira, Email: anocasferreira2000@gmail.com, Username: aninha, Phone Number: 922345689, and Address: n° 306, 8D. Below the profile card is a countdown timer titled 'Time until the next exercise!!' showing 0 days, 23 hours, 36 minutes, and 13 seconds. At the bottom, there is a table titled 'Your Exercises' with the following data:

Exercise	Initial Date	Participant	State	Join
1	2023-08-21T17:33	Henriqueta	Starting	<input type="button" value="Join"/>

At the bottom of the page, there is a copyright notice: © 2023 MPCS. Todos os direitos reservados.

Figura 36 : Interface que ilustra a página inicial do utilizador registado

Esta interface é muito semelhante à página inicial do Gestor MPCs, porém com muito menos informações e funcionalidades, apenas permitindo que os utilizadores acessem às suas informações e que as possam editar, se necessário.

Caso tenham exercícios por realizar, os utilizadores podem ainda ver quanto tempo falta para o exercício seguinte começar, através de uma contagem decrescente. É ainda mostrada a lista de exercícios em que os utilizadores poderão participar e também que participante vão assumir em cada exercício. Quando a contagem decrescente acabar, os utilizadores podem clicar no botão “Join” para participarem no exercício de simulação.

6.2.6 Página para adicionar uma instalação

Figura 37 : Interface que permite adicionar uma instalação

Esta interface possibilita a adição de uma nova instalação, onde o Gestor MPCs tem a possibilidade de criar e configurar uma instalação. Os campos existentes são:

- Organizações: o campo "Organizações" permite associar a instalação a uma organização. Uma instalação não deve existir sem estar associada a uma organização. Por essa razão, as organizações devem ser configuradas primeiro que as instalações.
- Nome: o campo "Nome" permite a inserção do nome da instalação.
- Localização: o campo "Localização" permite adicionar as coordenadas geográficas da instalação.
- Número de Telefone: o campo "Número de Telefone" permite aos utilizadores incluir o contacto da instalação.
- Escritório: o campo "Escritório" possibilita a inserção do escritório correspondente à instalação.

Validação e Feedback da interface:

A interface inclui recursos de validação que garantem a entrada de informações corretas. Caso os campos sejam preenchidos de maneira incorreta ou incompleta, são mostradas mensagens de erro específicas.

Design Consistente:

Esta interface segue um design consistente com as outras interfaces de adição das entidades existentes na aplicação, de forma a garantir que o Gestor MPCs tenha uma experiência uniforme e familiar.

Para uma visão mais detalhada do processo de adição de outras entidades (organizações, equipamentos, consumíveis e outros), encontram-se nos anexos deste documento *screenshots* dessas interfaces.

6.2.7 Página para consultar os detalhes de um consumível

The screenshot shows a web application interface with a dark header containing flags for Portugal, Spain, and the UK, and a 'LOGOUT' link. Below the header are navigation menus for 'Menu', 'Users', and 'Exercise'. The main content area features a 'Consumable details' modal window. The modal contains the following data:

Id	1
Organization:	<p>Marinha Portuguesa</p> <p>Description: Força naval de Portugal responsável pela segurança marítima</p> <p>Phone Number: +351 21 493 8200</p> <p>Facilities:</p> <p>Base Naval de Lisboa</p>
Facility:	<p>Base Naval de Lisboa</p> <p>Organization:Marinha Portuguesa</p> <p>Location coords: 38.7223, -9.1393</p> <p>Location: Arroios</p> <p>Phone Number: +351 21 493 8201</p> <p>Office: Comando Naval</p> <p>Participants ▾</p> <p>Equipments ▾</p> <p>Consumables ▾</p> <p>Bread</p>
Type:	Bread
Quantity in the Facility:	2 units
Quantity consumed per unit:	1.0 units
Cost:	0.3 €

At the bottom of the application, there is a footer: © 2023 MPCs. Todos os direitos reservados.

Figura 38 : Interface que permite consultar os detalhes de um consumível

Nesta interface, o Gestor MPCs tem acesso às informações detalhadas sobre um consumível. Os detalhes mostrados são:

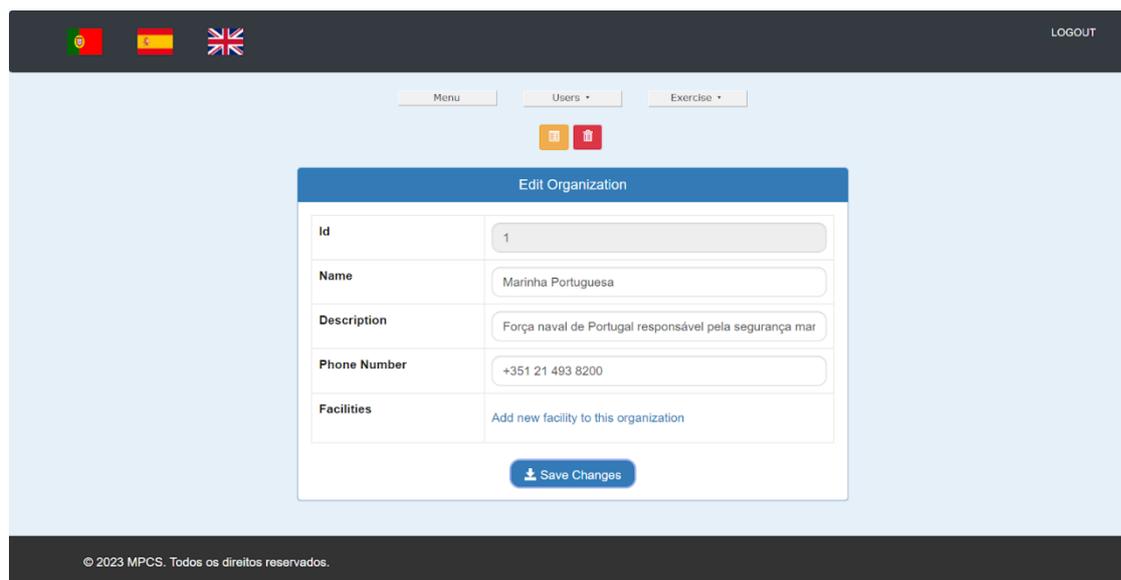
- **Organização:** o consumível é atribuído à organização "Marinha Portuguesa", o que facilita a identificação da entidade responsável por este. Nesta interface é ainda possível ver os detalhes da organização ao pormenor.

- **Instalação:** a instalação associada ao consumível é a "Base Naval de Lisboa", o que ajuda a localizar a instalação onde o consumível está disponível. Nesta interface é também possível ver os detalhes da instalação ao pormenor.
- **Tipo:** o tipo de consumível é identificado como "pão", indicando a sua natureza.
- **Quantidade Disponível na Instalação:** o consumível possui duas unidades disponíveis na instalação referida anteriormente.
- **Quantidade de Consumo:** cada vez que é consumido, é retirada uma unidade de "pão".
- **Custo:** o custo de cada unidade de "pão" é de 30 cêntimos, o que representa o custo do consumível.

Design Consistente:

A interface de detalhes de um consumível segue um design coerente com as outras interfaces de detalhes das entidades existentes, como instalações, incidentes e participantes, entre outras. Nos anexos deste documento, encontram-se *screenshots* para uma exploração mais detalhada dessas interfaces.

6.2.8 Página para editar as informações de uma organização



The screenshot displays the 'Edit Organization' form within a web application. At the top, there are language selection icons (Portuguese, Spanish, English) and a 'LOGOUT' link. Below the navigation bar, there are menu options for 'Menu', 'Users', and 'Exercise'. The main content area features a form titled 'Edit Organization' with the following fields:

Id	1
Name	Marinha Portuguesa
Description	Força naval de Portugal responsável pela segurança mar
Phone Number	+351 21 493 8200
Facilities	Add new facility to this organization

A 'Save Changes' button is located at the bottom of the form. The footer of the page contains the copyright notice: '© 2023 MPCCS. Todos os direitos reservados.'

Figura 39 : Interface que permite editar as Informações de uma organização

Nesta interface, que representa a edição de uma organização, o Gestor MPCCS tem a capacidade de atualizar as informações essenciais de uma organização existente, de maneira simples e eficaz.

Os campos de edição são o "Nome", que permite a edição do nome da organização, a "Descrição", que oferece a possibilidade de modificar a descrição da organização, o "Número de Telefone", que possibilita a edição do contacto da organização, e o campo "Instalações", que permite a atualização das instalações associadas à organização. Neste exemplo, não existe nenhuma instalação na organização.

Validação e Feedback da interface:

A interface inclui recursos de validação que garantem a entrada de informações corretas. Caso os campos sejam preenchidos de forma incorreta ou incompleta, são mostradas mensagens de erro específicas.

Design Consistente:

O design desta interface de edição de uma organização é similar ao das outras interfaces de edição das entidades existentes, como instalações, incidentes, participantes, entre outras. Nos anexos deste documento, encontram-se *screenshots* para uma exploração mais detalhada dessas interfaces.

6.2.9 Página para ver a lista de participantes

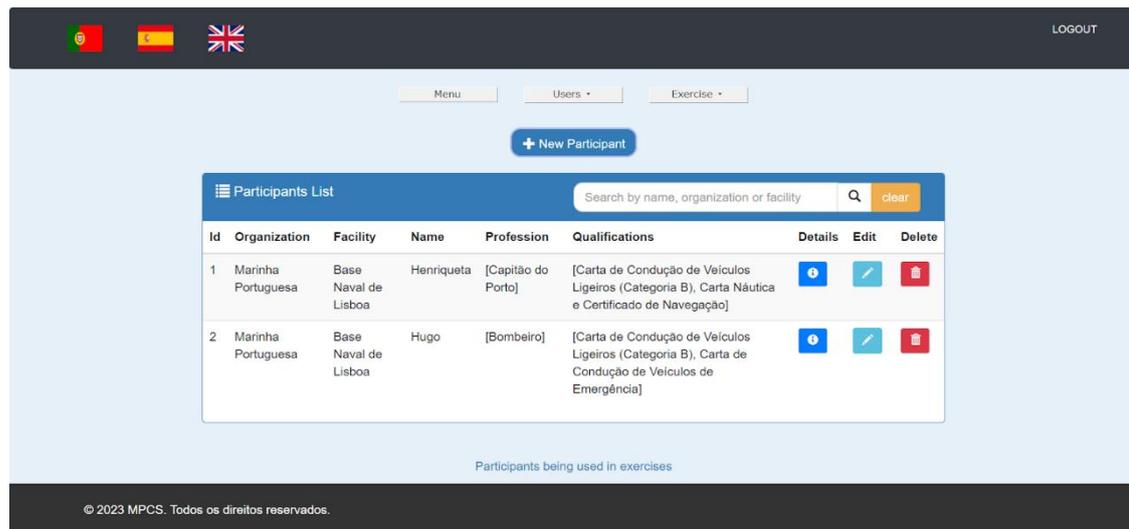


Figura 40 : Interface que permite ver os participantes existentes no sistema

Nesta interface, o Gestor MPC tem acesso à lista de participantes existentes na aplicação e é possível filtrá-la pelo nome do participante, da organização ou da instalação. Cada linha da tabela representa um participante diferente e cada coluna mostra informações sobre este.

Esta interface contém ainda o botão “*New Participant*”, que redireciona o gestor para o formulário de adição de um novo participante. Caso seja necessário ver mais informações sobre o participante, existe para cada um o botão “*Details*”, que redireciona o gestor para a página de detalhes do participante. Já o botão “*Edit*” redireciona o gestor para a página de edição de informações do participante e o botão “*Delete*” permite ao gestor eliminar um participante.

Design Consistente:

Esta interface apresenta um design semelhante ao das outras interfaces de listagem das entidades existentes, como instalações, incidentes, participantes, entre outras. Nos anexos deste documento, encontram-se *screenshots* para uma exploração mais detalhada dessas interfaces.

6.2.10 Páginas relacionadas com a criação de exercícios

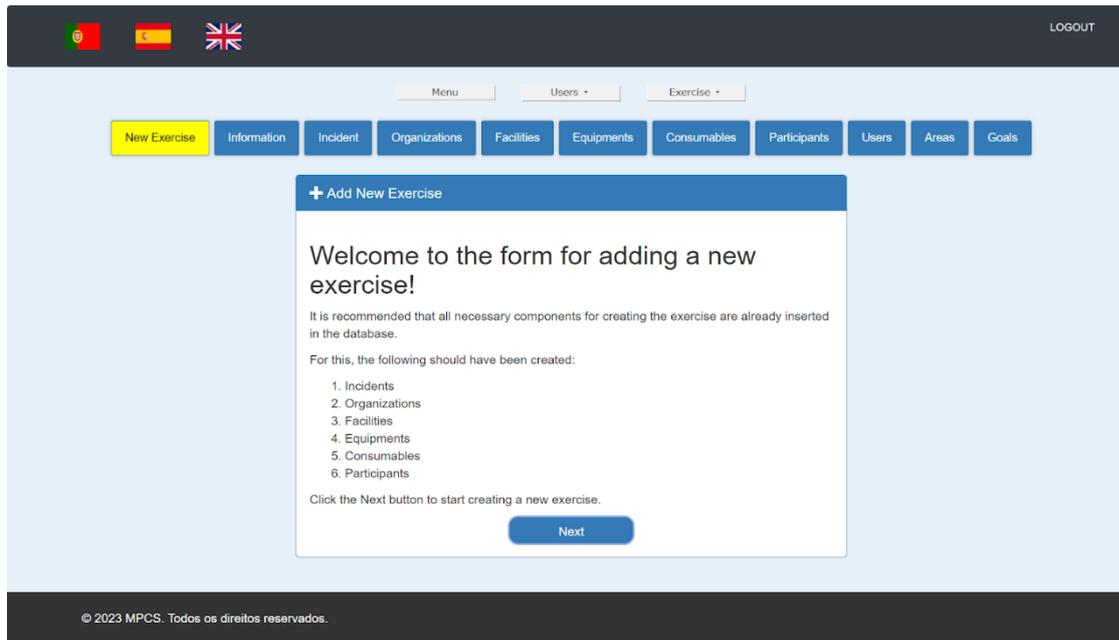


Figura 41 : Tab 1 do processo de criação de um exercício

Esta interface é o ponto de partida para o gestor MPCCS criar exercícios, de maneira intuitiva. O botão "Next" está posicionado estrategicamente para oferecer ao Gestor MPCCS uma ação direta e imediata. Ao clicar neste botão, o processo de criação é iniciado, redirecionando o gestor para a aba que corresponde à inserção de informações específicas do exercício.

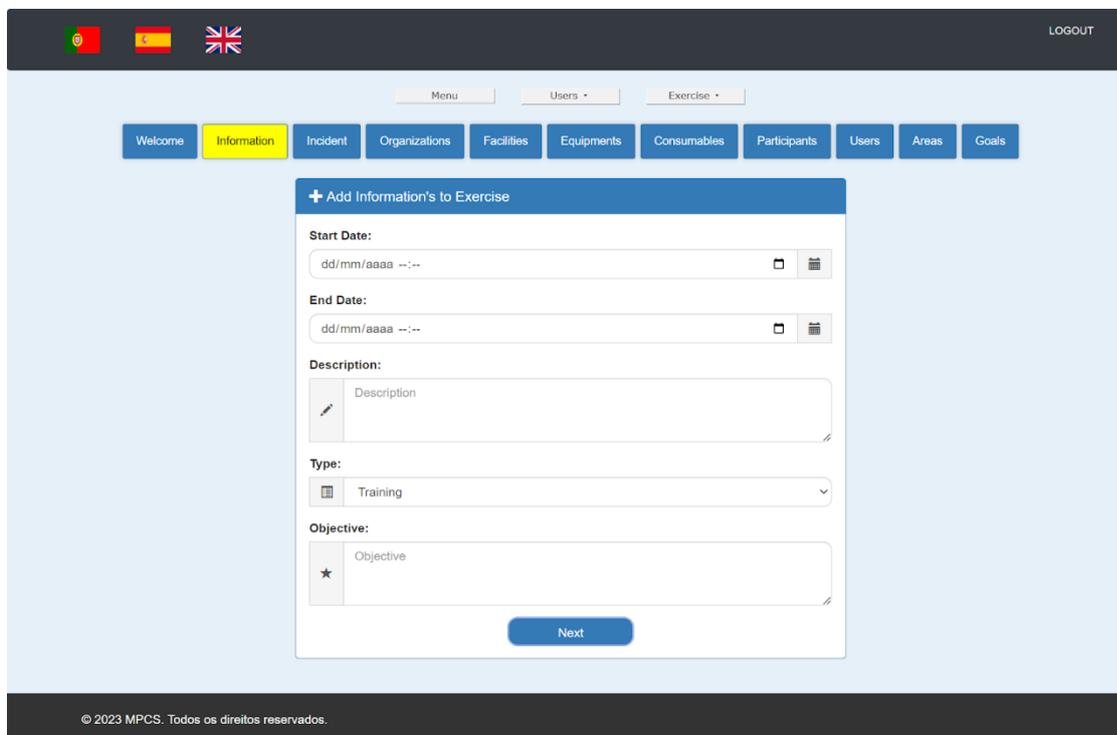


Figura 42 : Tab2 do processo de criação de um exercício: inserção de informações

Nesta interface começa o processo de criação de um novo exercício. Aqui, o Gestor MPCs pode começar a definir alguns dos parâmetros que são essenciais para a configuração do exercício, tais como: data inicial, data final, descrição do exercício, tipo de exercício e objetivo. Após o preenchimento dos mesmos, apenas tem que clicar no botão “*Next*” para ser redirecionado para a próxima aba e, com isso, escolher o incidente que irá estar presente no exercício.

O processo completo de criação de exercícios, incluindo as etapas subsequentes, que englobam a definição do incidente, das organizações, das instalações, dos equipamentos, dos consumíveis, dos participantes e dos utilizadores encontram-se documentadas nos anexos deste documento para uma melhor compreensão do processo de configuração de um exercício.

Capítulo 7

Avaliação

Neste capítulo, é apresentada uma análise dos testes realizados à aplicação para avaliar individualmente a componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação” e o MPCPS como um todo através da integração das 4 componentes do sistema.

7.1 Avaliação das interfaces da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”

Neste subcapítulo são apresentados os testes feitos às interfaces da componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”, através da abordagem “**Black-Box**”, tendo estes o objetivo de avaliar o sistema sob a perspetiva do utilizador final, ou seja, um utilizador que não tem qualquer conhecimento prévio sobre o código desenvolvido. Os testes foram direcionados maioritariamente para as funcionalidades de adição, visualização de informações, edição e exclusão das principais entidades da aplicação.

Com estes testes foi possível validar as funcionalidades implementadas e, com isso, melhorar o sistema, através da identificação e correção de defeitos encontrados durante a execução dos mesmos. Esta abordagem de avaliação contribuiu significativamente para uma melhoria contínua do sistema, porque permitiu garantir que as interfaces implementadas estavam de acordo com as expectativas e necessidades dos utilizadores finais.

7.1.1 Testes Realizados às Funcionalidades de Gestão de Utilizadores

Neste ponto, são apresentados os testes que foram realizados relativamente às funcionalidades implementadas de gestão de utilizadores do sistema.

Teste ao Registo de um Utilizador: para esta funcionalidade, realizou-se o registo de novos utilizadores, preenchendo todos os campos obrigatórios existentes no formulário de registo. O objetivo era verificar se o sistema aceitava com sucesso os novos registos, se as mensagens de erro configuradas para cada campo apareciam, no caso de os dados inseridos serem inválidos, e se os dados dos utilizadores eram armazenados de forma correta na base de dados.

Teste à Ativação de Utilizador pelo Gestor MPCPS: aqui foi testada a implementação da funcionalidade de ativar as contas dos utilizadores na aplicação. Verificou-se se os utilizadores eram ativados corretamente após o Gestor MPCPS decidir sobre ativar ou eliminar um pedido de registo.

Teste à Confirmação de Email de Ativação: após a ativação de um utilizador pelo Gestor MPCPS, verificou-se se o utilizador recebia o email de confirmação da ativação da conta na aplicação.

Teste à Recuperação da Palavra-passe: neste teste, simulou-se a recuperação da palavra-passe, como se um utilizador a tivesse esquecido. Foram inseridas as informações necessárias, nomeadamente o endereço de email associado à conta do utilizador. De seguida verificou-se se o sistema enviava com sucesso um email com as instruções necessárias para recuperar a palavra-passe.

Teste à Edição dos Campos do Perfil de um Utilizador: os campos do perfil de um utilizador foram editados com informações válidas. Verificou-se se as alterações eram refletidas corretamente na base de dados e se os dados atualizados eram apresentados corretamente nas interfaces de visualização do perfil.

Teste à Visualização das Informações do Utilizador: garantiu-se que as informações do perfil do utilizador eram exibidas corretamente e que este tem acesso às mesmas.

Teste à Associação de um Utilizador a um Participante num Exercício: testou-se o fluxo de associação de um utilizador a um participante. Confirmou-se se os utilizadores eram associados corretamente aos participantes e, conseqüentemente, aos exercícios, e, ainda, se era enviado um email a notificar o utilizador sobre esta associação.

Teste ao Login: para o login, foi realizado um conjunto de testes de forma a garantir que todas as funcionalidades relacionadas com a autenticação segura dos utilizadores no sistema tinham sido corretamente implementadas. Os seguintes cenários foram testados.

1, **Credenciais Válidas:** foi inserido um email de utilizador e uma palavra-passe válidos. Verificou-se se o sistema permitia o acesso à página principal do utilizador sem problemas.

Credenciais Inválidas: tentou-se efetuar login com combinações inválidas de email e palavra-passe. Verificou-se se o sistema apresentava as mensagens de erro apropriadas e bloqueava o acesso após um número definido de tentativas incorretas.

Bloqueio de Conta: este teste consistiu em inserir uma palavra-passe incorreta repetidamente para verificar se o sistema bloqueava temporariamente o utilizador após 3 tentativas. Após isso, tentativas adicionais foram feitas para confirmar se o sistema impedia o acesso do utilizador durante o período de bloqueio.

Recuperação de Palavra-passe após Bloqueio: durante o bloqueio da conta, foi testada a funcionalidade de recuperação de palavras-passe. Verificou-se se o sistema permitia ao utilizador redefinir a palavra-passe através do processo de recuperação.

Sessão Ativa: após efetuar login, a sessão foi mantida ativa. Testou-se se o sistema redirecionava o utilizador para a página apropriada ao seu *role*, respetivas permissões, e se era mantida a sessão enquanto o utilizador estava ativo.

Logout: o teste de *logout* consistiu em efetuar *logout* da conta após um utilizador ter feito *login*. Verificou-se se o sistema encerrava a sessão corretamente, impedindo o acesso às áreas restritas.

A realização destes testes contribuiu para a verificação da robustez e segurança das funcionalidades de gestão dos utilizadores, assegurando que os utilizadores pudessem interagir com o sistema de forma eficaz e segura. As melhorias implementadas a partir dos resultados dos testes garantiram uma experiência mais consistente para todos os utilizadores.

7.1.2 Testes realizados às interfaces de adição

Neste ponto, são apresentados os testes que foram realizados às interfaces de adição das principais entidades do sistema: Organização, Instalação, Equipamento, Participante, Consumível, Incidente, Hidrocarboneto e Exercício. Os testes foram realizados para verificar a validação de dados e a navegação apropriada entre as interfaces. Os testes foram:

Teste de Preenchimento Obrigatório: neste teste, os campos obrigatórios dos formulários das interfaces de adição foram deixados em branco, e foi realizada uma tentativa de envio dos mesmos. O objetivo era verificar se as validações dos campos estavam a funcionar corretamente. Constatou-se que o sistema mostrava corretamente as mensagens de erro previamente configuradas e que impedia o envio dos formulários com os campos vazios.

Teste de Preenchimento Correto: todos os campos do formulário foram preenchidos com valores válidos, e o formulário foi submetido. Verificou-se que o envio foi bem-sucedido e que os dados foram corretamente armazenados na base de dados.

Teste à Validação dos Dados: nos campos dos formulários foram inseridos dados inválidos ou formatos incorretos. Observou-se que as validações de dados estavam a funcionar conforme o esperado, pois foram exibidas corretamente as mensagens de erro apropriadas.

Teste de Direcionamento: Teste para validar se após a submissão dos formulários de adição o sistema direcionava o utilizador para a página de destino apropriada.

Estes testes foram realizados para todas as entidades mencionadas anteriormente e os bugs encontrados foram corrigidos. A análise e a correção desses erros contribuíram para melhorar as interfaces de adição, assegurando a consistência e bom funcionamento de todas elas, de forma a enriquecer a qualidade da experiência do utilizador.

7.1.3 Testes Realizados nas Interfaces de Visualização de Informações

Neste ponto, são apresentados os testes realizados às interfaces de visualização de informações para as principais entidades do sistema: Organização, Instalação, Equipamento, Participante, Consumível, Incidente, Hidrocarboneto e Exercício. O objetivo destes testes foi avaliar a precisão e a apresentação dos dados, garantindo que os utilizadores consigam consultar as informações relevantes para cada entidade, de forma clara. Os testes realizados abordaram os seguintes pontos:

Teste à Exibição de Dados: este teste teve como objetivo verificar se as informações das entidades eram mostradas corretamente nas interfaces de visualização de informações. Assim, verificou-se se os dados eram corretamente recuperados da base de dados e apresentados aos utilizadores de forma coerente e legível.

Teste a Campos Vazios: foi verificado se, nos casos em que não havia informações disponíveis para exibição, a interface conseguia identificar e comunicar essa ausência de dados de maneira adequada. O objetivo foi garantir que o utilizador era informado, de forma clara, sobre a falta de informações relevantes.

Teste de Visualização entre Elementos: foram realizados testes para verificar a capacidade de visualização dos dados entre elementos relacionados. Por exemplo, nos casos em que uma organização possuía instalações associadas, testou-se se o sistema

permitia ao utilizador ver facilmente as informações não só da organização como das instalações associadas.

Teste de Redirecionamento e Navegação: avaliou-se se ao clicar em elementos, como links ou botões existentes nas interfaces, o sistema direcionava o utilizador para as páginas ou funcionalidades correspondentes.

A condução destes testes permitiu identificar possíveis melhorias a realizar nas interfaces de visualização de informações. As correções realizadas com base nos resultados destes testes contribuíram para garantir uma exibição confiável e coerente dos dados.

7.1.4 Testes Realizados nas Interfaces de Edição de Informações

Nesta secção, encontram-se os testes realizados sobre as interfaces de edição de informações das principais entidades do sistema: Organização, Instalação, Equipamento, Participante, Consumível, Incidente, Hidrocarboneto e Exercício. O propósito destes testes foi verificar a eficácia das interfaces de edição e assegurar que os utilizadores pudessem modificar os dados das diferentes entidades com precisão e facilidade. Foram realizados os seguintes testes:

Teste de Preenchimento dos Campos: neste teste, os campos de edição foram preenchidos com diferentes valores, representando as alterações que um utilizador poderia fazer. Verificou-se se os campos permitiam a inserção de dados diferentes dos existentes e se as atualizações eram processadas corretamente e guardadas na base de dados.

Teste de Edição de Dados Relacionados: nos casos em que existiam entidades relacionadas, como por exemplo a associação de um participante a uma organização ou instalação, foram realizados testes para garantir que a edição dessas informações não afetasse a integridade dos dados relacionados. O objetivo dos testes foi confirmar que as mudanças em uma entidade não resultaram em incoerências ou erros nos elementos correlacionados.

Teste de Validação de Campos: foram introduzidos dados incorretos ou inválidos nos campos de edição para avaliar a eficácia das validações. Nestes testes verificou-se se as mensagens de erro eram exibidas corretamente e se o sistema impedia a submissão de dados inválidos.

Teste de Atualização de Dados: após a submissão das alterações, validou-se a correta atualização das informações na base de dados e que as mudanças eram refletidas nas interfaces de visualização de informações. O objetivo foi garantir a consistência entre os dados exibidos e os dados armazenados.

Teste de Redirecionamento após Edição: testou-se se o sistema direcionava o utilizador para a interface devida, após a conclusão de uma edição.

A realização destes testes permitiu identificar possíveis problemas nas interfaces de edição e garantir que as alterações dos utilizadores eram processadas e exibidas com exatidão. As melhorias e correções decorrentes destes testes contribuíram para uma experiência de edição eficiente e confiável, melhorando a qualidade global do sistema.

7.1.5 Testes Realizados nas Interfaces de Listagem das Entidades

Neste ponto, são apresentados os testes realizados sobre as interfaces de listagem das principais entidades do sistema como: Organização, Instalação, Equipamento, Participante, Consumível, Incidente, Hidrocarboneto e Exercício. O objetivo destes testes era garantir que as interfaces de listagem fornecessem uma visão organizada e acessível das informações relevantes, permitindo aos utilizadores explorar e interagir eficazmente com os dados de cada entidade. Os seguintes testes foram realizados nas interfaces de listagem:

Teste de Dados mostrados: acedeu-se às interfaces de listagem para verificar se apareciam as entidades presentes na aplicação, e se os seus dados eram exibidos de forma precisa e completa.

Teste de Funcionalidade dos Botões: neste teste, os botões de detalhes, edição e exclusão associados a cada entidade e presentes na interface foram clicados para garantir que estavam a funcionar corretamente. A verificação incluiu garantir que os botões direcionavam o utilizador para as interfaces corretas e que as ações associadas aos botões eram corretamente realizadas.

Teste da Barra de Pesquisa e Filtro: foram realizados testes de pesquisa e filtragem para verificar se as funcionalidades de procura existentes nas interfaces estavam a funcionar corretamente. Para isso, foram inseridos termos de pesquisa e verificou-se se os resultados correspondentes eram exibidos de maneira precisa e coerente.

A execução destes testes permitiu melhorar a funcionalidade das interfaces de listagem, garantindo a interação intuitiva e eficaz dos utilizadores com os dados. As melhorias e ajustes resultantes desses testes contribuíram para melhorar a experiência do utilizador e apresentar de forma coerente as informações.

7.2 Avaliação da integração das 5 componentes

Neste subcapítulo são apresentados os testes realizados para avaliar a integração das diferentes componentes do projeto.

Apesar das componentes deste projeto terem sido desenvolvidas individualmente, o objetivo foi sempre a sua agregação. Assim, desde o início do projeto, houve a noção de que as componentes teriam de interagir e usar funcionalidades implementadas umas pelas outras.

Para garantir a solidez e o correto funcionamento da integração, foi crucial realizar testes em que estivessem presentes outras pessoas que não a equipa de desenvolvimento. Por este motivo, os testes apresentados neste subcapítulo serviram para garantir que as diferentes componentes do projeto interagiam de forma correta, validando a integridade das interfaces, a correta troca de dados entre as componentes e a funcionalidade global do sistema. Além disso, proporcionaram uma visão geral sobre a qualidade e a eficiência da integração, identificando potenciais problemas que pudessem passar despercebidos à equipa interna de desenvolvimento.

7.2.1 Primeiro Ensaio de Uso de uma versão integrada

O primeiro ensaio de uso com uma versão integrada contou com a participação dos membros da equipa de desenvolvimento, os seus professores orientadores e Rui Chedas Sampaio, consultor da Qualiseg, uma das empresas que faz parte do consórcio do MPCS, que desempenha o papel de controlo de qualidade dos resultados e é um

especialista no domínio em questão. O seu feedback era muito importante devido à sua experiência, conhecimento e por representar a Qualiseg, uma empresa chave do projeto.

O objetivo principal era apresentar ao representante da Qualiseg o resultado da integração já existente entre as diferentes componentes do sistema, bem como as funcionalidades até então implementadas. Para isso, foi realizada uma demonstração prática, em que foi criado um cenário de teste que simulou uma situação real. Este ensaio teve essencialmente duas fases:

Primeira fase: Nesta fase, o foco recaiu sobre a configuração dos componentes necessários para a criação do exercício e a configuração do exercício no sistema. Além disso, foram mostradas funcionalidades, como o redimensionamento das páginas, a utilização de diferentes idiomas e gestão dos utilizadores. Para a configuração do exercício de simulação, foram utilizados os seguintes elementos: um incidente, três organizações, três instalações, cinco tipos de equipamentos, dois tipos de consumíveis, três participantes e três utilizadores.

Segunda fase: nesta fase, após o exercício ter sido configurado corretamente, realizou-se o exercício de simulação utilizando os parâmetros que tinham sido previamente configurados. Durante o decorrer da simulação, foram os membros da equipa de desenvolvimento que desempenharam o papel dos utilizadores. Isto permitiu realizar uma demonstração detalhada das várias funcionalidades já implementadas, e a discussão da adequação, exequibilidade e usabilidade das mesmas com os membros da equipa.

O **resultado** deste ensaio permitiu recolher feedback útil do especialista (Rui Chedas Sampaio) que identificou aspetos que poderiam ser melhorados, quer em termos da representação da informação, quer em termos da navegação na aplicação. Além disso, o sucesso geral desta demonstração, permitiu à equipa de desenvolvimento adquirir confiança no rumo que estava a ser seguido, o que contribuiu com um ganho de motivação para a contínua evolução do projeto. Este foi um aspeto relevante na gestão do projeto, dada a considerável insegurança de estar a trabalhar num projeto relativamente complexo e numa área onde a equipa não tinha qualquer experiência anterior.

Relativamente à componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”, este teste foi importante devido ao feedback sobre a configuração do exercício de simulação e dos seus componentes. Permitiu também descobrir *bugs* em alguns dos atributos das entidades que não foram corretamente atualizados na base de dados no decorrer do exercício, mas que foram posteriormente corrigidos.

7.2.2 Segundo Ensaio de Integração com Uso Simulado

Neste ensaio, participaram os membros da equipa de desenvolvimento e os respetivos orientadores. Ao contrário do ensaio anterior, quem realizou o exercício de uso simulado foram os orientadores. O foco deste exercício incidiu na realização do exercício de coordenação durante uma intervenção, após a sua configuração. Para cada professor foi criado um guião com instruções sobre o papel e as ações a desempenhar, de forma a garantir a conclusão das etapas e objetivos do guião do exercício.

Neste ensaio foram abordados vários aspetos, com destaque para o design das interfaces e a responsividade do exercício. Durante esta avaliação, diversos problemas de interface foram identificados e analisados, e as principais considerações acerca da aplicação consistiram em:

Tabela 30 : Aspectos positivos e aspectos a serem melhorados encontrados no 2º ensaio

Aspectos positivos	Aspectos a serem melhorados
Testaram-se as ações principais como: <ul style="list-style-type: none"> - movimentação dos participantes, - comunicação entre os participantes, - manipulação de equipamentos, - as ações de descanso e recuperação como comer, dormir, entre outras. 	Identificaram-se dificuldades em: <ul style="list-style-type: none"> - obter feedback imediato as ações realizadas, - perceber o estado do exercício durante os períodos de espera entre ações; - perceber o que se passava com os restantes participantes no exercício
Permitiu perceber as dependências entre as diferentes componentes do sistema MPCs e validar as funcionalidades de interoperação.	Instabilidade nas interfaces (nem sempre atualizavam a apresentação corretamente) e atrasos de resposta geraram dúvidas e incertezas aos participantes.
Permitiu aos participantes perceberem o encadeamento e as falhas de coordenação durante o exercício, o que comprova a utilidade potencial no uso do sistema para exercícios de treino.	Houve algumas dificuldades em compreender o estado atual do exercício, especialmente quando alguém desempenhava um papel que não estava envolvido na ação em curso, para quem o resto da ação era invisível.

Em suma, este teste permitiu explorar de forma abrangente a interação do sistema num cenário mais realista, identificando tanto os pontos positivos como os pontos que ainda precisam de ser melhorados.

No que diz respeito à componente "Editor de Jogo e Simulação", verificou-se que os problemas detetados no primeiro ensaio de integração já haviam sido corrigidos.

No entanto, foi identificado um novo *bug* na restrição existente no campo da palavra-passe aquando do registo de um utilizador. Esta referia, entre outros aspetos, que a palavra-passe deve conter pelo menos um carácter especial, mas, durante a realização do teste, um dos *testers* tentou inserir uma palavra-passe com o símbolo "!" e essa entrada não foi aceite pelo sistema. Este problema foi então corrigido.

Capítulo 8

Conclusão

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas após o desenvolvimento deste projeto bem como alguns pontos de evolução a serem realizados em futuras versões da aplicação MPCCS e na componente “Editor de Jogo e Modelação da Simulação”.

Este projeto revelou ser um grande desafio, tanto em termos de complexidade técnica como de prazos apertados. Apesar da equipa de desenvolvimento ser reduzida e ter pouca experiência em simuladores, conseguimos ultrapassar uma série de obstáculos para alcançar os objetivos estabelecidos.

De uma forma geral, o trabalho realizado conseguiu cumprir os objetivos estipulados no início do projeto. No entanto, é importante destacar que surgiram algumas dificuldades devido à complexidade intrínseca do MPCCS e às limitações temporais existentes. No geral, o projeto exigiu um esforço considerável de toda a equipa de desenvolvimento e seus professores orientadores para compreender e implementar algumas das funcionalidades necessárias, o que originou alguns atrasos.

Para o futuro, e particularmente no que diz respeito à componente "Editor de Jogo e Modelação da Simulação", é importante reconhecer que alguns requisitos que não foram implementados devido à falta de tempo e à grande quantidade de requisitos pedidos para esta componente. É fundamental ressaltar que a ausência desses requisitos não comprometeu o funcionamento das outras componentes do MPCCS, mas a sua implementação numa versão subsequente certamente enriquecerá a experiência proporcionada pelo sistema como um todo. Entre os requisitos pendentes, destaca-se, sem dúvida, a necessidade de incorporar a funcionalidade de "Atribuição de uma avaliação aos utilizadores sobre o seu desempenho." Esta adição é de extrema importância, uma vez que proporcionará aos utilizadores a capacidade de avaliar o seu desempenho e, por conseguinte, melhorar a sua participação no simulador. Essa funcionalidade não apenas enriquecerá a experiência dos utilizadores, mas também fornecerá dados valiosos para a avaliação e o aprimoramento contínuo do MPCCS.

Este projeto representou, sem dúvida, o maior desafio que já enfrentei no âmbito informático e na minha trajetória académica. Além de alcançar os objetivos técnicos, permitiu um crescimento significativo e um enriquecimento dos meus conhecimentos profissionais. Esta experiência revelou-se fundamental para o desenvolvimento das minhas competências em trabalho de equipa, uma vez que o projeto foi altamente colaborativo, e também para a implementação e utilização de processos de software mais eficientes.

Além disso, a oportunidade de trabalhar com tecnologias previamente desconhecidas e a aplicação de metodologias que incorporam as melhores práticas em projetos de desenvolvimento de software representaram grandes oportunidades de aprendizagem. O conhecimento adquirido durante este projeto será, sem dúvida, uma mais valia para o meu futuro.

Capítulo 8

Em suma, este trabalho foi um grande desafio, mas também uma oportunidade de crescimento, tanto a nível pessoal como profissional. Reforçou a minha capacidade de enfrentar projetos complexos e deixou-me mais confiante na minha capacidade de contribuir e conseguir integrar numa equipa de desenvolvimento de software no meu futuro.

Referências

- [1] *Marine Pollution Control Simulator (MPCS)*. (s.d.). European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations. https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/funding-evaluations/financing-civil-protection/prevention-and-preparedness-projects-civil-protection/overview-past-track-i-and-track-ii-projects/marine-pollution-control-simulator-mpcs_en
- [2] *Atribuidos 2022 2023*. (s.d.). Home. <http://estagios.dei.uc.pt/cursos/mei/ano-lectivo-2022-2023/atribuidos-2022-2023/?idestagio=4734>
- [3] (s.d.). Language selection | European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations. <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/system/files/2022-04/UCPM%20Call%202021%20Track%202%20MPCS.pdf>
- [4] *Oil spills*. (s.d.). Homepage | National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/oil-spills>
- [5] Luiz da Silva, F. (2018, maio). *Pirâmides e cones de aprendizagem: da abstração à hierarquização de estratégias de aprendizagem*.
- [6] Dale, E. (1962). *Audio-visual methods in teaching*. Holt, Rinehart & Winston.
- [7] Filho, A. P., & Scarpelini, S. (2007, abril). *Simulação: Definição*.
- [8] Costa, J. A. M. (2008). *A Importância dos Simuladores na Formação de Pilotos e CTA'S e Seu Impacte na Segurança de Voo* [Dissertação de Mestrado em Engenharia Aeronáutica não publicada]. Universidade da Beira Interior.
- [9] *How to manage the damage from oil spills*. (s.d.). UNEP. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/how-manage-damage-oil-spills>
- [10] (s.d.). Home | Keio-NUS CUTE Center. <https://cutecenter.nus.edu.sg/projects/crisis-management-sim.html>
- [11] *SimMom Soluções em Simulação de Parto*. (s.d.).
- [12] *Bem-vindo a Laerdal Medical – Helping Save Lives*. (s.d.). Laerdal Medical. <https://laerdal.com/br/>
- [13] (s.d.). *Feuerwehrfahrzeuge | Feuerwehrfahrzeughersteller - Rosenbauer*. https://www.rosenbauer.com/fileadmin/sharepoint/products/service/marketing/docs/Training/ERDS_Simulator/ERDS_Simulator_EN.pdf
- [14] *Simulador Realidad Virtual para FP: Emergencias Sanitarias*. (s.d.). Simuladores de Realidad Virtual para Formación Profesional. <https://www.vrfp.es/simulador-realidad-virtual/sanidad/simulador-emergencias-sanitarias>
- [15] Keramea, P., Spanoudaki, K., Zodiatis, G., Gikas, G., & Sylaios, G. (2021). *Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives, and Challenges*.
- [16] Ferreira, J. P. (2006). *Análise de Estratégias de resposta a Derramamento de óleo pesado no litoral do Espírito Santo utilizando modelagem computacional* [Pós-Graduação em Engenharia Ambiental não publicada]. Universidade Federal do Espírito Santo.

- [17] *MaxSim: Air Traffic Control Simulation*. (s.d.). Adacel: Homepage. <https://www.adacel.com/maxsim-air-traffic-control-simulation-training>
- [18] (s.d.-b). https://assets.website-files.com/5da4a6db96a90c18957991b0/62a2145fac1134dcc48ac85f_ADACEL_MaxSim_Brochure_220606.pdf
- [19] Ivanova, M., & Sydnese, A. K. (2010). Interorganizational coordination in oil spill emergency response: a case study of the Murmansk region of Northwest Russia.
- [20] Fingas, M. F. (2012). *Basics of Oil Spill Cleanup*. Taylor & Francis Group.
- [21] *The global oil and gas association for advancing environmental and social performance across the energy transition*. (s.d.). Ipieca. <https://www.ipieca.org/>
- [22] Ipieca. (s.d.). Oil Spill Disaster Responder Safety Guide. In *Ipieca Report Series* (p. 36).
- [23] Ipieca. (s.d.). Guide to Tired Preparedness and Response. In *Ipieca Report Series* (p. 32).
- [24] Ipieca. (s.d.). Guide to Oil Spill Exercise Planning. In *Ipieca Report Series* (p. 36).
- [25] *Agile software development | Control Engineering*. (s.d.). Control Engineering. <https://www.controleng.com/articles/agile-software-development/>
- [26] Viana, S. G. B. (2017). *Implementação da metodologia ágil Scrum numa empresa do setor da construção* [Dissertação de mestrado em Engenharia Industrial não publicada]. Universidade do Minho.
- [27] Ferraz, S. R. d. C. (2016). *Recomendações para a adoção de práticas ágeis no desenvolvimento de software: estudo de casos* [MasterThesis]. RepositóriUM – Universidade do Minho. <http://hdl.handle.net/1822/46409>
- [28] SIMAP prediction of impact from spilled oil and fuels | RPS. (s.d.). RPS Group. <https://www.rpsgroup.com/services/oceans-and-coastal/modelling/products/simap/>
- [29] *RPS ASA | Software - SIMAP™*. (s.d.). RPS ASA. <http://asascience.com/software/simap/>
- [30] Duliere, V., Ovidio, F., & Legrand, S. (2013). DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED SOFTWARE FOR FORECASTING THE IMPACTS OF ACCIDENTAL OIL POLLUTION OSERIT. (p. 61).
- [31] Legrand, S., & Duliere, V. (2008). OSERIT: AN OIL SPILL EVALUATION AND RESPONSE INTEGRATED TOOL. 2.
- [32] *OSERIT | About*. (s.d.). OSERIT. <https://oserit.naturalsciences.be/about.php>
- [33] De Dominicis, M., Pinardi, N., Zodiatis, G., & Archetti, R. (2013). MEDSLIK-II, a Lagrangian marine surface oil spill model for short-term forecasting – Part 2: Numerical simulations and validations. *Geoscientific Model Development*, 6(6), 1871–1888. <https://doi.org/10.5194/gmd-6-1871-2013>
- [34] *MEDSLIK-II*. (s.d.). MEDSLIK-II. <http://medslik-ii.org/model.html>
- [35] Lardner, R., & Zodiatis, G. (2016, 22 de abril). MEDSLIK oil spill model recent developments.
- [36] *NOAA-ORR-ERD*. (s.d.). GitHub. <https://github.com/NOAA-ORR-ERD>
- [37] <https://adios-stage.orr.noaa.gov/>
- [38] *RPS ASA | Software - OILMAP*. (s.d.). RPS ASA. <http://staging.asascience.com/software/oilmap/>

- [39] *OILMAP oil spill model system | RPS.* (s.d.). RPS Group. <https://www.rpsgroup.com/services/oceans-and-coastal/modelling/products/oilmap/>
- [40] (s.d.). SINTEF - Anvendt forskning, teknologi og innovasjon. [https://www.sintef.no/globalassets/upload/materialer kjemi/faktaark/environment/oscar-fact.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/materialer_kjemi/faktaark/environment/oscar-fact.pdf)
- [41] *OSCAR – Oil Spill Contingency and Response - SINTEF.* (s.d.). SINTEF. <https://www.sintef.no/en/software/oscar/>
- [42] *SINTEF - Anvendt forskning, teknologi og innovasjon.* (s.d.). SINTEF. <https://www.sintef.no/>
- [43] Sampaio Rui, Carrasqueira Manuel, and Daniel José. Marine pollution control simulator- functional requirements, 9 22
- [44] <https://docs.google.com/presentation/d/11zh2lySHhP7N4GW02RMJWAm0Ggc1GBrJ/edit#slide=id.p8>
- [45] Gonçalves Coelho, V. (2019). *Redes de Petri no auxílio à Gestão da Fiabilidade em Manutenção* [Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial não publicada]. Isec.
- [46] Tiago Agostinho, Ivo Cosme, Licínio Roque, Fernando Miragaia, Fausto de Carvalho (2014). Architecting a Reusable Platform for Pervasive Augmented Reality Games based on Petri Net Models, Actas da “Videojogos2013 - Arte em Jogo” Conferência de Ciências e Artes dos Videojogos, 26 - 27 de setembro, CISUC TR-2014-004, Coimbra.
- [47] MOHID Water Modelling System. (s.d.). MOHID Water Modelling System. <http://www.mohid.com/pages/home/whatismohid.shtml>
- [48] GitHub - Mohid-Water-Modelling-System/Mohid: Official MOHID Water Modelling System repository. (s.d.). GitHub. <https://github.com/Mohid-Water-Modelling-System/Mohid>
- [49] dos Santos Fernandes, R. M. A. (2005). *Modelação Operacional no Estuário do Tejo* [Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ecologia, Gestão e Modelação dos Recursos Marinhos não publicada]. Universidade Técnica de Lisboa.
- [50] *Processos de Intemperismo | IEAPM.* (s.d.). Marinha do Brasil | Protegendo Nossas Riquezas, Cuidando da Nossa Gente. <https://www.marinha.mil.br/ieapm/content/processos-de-intemperismo>
- [51] Cockburn, A. (2000). *Writing Effective Use Cases.* Addison-Wesley Professional.
- [52] Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2019). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction.* 5th Edition. John Wiley & Sons.
- [53] Jacobson, I., Spence, I., & Bittner, K. (2011). *USE-CASE 2.0 The Guide to Succeeding with Use Cases.*
- [54] Pressman, R. S., & Lowe, D. (2014). *Web Engineering: A Practitioner's Approach.*
- [55] Sommerville, I. (2011). *Engenharia de Software* (9ª ed.).
- [56] About | XVR Simulation. (s.d.). XVR Simulation | Incident command training tool for safety and security.
- [57] (s.d.). LearnPro – Learnpro website. https://go.learnprogroup.com/l/980203/2022-06-16/9jwc/980203/16553668004zMfCH86/XVR_Added_value_of_VR_Simulation_training.pdf
- [58] Our Company - VSTEP Simulation. (s.d.). VSTEP Simulation.

[59] NAUTIS Simulator - VSTEP Simulation. (s.d.). VSTEP Simulation.
<https://www.vstepsimulation.com/nautis-simulator/>

[60] VSTEP Simulation - Response Simulator. (s.d.). VSTEP Simulation.
<https://www.vstepsimulation.com/response-simulator/>

[61] Costa Agostinho, T. A. (2013). Adventure 2 Augmented Reality Game and Gamification [Master in Informatics Engineering não publicada]. Universidade de Coimbra.

Apêndices

Apêndice A

A.1 Rede de Petri

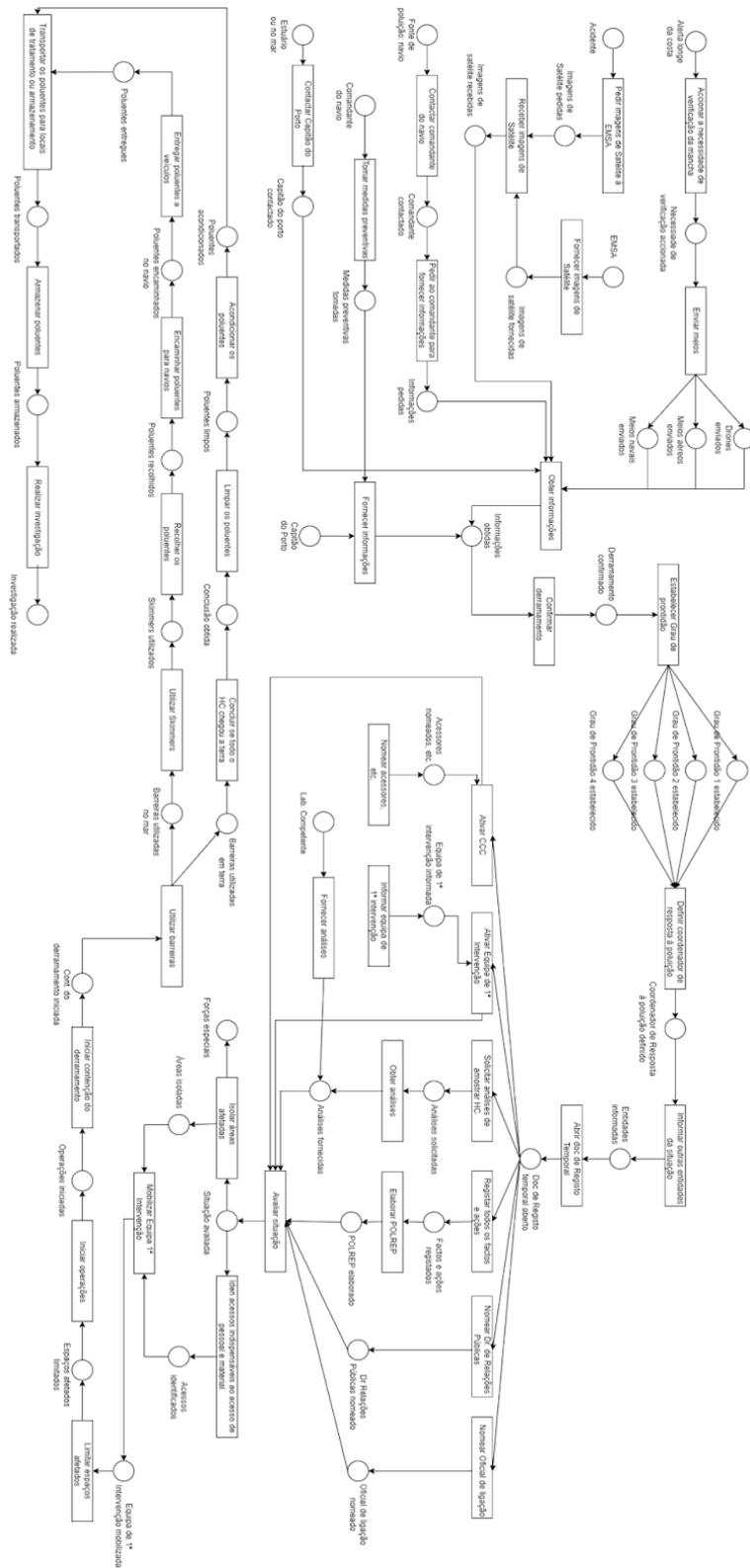


Figura 43: (A) Rede de Petri desenvolvida para o MPC

A.2 Diagrama de Gantt



Nome	Data de início	Data de fim
Definição de tecnologias e ferramentas	08/02/23	21/02/23
Desenvolvimento da Arquitetura	22/02/23	07/03/23
Modelação da Base de Dados	01/03/23	14/03/23
Identificação dos Requisitos	15/03/23	22/03/23
Diagramas de casos de uso e Mockups	22/03/23	31/03/23
Familiarização com Spring Boot	29/03/23	11/04/23
Conexão à base de dados	11/04/23	11/04/23
Funcionalidades Gestão Utilizadores	12/04/23	02/05/23
CRUD Organização + Interfaces + Ta...	03/05/23	09/05/23
CRUD Participantes - Interfaces + Ta...	10/05/23	15/05/23
CRUD Messages + Tabelas	12/05/23	16/05/23
Criação Repositorio no GitHub	15/05/23	15/05/23
Integração COM "Servidor Multiplayer"	15/05/23	01/08/23
Integração com "Ui Generator"	15/05/23	01/08/23
CRUD Consumiveis + Interfaces + ta...	15/05/23	17/05/23
CRUD Equipamentos + Interfaces + ...	17/05/23	02/06/23
CRUD Instalações + Interfaces + Tab...	02/06/23	06/06/23
CRUD Incident e Hydrocarbonetos + ...	07/06/23	13/06/23
CRUD Exercicio + Interfaces + Tabela	25/05/23	05/07/23
CRUD Tabelas mohid + interfaces + t...	14/06/23	20/06/23
Integração com Mohid	20/06/23	31/07/23
CRUD Action Logs + Areas + Interfac...	21/06/23	04/07/23
Testes Black Box	04/07/23	02/08/23
1 ensaio de Integração	27/07/23	27/07/23
2 ensaio de integração	11/08/23	11/08/23
Escrita da dissertação	01/08/23	05/09/23

Figura 44 : (A) Tarefas do diagrama de Gantt

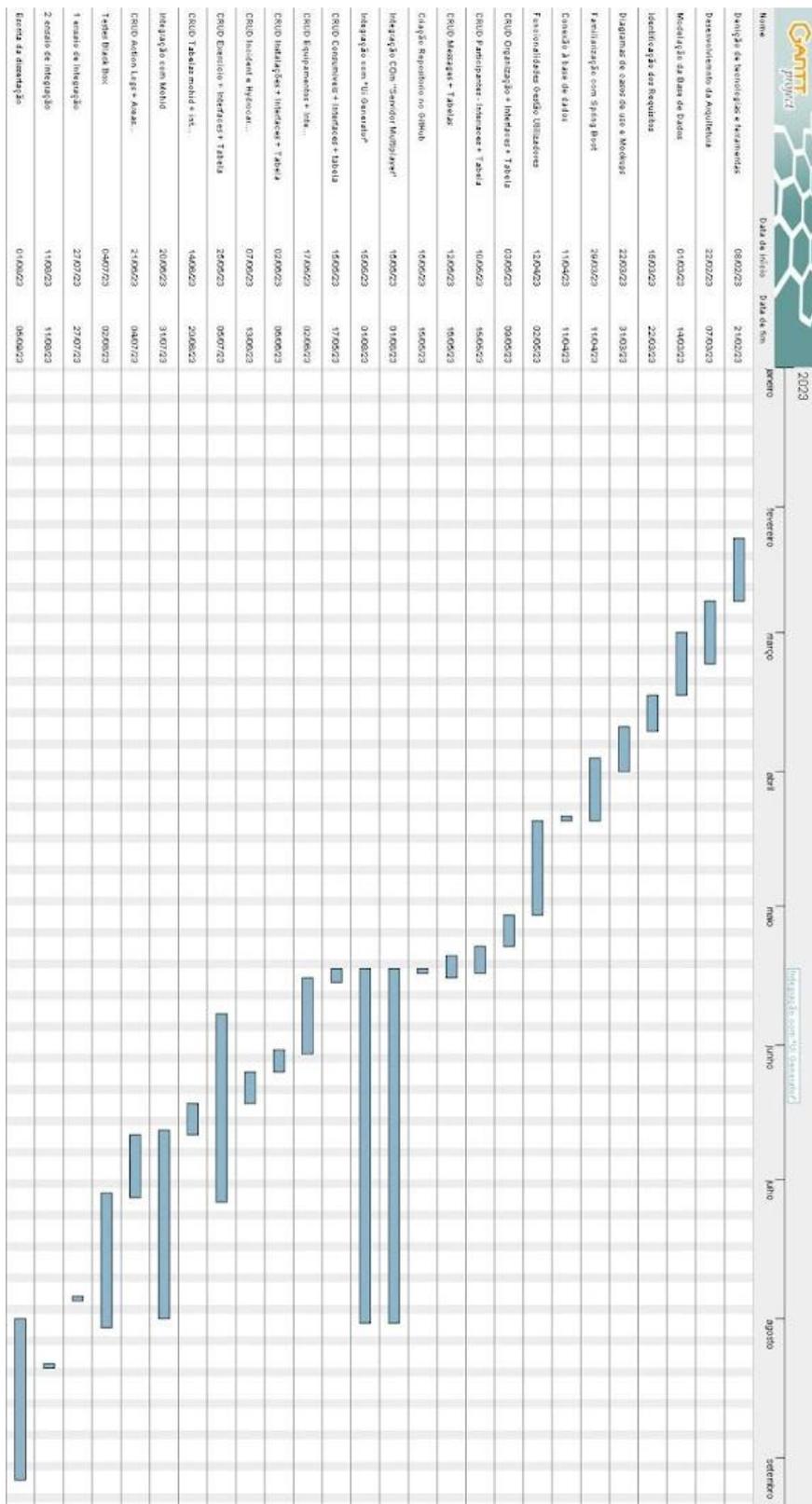


Figura 45: (A) Diagrama de Gantt da execução real do projeto no 2º semestre

A.3 Tabela dos requisitos

Requisito	Estado
RF01	Feito
RF02	Feito
RF03	Feito
RF04	Feito
RF05	Feito
RF06	Feito
RF07	Feito
RF08	Feito
RF09	Feito
RF10	Feito
RF11	Feito
RF12	Feito
RF13	Feito
RF14	Feito
RF15	Incompleto
RF16	Feito
RF17	Feito
RF18	Por fazer
RF19	Por fazer
RF20	Por fazer

Tabela 31: (A) Estado dos requisitos do projeto

A.4 Arquitetura global do MPCs

A.5 Modelo de Dados

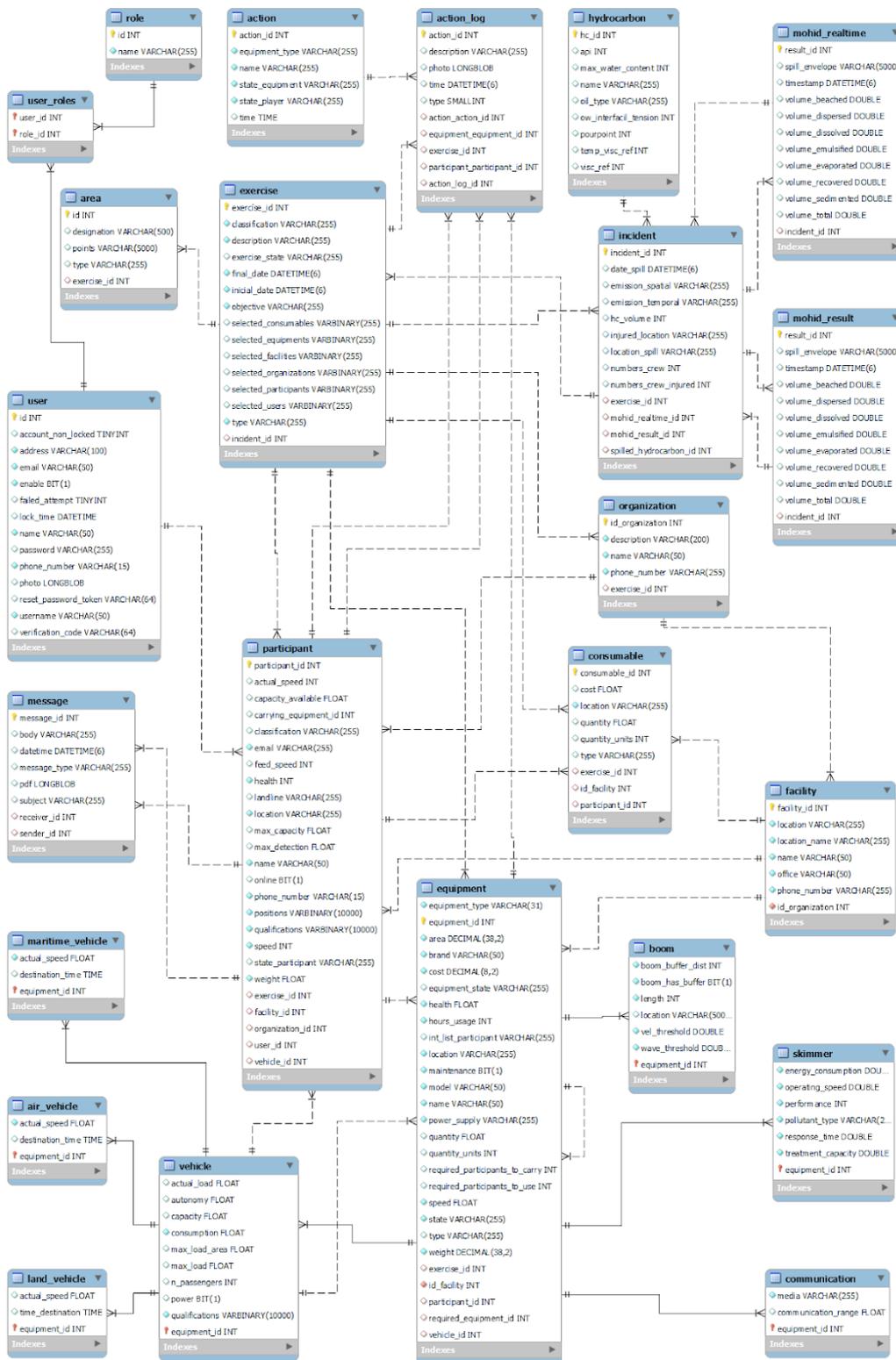


Figura 47 : (A) Modelo de Dados do MPCCS

A.6 Definições e Termos do Domínio

Termo	Definição
Organização	Representa uma entidade ou grupos estruturados com uma finalidade específica, abrangendo empresas e instituições que participam na resposta ao combate à poluição. Uma organização pode ser constituída por várias instalações.
Instalação	Uma instalação está vinculada a uma organização e pode assumir de espaços operacionais, edifícios ou locais. Uma instalação pode ser constituída por participantes, consumíveis ou equipamentos.
Participante	Um participante pertence a uma instalação e representa cada pessoa envolvida na resposta ao combate à poluição. O participante tem uma profissão e pode ter uma ou mais habilitações. Pode ainda praticar ações como: dormir, comer, comunicar com outros participantes, deslocar-se e outras. Durante um exercício, os utilizadores assumem a identidade de um participante para fins de simulação.
Consumível	Um consumível pertence a uma instalação e representa tudo aquilo que um participante ou um equipamento pode consumir durante um exercício. Estes podem incluir recursos como água, comida, gasolina, entre outros.
Equipamento	Equipamentos pertencem a instalações e representam todos os equipamentos que podem ser utilizados na resposta ao combate à poluição. Os equipamentos foram essencialmente divididos nas seguintes categorias: equipamentos aéreos, equipamentos marítimos, equipamentos terrestres, equipamentos de comunicação, <i>skimmers</i> e <i>booms</i> .
Exercício	Representa um exercício de simulação na qual os utilizadores podem participar ao assumir o papel dos participantes. Um exercício engloba diversos elementos como organizações, instalações, participantes, equipamentos, consumíveis, incidentes e outros. A configuração e supervisão dos exercícios é da responsabilidade do Gestor MPCs.
Incidente	Um incidente representa aquilo que pode desencadear o começo de um exercício. Podem ser situações como: derrames acidentais, encalhes de navios, derrames intencionais e outros. Este incidente está associado a um hidrocarboneto que representa o composto presente no incidente.
Utilizador	Utilizadores são pessoas reais que se podem registar na aplicação com o intuito de participar em exercícios. Estes assumem a identidade de um participante num exercício.
Role	O termo “ <i>role</i> ” refere-se à posição atribuída a um utilizador na aplicação. Este determina as suas permissões, responsabilidades e acessos específicos. Um utilizador pode ter o role “User”, o role “Admin” ou ambos os roles.

Tabela 32 : (A) Definições e Termos do Domínio

Apêndice B

Neste apêndice encontra-se algumas das interfaces de adição, edição, listagem e detalhes dos principais elementos constituintes de um exercício.

B.1 Interfaces Organização

The screenshot shows the 'Add Organization' form. At the top, there are flags for Portugal, Spain, and the UK, and a 'LOGOUT' link. Below the flags are navigation buttons for 'Menu', 'Users', and 'Exercise'. The form itself is titled '+ Add Organization' and contains the following fields:

- Name:** Autoridade Marítima Nacional
- Description:** Amn
- Phone Number:** +351 21 493 8200

A note below the fields states: "Note: To add a facility to this organization, complete the Add Facility form after adding this organization." At the bottom of the form is a blue button with a checkmark and the text "Add Organization".

© 2023 MPCPS. Todos os direitos reservados.

Figura 48 : (B) Interface para adicionar uma organização

The screenshot shows the 'List of Organizations' interface. At the top, there are flags for Portugal, Spain, and the UK, and a 'LOGOUT' link. Below the flags are navigation buttons for 'Menu', 'Users', and 'Exercise'. A blue button with a plus sign and the text "New Organization" is centered above the table. The table is titled "List of Organizations" and has a search bar above it with the text "Search by name, role, username" and a "clear" button. The table has the following columns: Id, Name, Description, Phone Number, Details, Edit, and Delete. The table lists three organizations:

Id	Name	Description	Phone Number	Details	Edit	Delete
1	Autoridade Marítima Nacional	Amn	+351 21 493 8200			
2	Marinha Portuguesa	Marinha	+351 21 493 8201			
3	Polícia Marítima	Polícia Marítima	+351 21 493 8202			

Below the table, there is a link that says "Organizations being used in exercises".

© 2023 MPCPS. Todos os direitos reservados.

Figura 49 : (B) Interface que permite ver a listas das organizações presentes na aplicação

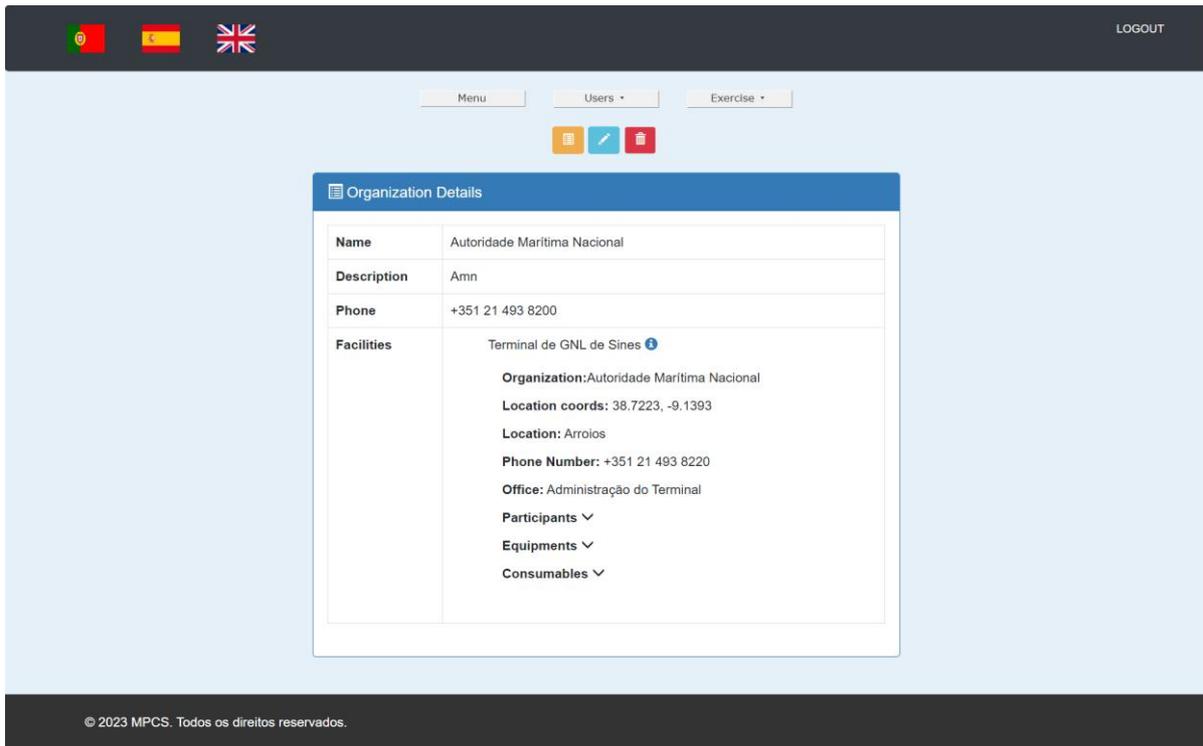


Figura 50 : (B) Interface dos detalhes de uma organização

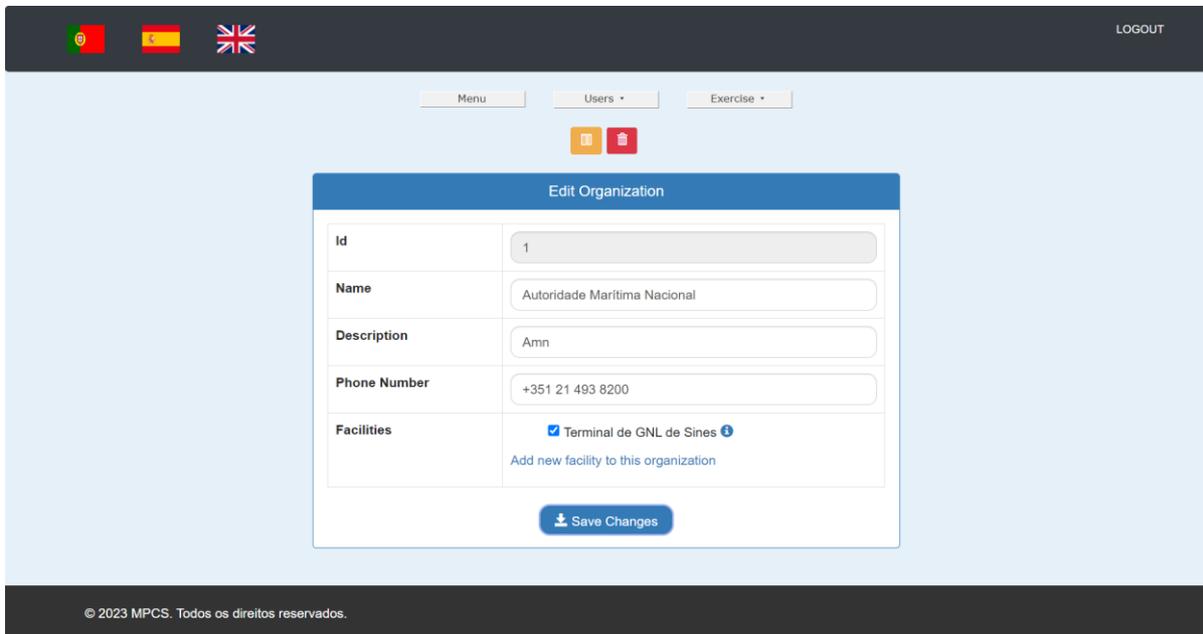
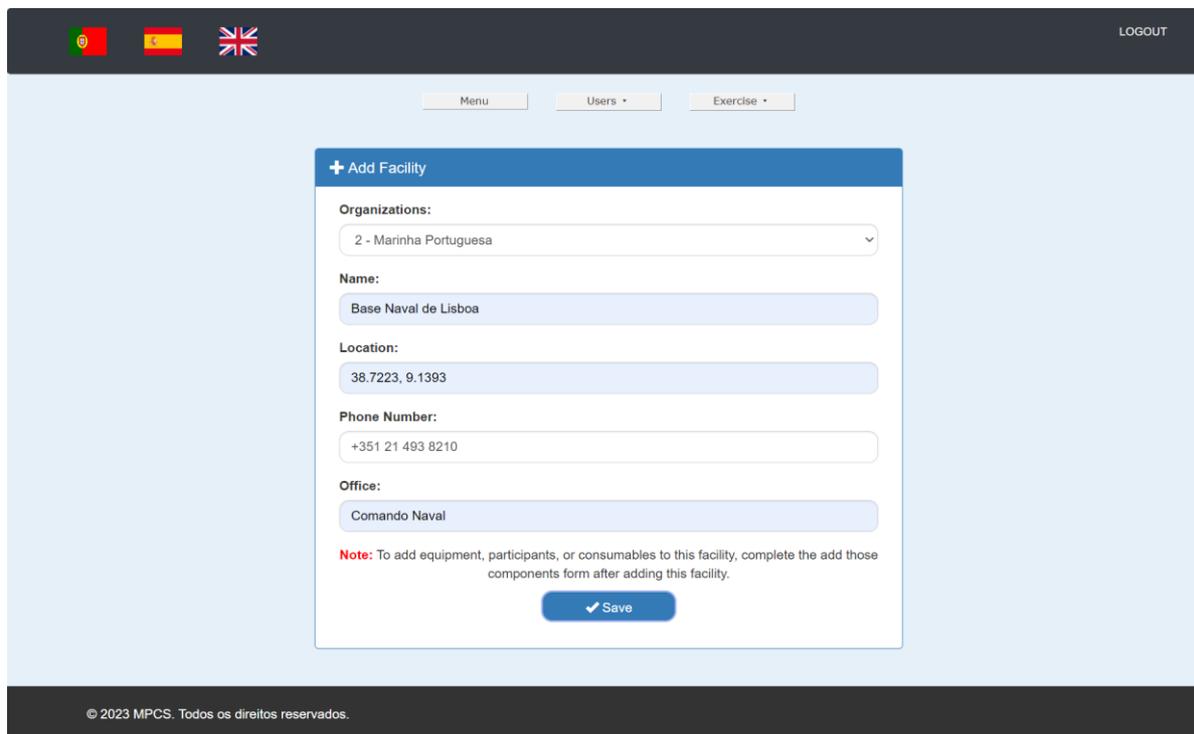


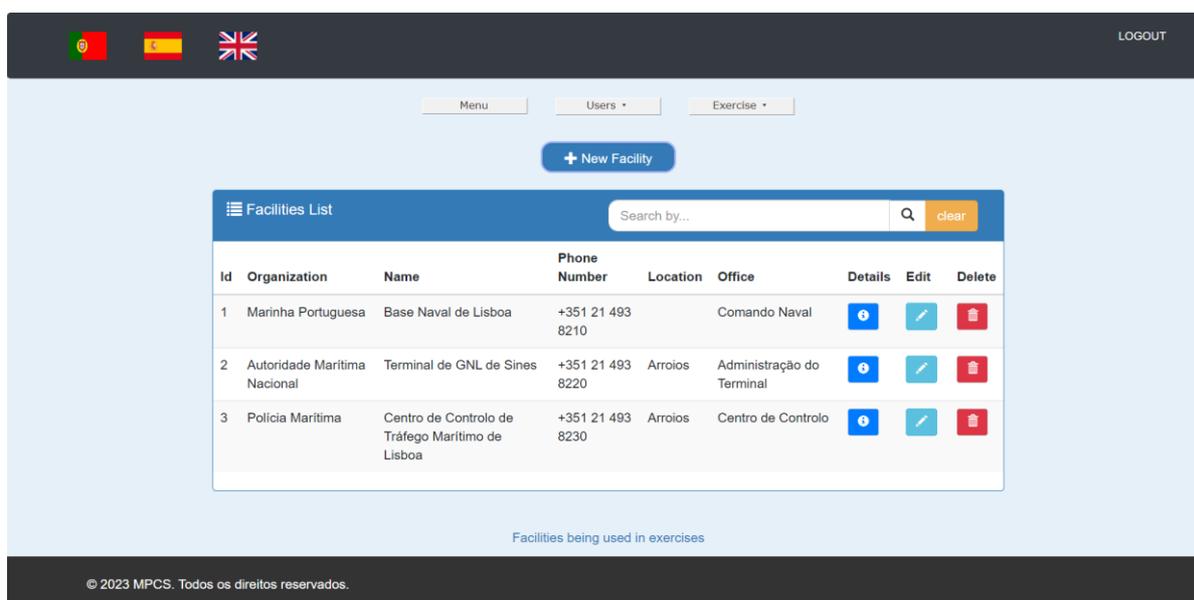
Figura 51 : (B) Interface de edição de uma organização

B.2 Interfaces Instalação



© 2023 MPSCS. Todos os direitos reservados.

Figura 52 : (B) Interface para adicionar uma instalação



© 2023 MPSCS. Todos os direitos reservados.

Figura 53 : (B) Interface que permite ver a lista das instalações presentes na aplicação

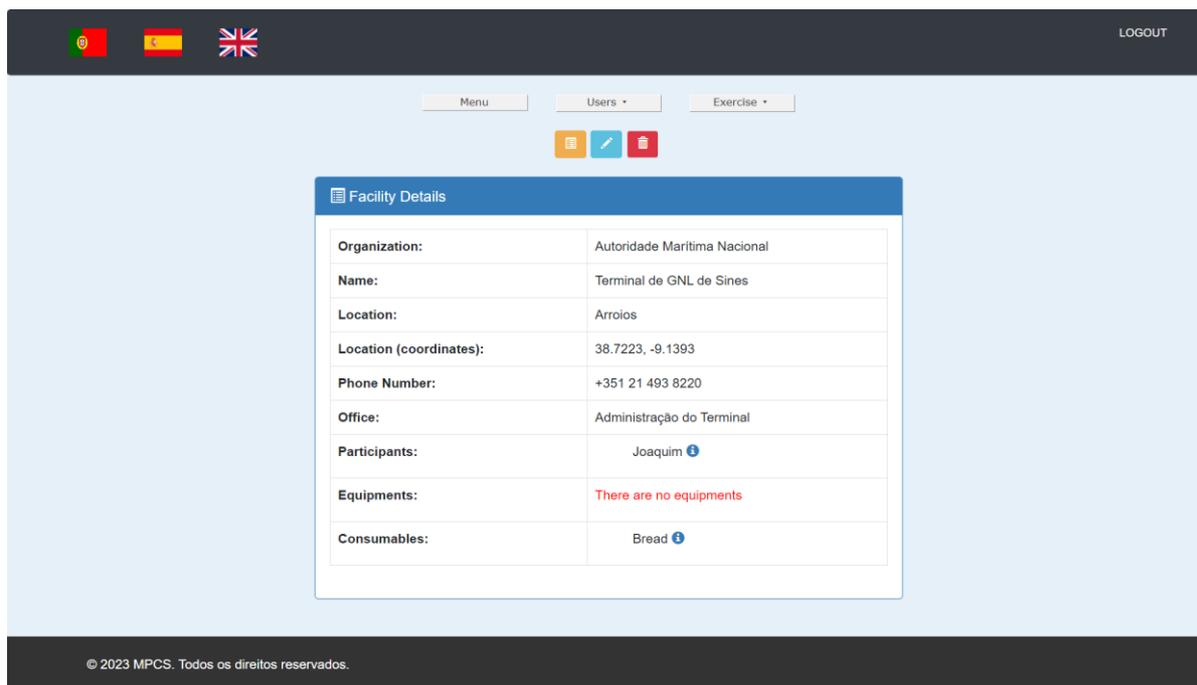


Figura 54 : (B) Interface de detalhes de uma instalação

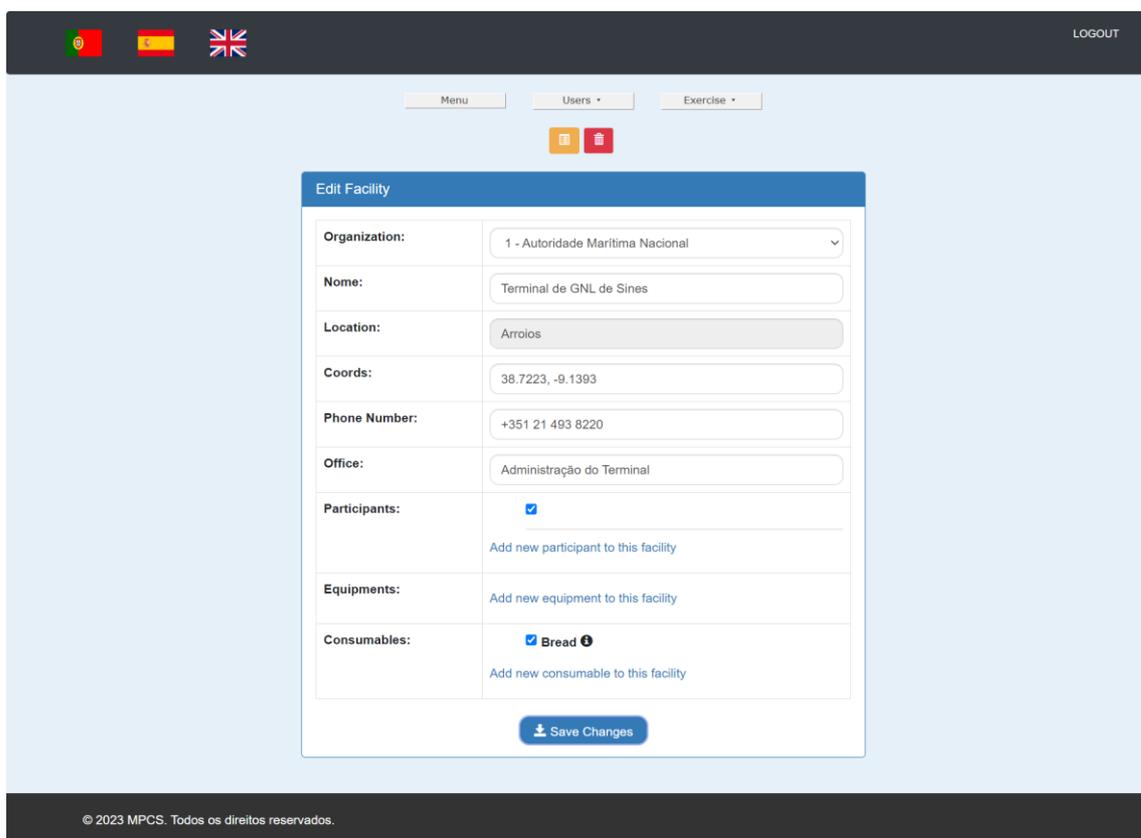


Figura 55 : (B) Interface de edição de uma instalação

B.3 Interfaces Participante

© 2023 MPSCS. Todos os direitos reservados.

Figura 56 : (B) Interface para adicionar um participante

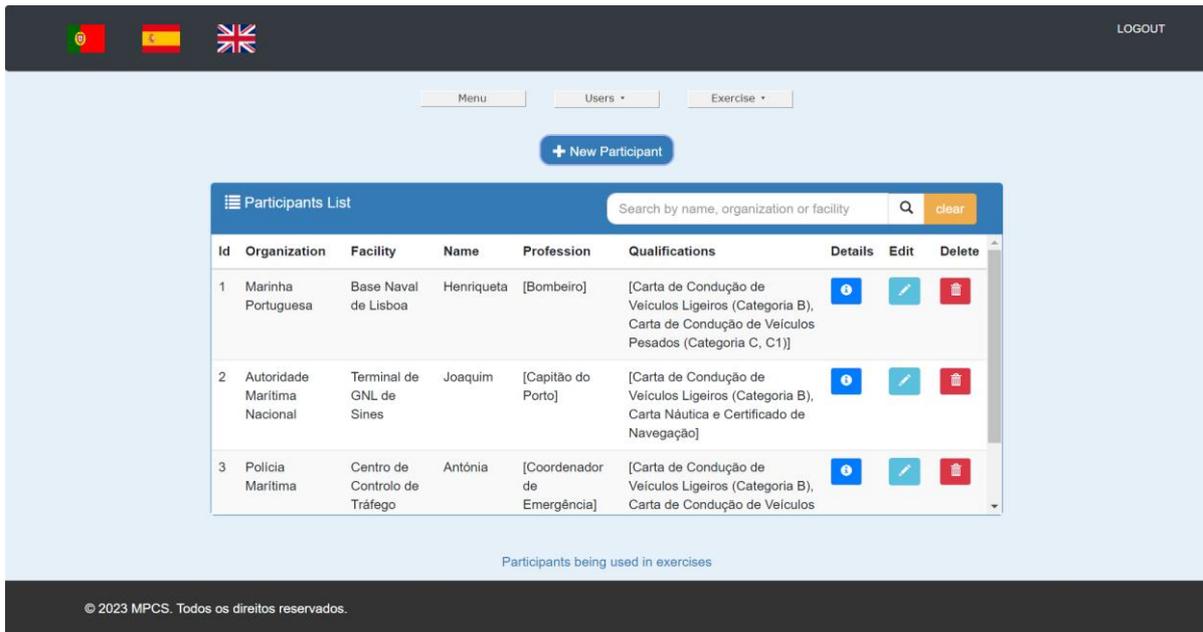


Figura 57 : (B) Interface que permite ver a lista dos participantes presentes na aplicação

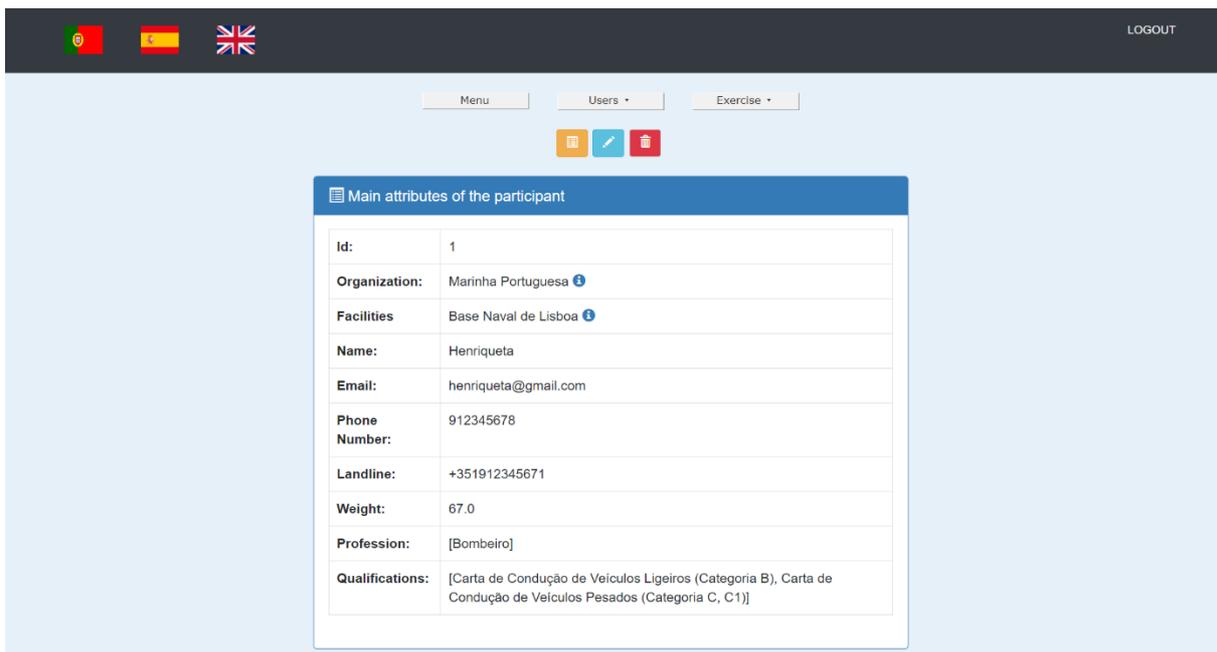


Figura 58 : (B) Interface para ver os detalhes de um participante

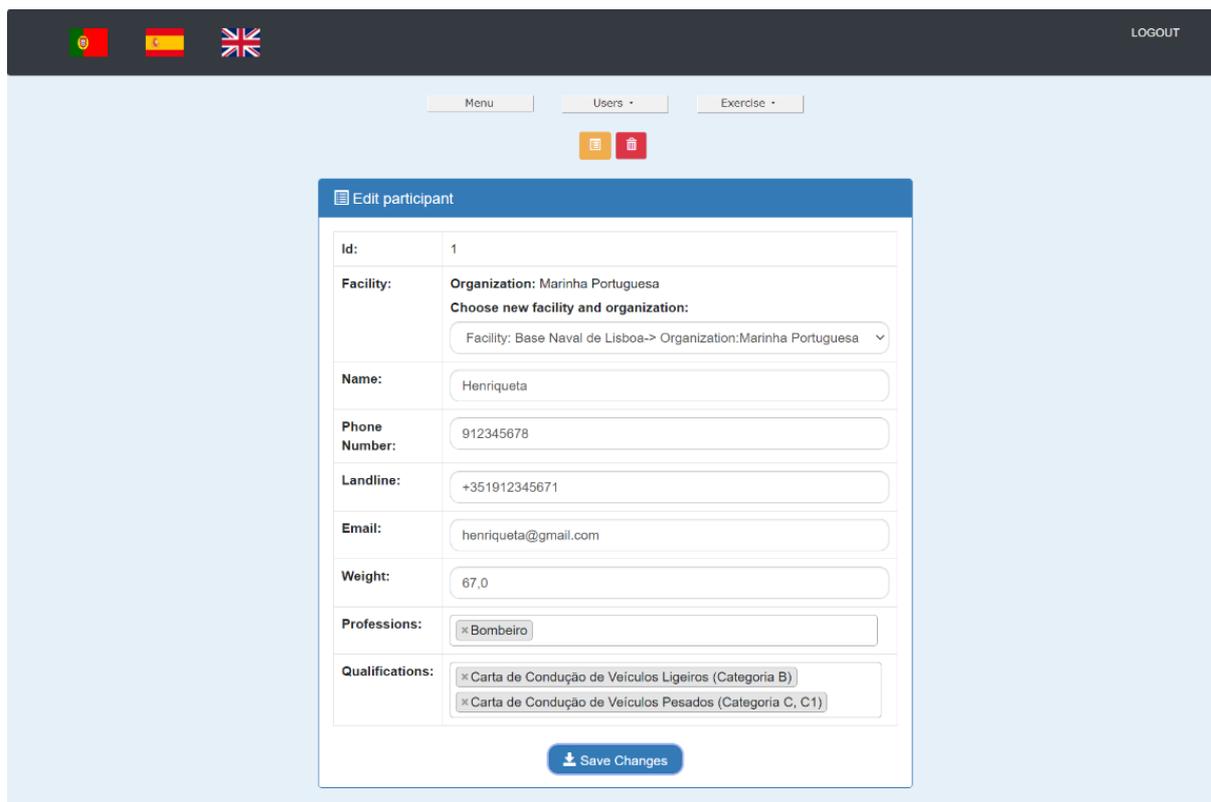


Figura 59 : (B) Interface de edição de um participante

B.4 Interfaces consumível

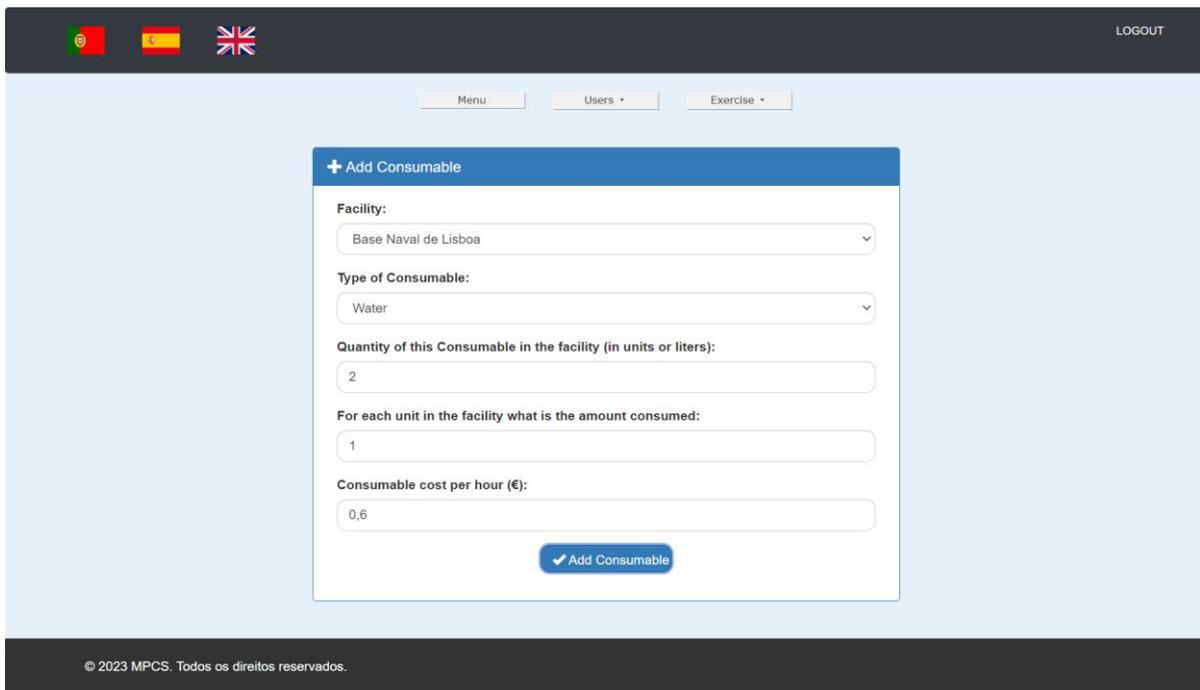


Figura 60 : (B) Interface para adicionar um consumível

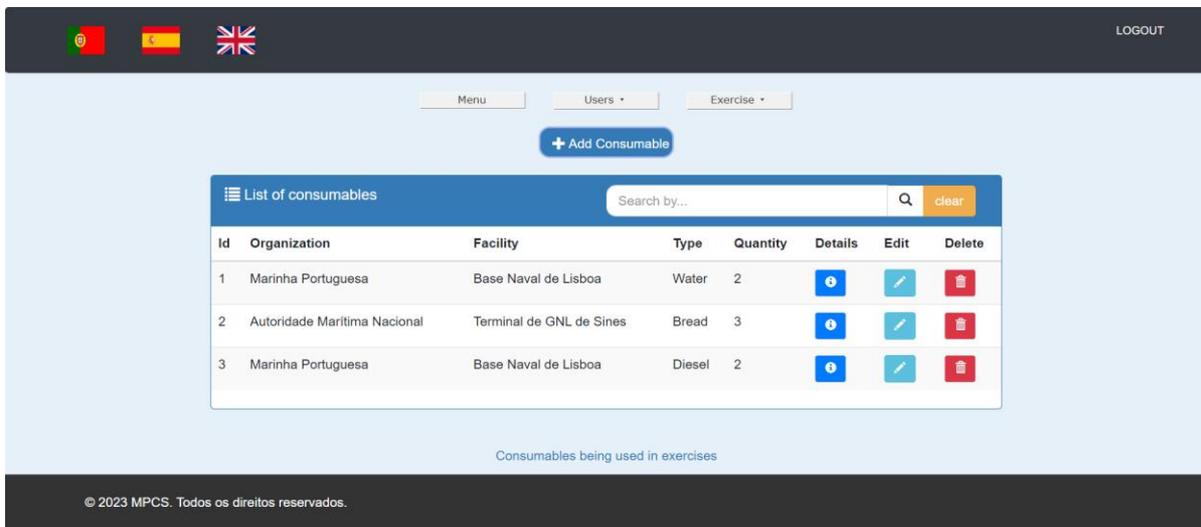


Figura 61 : (B) Interface para ver a lista de consumíveis presentes na aplicação

B.5 Interfaces Equipamentos

The screenshot displays a web application interface for adding communication equipment. At the top, there are three flags (Portugal, Espanha, Reino Unido) and a 'LOGOUT' button. Below the header is a navigation bar with 'Menu', 'Users', and 'Exercise' buttons. The main content area features a blue-bordered box titled '+ Add Communication Equipment'. Inside this box, the following fields are present:

- Facility:** Base Naval de Lisboa
- Type:** Telephone
- Communication equipment name:** Samsung S10
- Communication equipment model:** S10
- Communication equipment brand:** Samsung
- Quantity of this equipment in the facility (in units):** 1
- Communication equipment weight (Kg):** 0,2
- Area occupied by the equipment (m²):** 0,2
- Communication equipment cost per hour (€):** 0,5
- Communication equipment power supply:** Battery
- Media:** Tipo de dados transmitidos pelo sistema de comunicação (ex: dados, voz, vídeo, imagem...etc) - Audio
- Range (m):** Alcance da comunicação é a distância máxima que o equipamento pode alcançar para se comunicar com outros dispositivos (em metros) - 20

At the bottom of the form is a blue button with a checkmark and the text 'Add Equipment'. The footer of the page contains the copyright notice: '© 2023 MPFS. Todos os direitos reservados.'

Figura 62 : (B) Interface de adição de um equipamento de comunicação

Portugal Spain United Kingdom

LOGOUT

Menu Users Exercise

+ Add Skimmer

Facility:
Base Naval de Lisboa

Type of Skimmer:
Drum Skimmer

Skimmer name:
YSkimmer

Skimmer model:
YSkimmerY

Skimmer brand:
YYYSkimmer

Quantity of this equipment in the facility (in units):
2

Skimmer weight (Kg):
50

Area occupied by the skimmer (m²):
2

Skimmer cost per hour (€):
4,5

Skimmer power supply:
None

Numbers of users needed to use:
2

Number of users to load the skimmer:
3

Performance of the skimmer (liters of pollutants removed per hour):
7

Operating speed of the skimmer (m/s): (e.g., speed at which the skimmer operates in meters per second)
8

Treatment capacity of the skimmer (liters of pollutants treated per hour):
8

Energy consumption of the skimmer (kilowatts per hour):
2

Response time of the skimmer since is activated (seconds):
4

Type of pollutants the skimmer is most effective at removing:
Oil

✓ Add Skimmer

© 2023 MPSCS. Todos os direitos reservados.

Figura 63 : (B) Interface de adição de um Skimmer

Portugal Spain United Kingdom

LOGOUT

Menu Users Exercise

+ Add Boom

Facility:
Base Naval de Lisboa

Type of Boom:
Absorbent Boom

Boom name:
YBoom

Boom model:
YYBoom

Boom brand:
YYYBoomYYY

Quantity of this equipment in the facility (in units):
2

Boom weight (Kg):
500

Area occupied by the Boom (m²):
20

Boom cost per hour (€):
6

Boom power supply:
None

Numbers of users needed to use:
3

Number of users to load the boom:
3

Velocity Threshold (m/s): Velocidade do vento ou da corrente acima da qual a boom não é eficaz na contenção do petróleo.
7

Wave Height Threshold (m): Altura das ondas acima da qual a boom não é eficaz na contenção do petróleo.
3

Length (m):
50

Has Buffer:

Buffer Distance (m):
2

✓ Add Boom

© 2023 MPSCS. Todos os direitos reservados.

Figura 64 : (B) Interface de adição de uma Boom

Portugal Espanha Reino Unido

LOGOUT

Menu Users Exercise

+ Add Maritime Vehicle

Facility:
Base Naval de Lisboa

Type of Maritime vehicle:
Ship

Maritime vehicle name:
ShipX

Maritime vehicle model:
XShip

Maritime vehicle brand:
XShipX

Quantity of this equipment in the facility (in units):
2

Number of passengers that the Maritime vehicle supports:
10

Qualifications that are required for this vehicle:
* Carta Náutica e Certificado de Navegação
[New Qualification](#)

Maritime vehicle weight (kg):
2000

Area occupied by the Maritime vehicle (m²):
10

Maritime vehicle cost per hour (€):
4

Maritime vehicle power supply:
Diesel

Max load capacity of the Maritime vehicle (kg):
800

Maritime vehicle Consumption (lt/mi):
2

Maritime vehicle Autonomy (mi):
500

Maritime vehicle fuel capacity (lt):
100

Average vehicle speed (mi/s):
2

© 2023 MPSCS. Todos os direitos reservados.

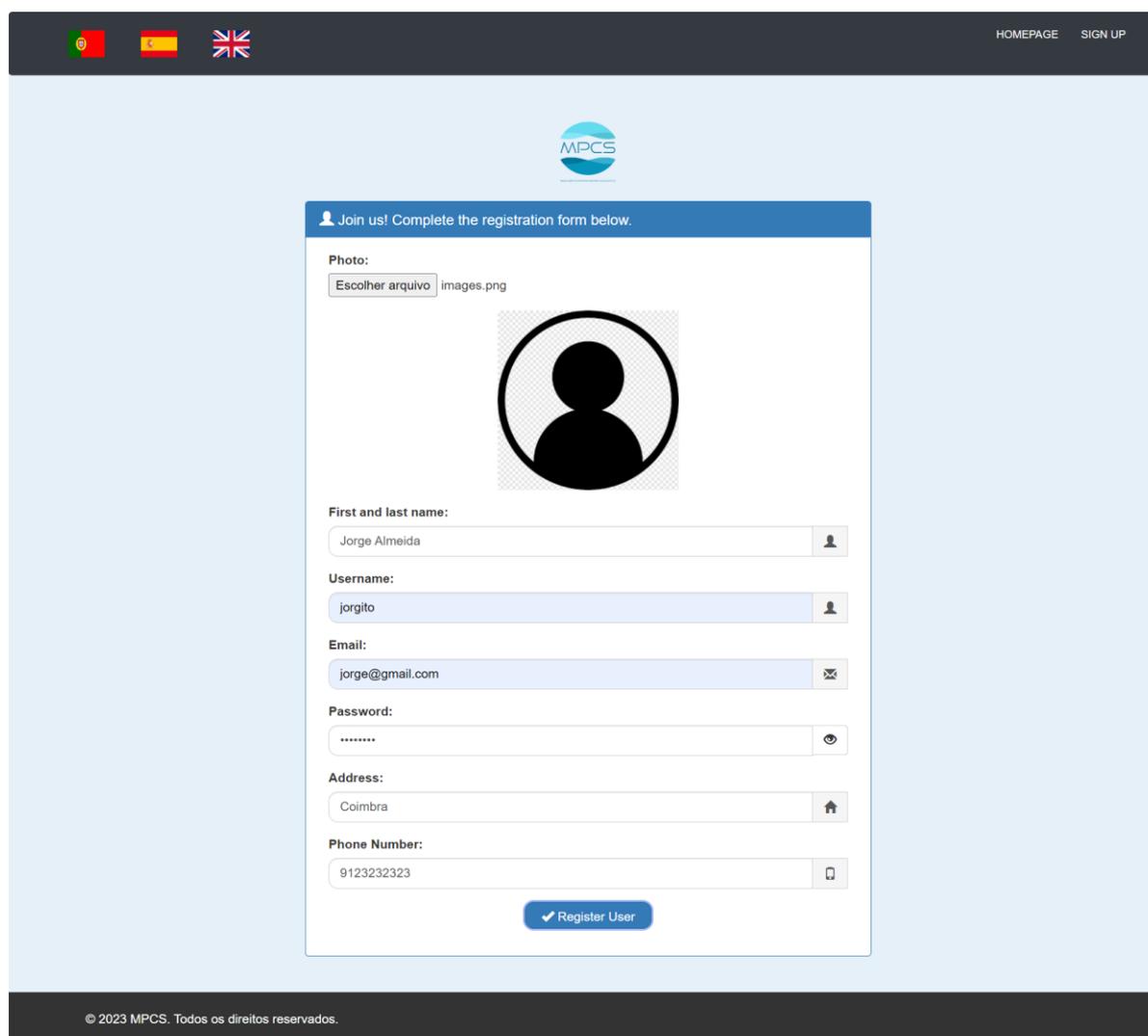
Figura 65 : (B) Interface de adição de um veículo marítimo

Nota: As interfaces não incluídas nesta lista são semelhantes às mencionadas para outros tipos de equipamentos, portanto, os screenshots das mesmas não são necessários.

Apêndice C

Aqui encontram-se screenshots referentes as funcionalidades que têm haver com a gestão de utilizadores e ainda não foram mostradas na dissertação.

C.1 Gestão de utilizadores



The screenshot displays a user registration form within a web application. At the top, there are three flags (Portugal, Espanha, Reino Unido) and navigation links for 'HOMEPAGE' and 'SIGN UP'. The MPCPS logo is centered above the form. The form itself is titled 'Join us! Complete the registration form below.' and includes the following fields: 'Photo' (with a file selection button and a placeholder image), 'First and last name' (filled with 'Jorge Almeida'), 'Username' (filled with 'jorgito'), 'Email' (filled with 'jorge@gmail.com'), 'Password' (masked with dots), 'Address' (filled with 'Coimbra'), and 'Phone Number' (filled with '9123232323'). A 'Register User' button is located at the bottom of the form. The footer contains the copyright notice: '© 2023 MPCPS. Todos os direitos reservados.'

Figura 66 : (C) Interface de registo dos utilizadores na aplicação

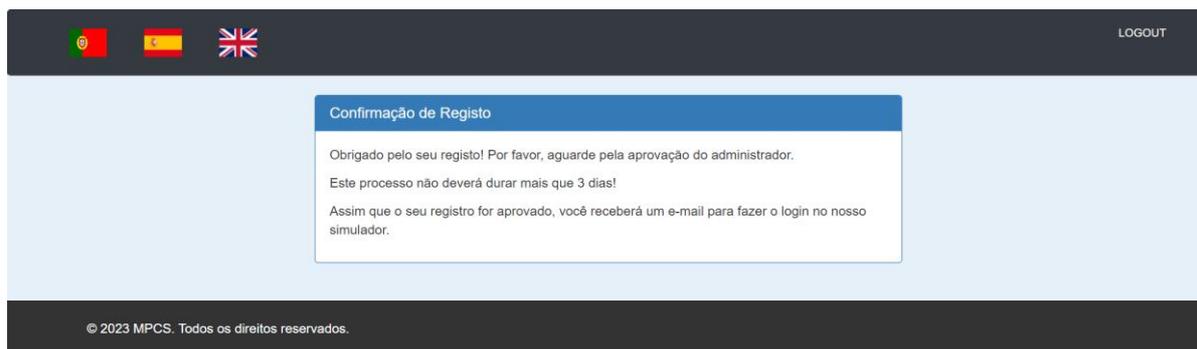


Figura 67 : (C) Interface que aparece ao utilizador após este preencher o formulário de registo

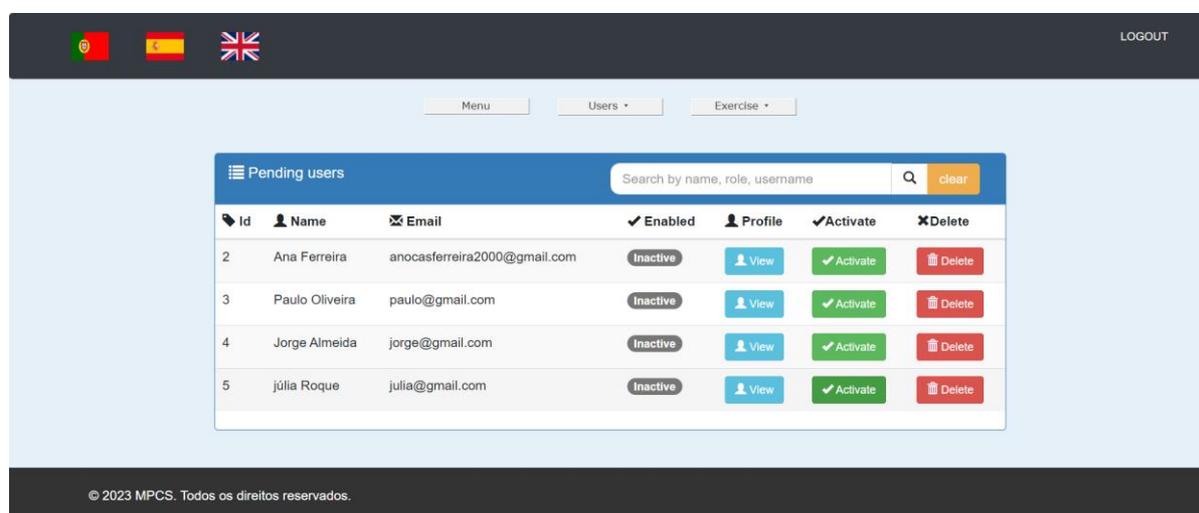


Figura 68 : (C) Interface que permite ao Gestor MPCs ver os pedidos de registo

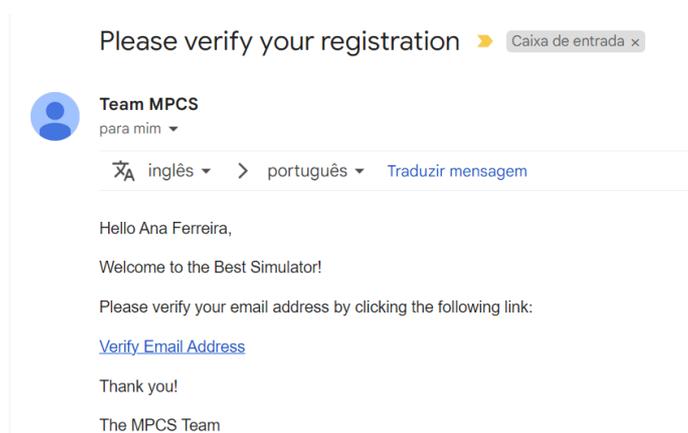


Figura 69 : (C) Email que o utilizador recebe quando o seu perfil é ativado no sistema

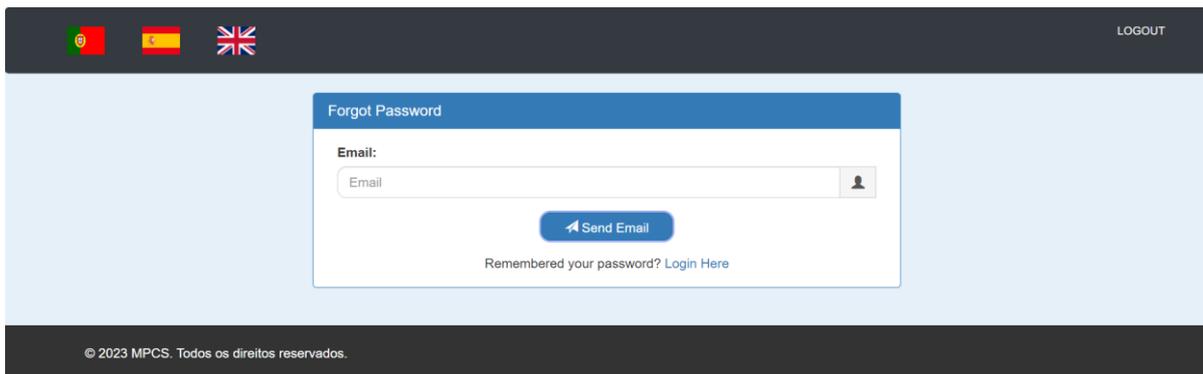


Figura 70 : (C) Interface para definir uma nova palavra-passe se necessário

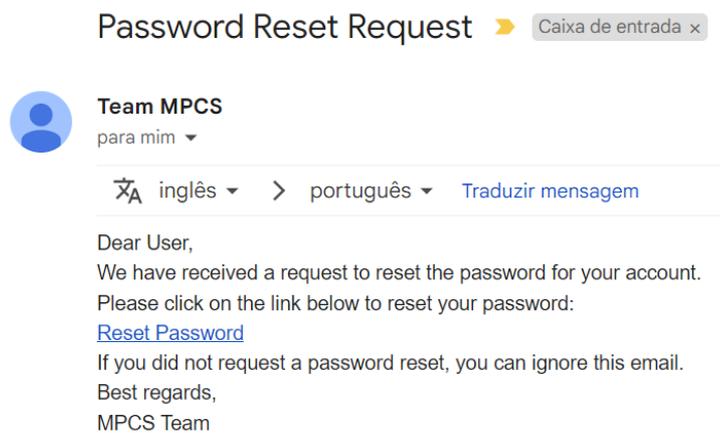


Figura 71 : (C) Email que o utilizador recebe após ter inserido o seu email na interface da figura 70. Deverá clicar no link "Reset Password" para definir uma nova palavra-passe

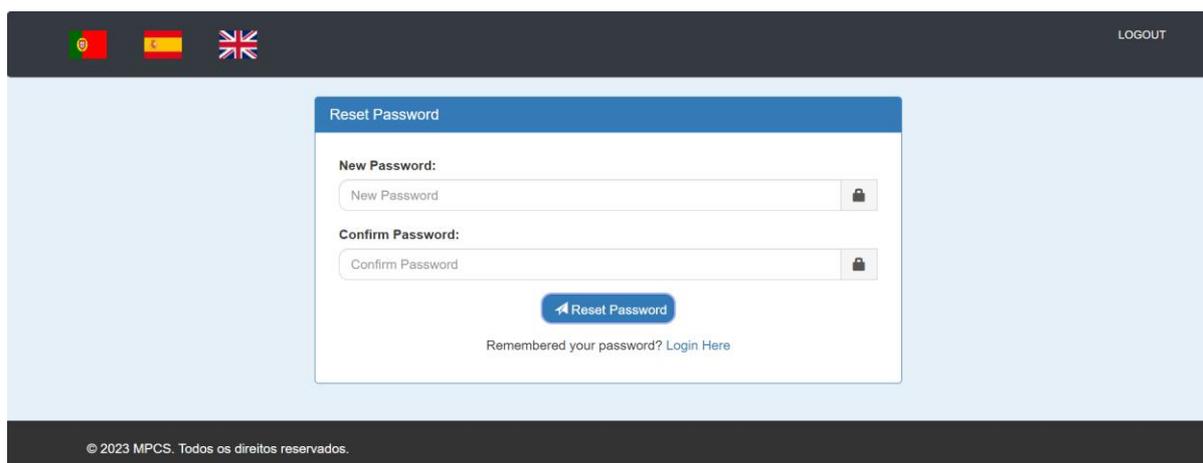


Figura 72 : (C) Interface para o utilizador inserir uma nova palavra-passe

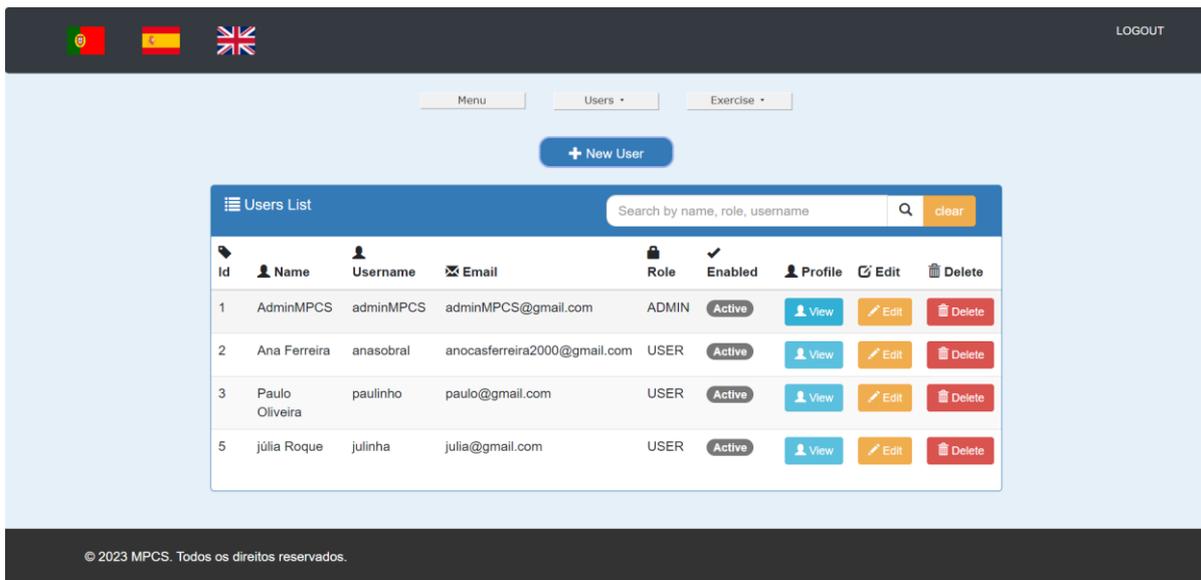


Figura 73 : (C) Interface que permite ao Gestor MPCS ver todos os utilizadores do sistema

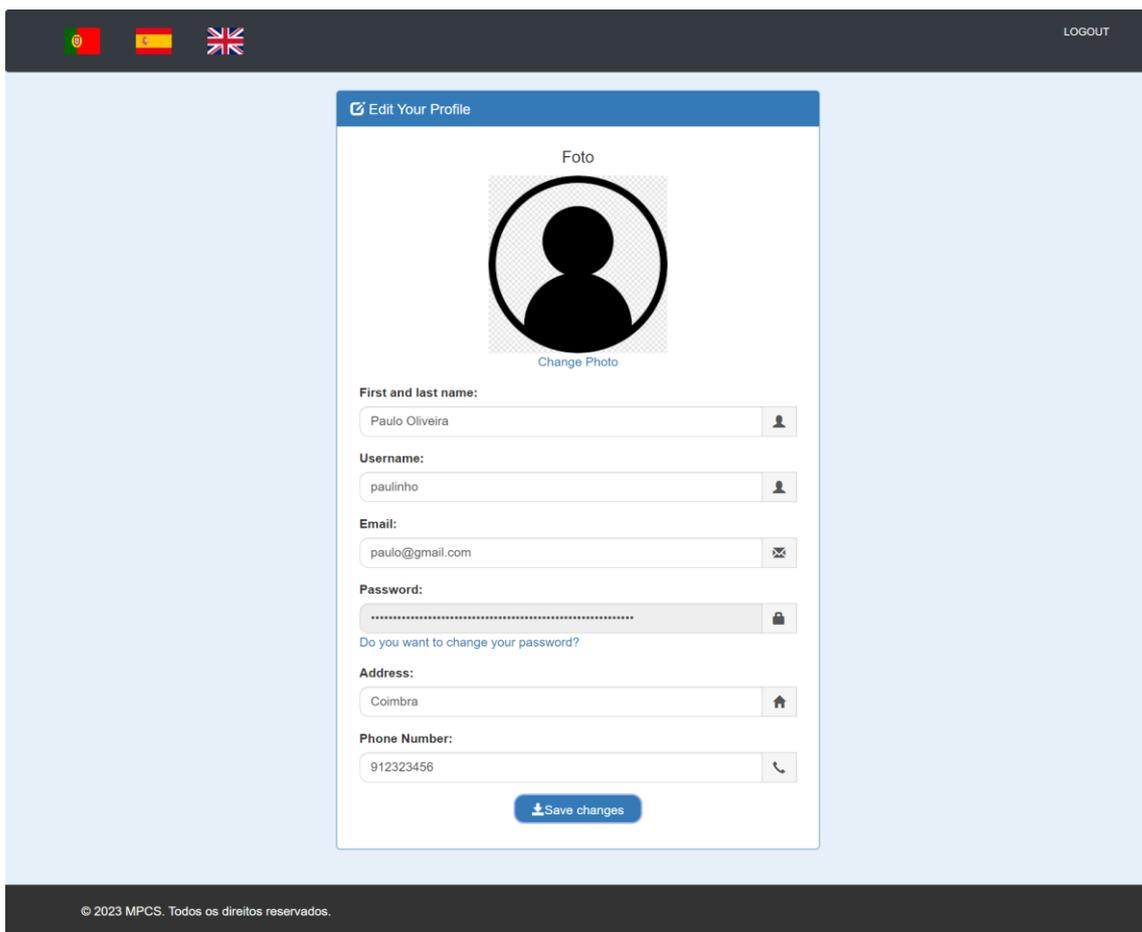


Figura 74 : (C) Interface que permite ao utilizador editar as suas informações pessoais

Apêndice D

Neste apêndice é mostrado o processo de configuração de um exercício.

D.1 Configuração de um exercício

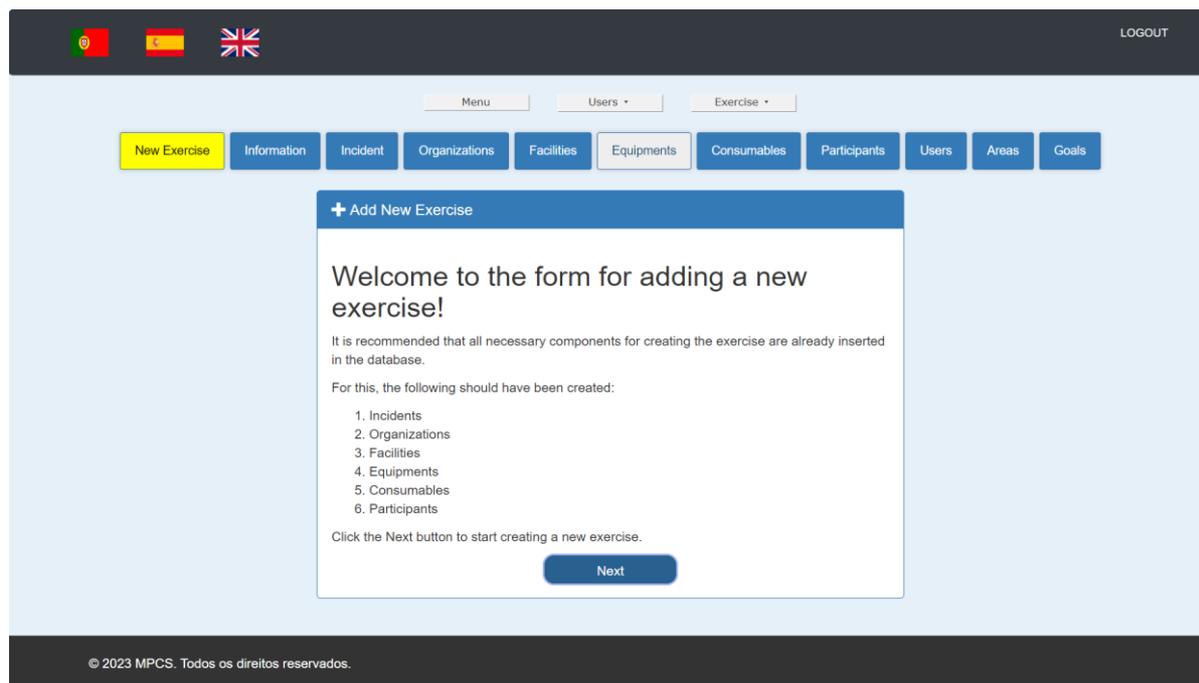


Figura 75 : (D) Tab 1 do processo de configuração do exercício

Esta é a interface que permite começar o processo de criação de um exercício. Nela, o utilizador apenas tem que clicar no botão “Next” para ser direcionado para a tab 2 – “Information”.

The screenshot displays the MPCCS web interface. At the top, there are flags for Portugal, Spain, and the UK, and a 'LOGOUT' link. Below the header is a navigation bar with buttons for 'Welcome', 'Information' (highlighted in yellow), 'Incident', 'Organizations', 'Facilities', 'Equipments', 'Consumables', 'Participants', 'Users', 'Areas', and 'Goals'. A secondary navigation bar contains 'Menu', 'Users', and 'Exercise'. The main content area features a form titled '+ Add Information's to Exercise'. The form fields are: 'Start Date' (07/09/2023 21:49), 'End Date' (08/09/2023 21:49), 'Description' (Exercicio de Combate à poluição no Estuário do Tejo), 'Type' (Training), and 'Objective' (criar exercicio). A 'Next' button is located at the bottom of the form. The footer contains the text '© 2023 MPCCS. Todos os direitos reservados.'

Figura 76 : (D) Tab 2 do processo de criação do exercício

Nesta interface o Gestor MPCCS tem que inserir as informações do exercício que são: a data inicial, a data final, a descrição, o tipo e o objetivo. De seguida, apenas tem que clicar no botão “Next” para ser direcionado para a tab 3 – “Incident”.

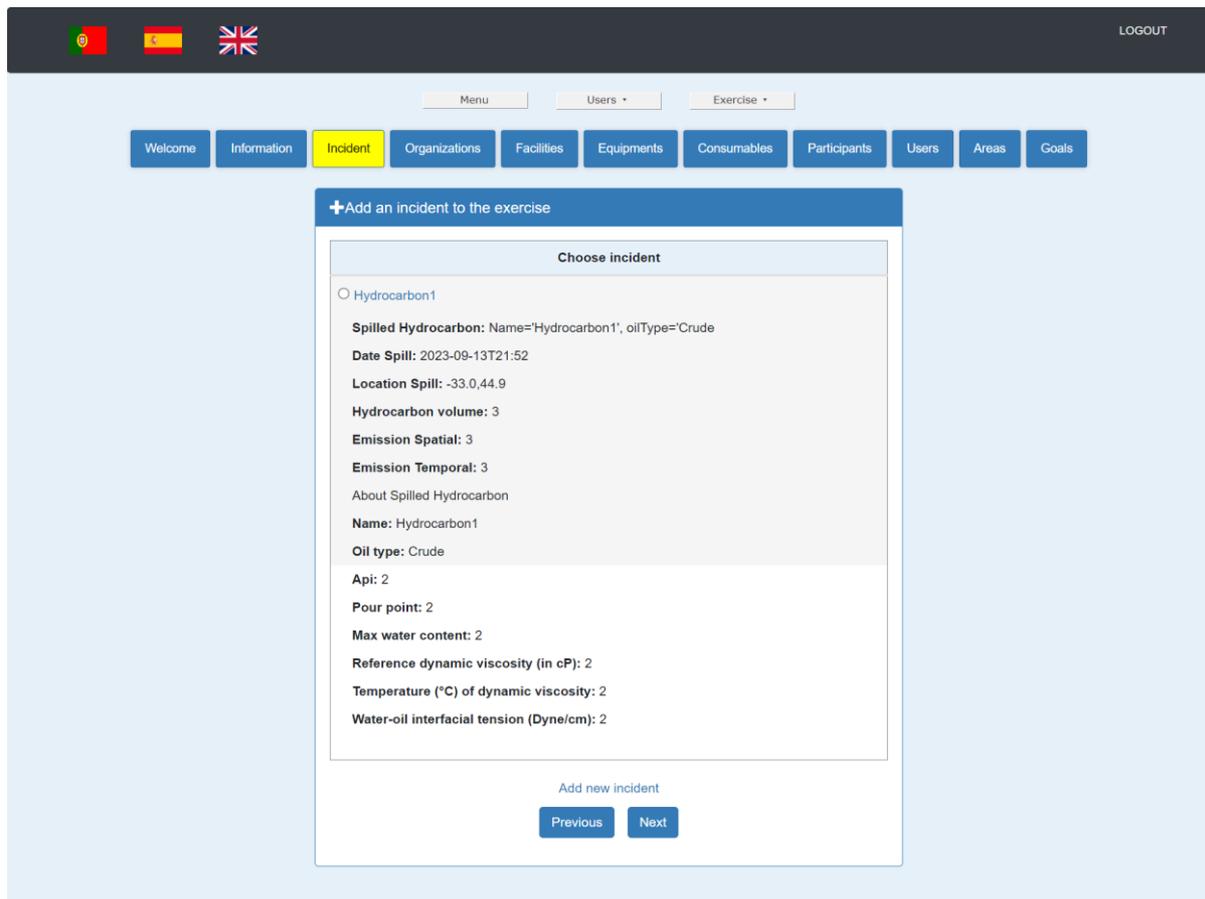


Figura 77 : (D) Tab 3 do processo de criação do exercício

Nesta interface, o Gestor MPCS tem que escolher o incidente e consequentemente o tipo de hidrocarboneto presente no exercício. O Gestor MPCS deve clicar no botão “Next” para ser direcionado para a tab 4 – “Organizations”.

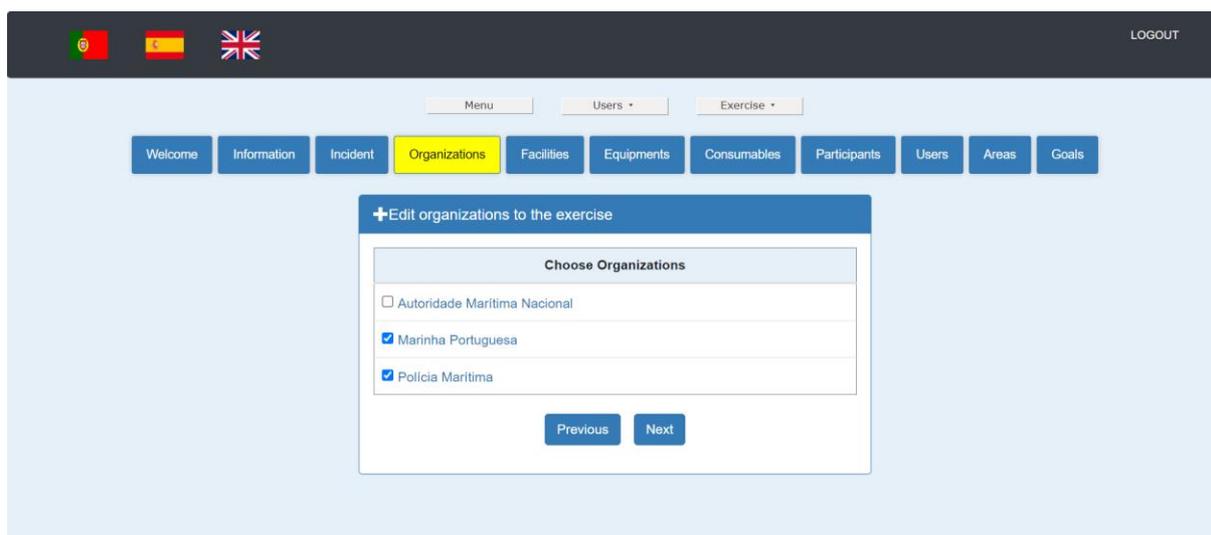


Figura 78 : (D) Tab 4 do processo de criação de um exercício

Nesta interface o Gestor MPCCS deve escolher as organizações que vão estar presentes no exercício.

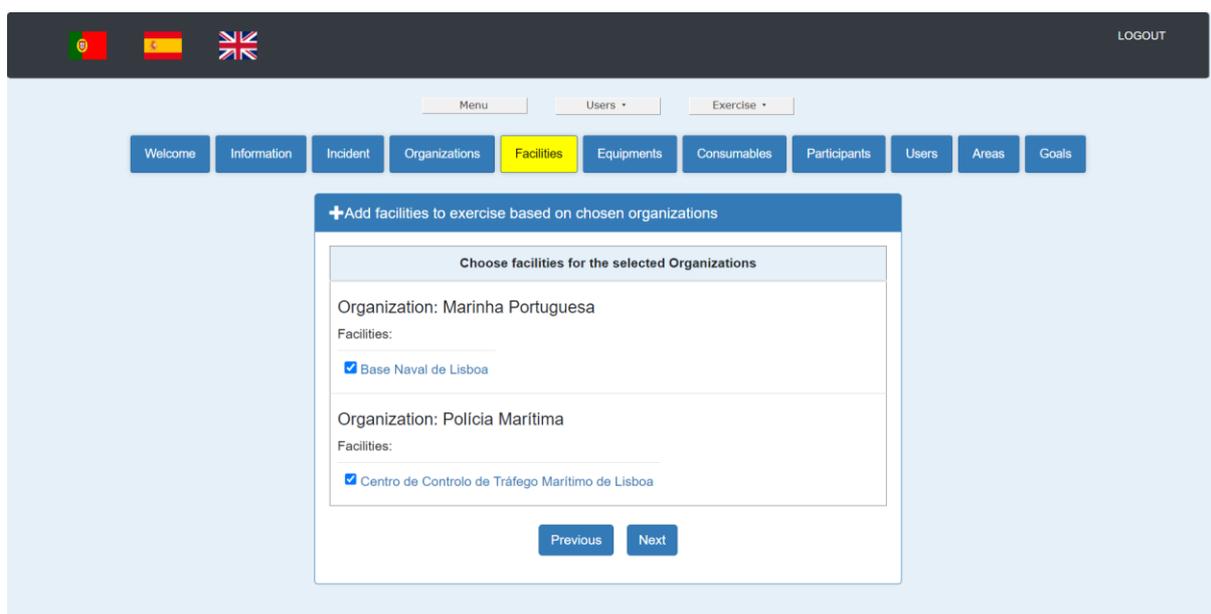


Figura 79 : (D) Tab 5 do processo de criação de um exercício

Nesta interface o Gestor MPCCS deve escolher as instalações que vão estar no exercício de acordo com as organizações escolhidas anteriormente.

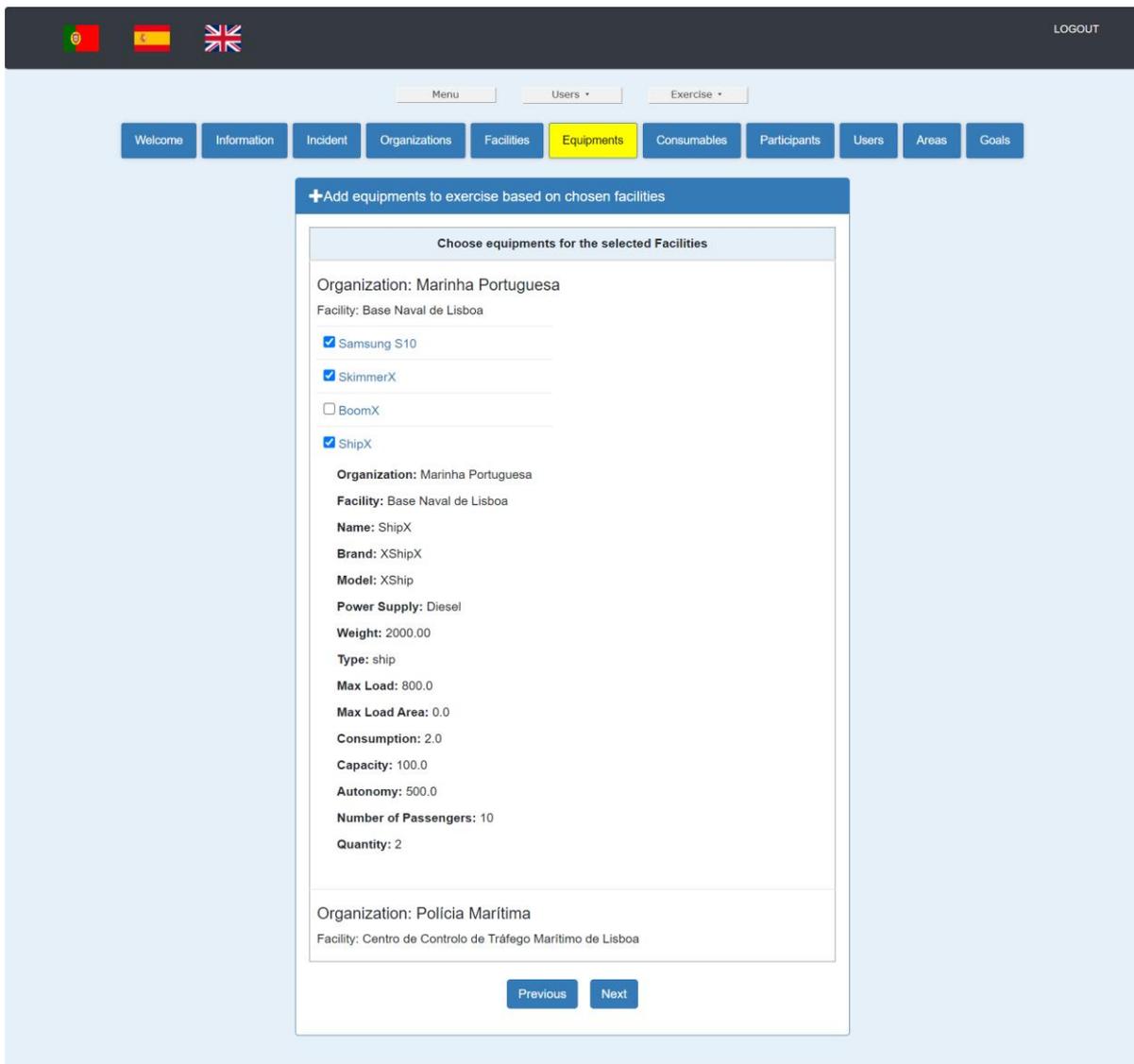


Figura 80 : (D) Tab 6 do processo de criação de um exercício

Nesta interface o Gestor MPCs deve escolher os equipamentos que vão estar no exercício de acordo com as instalações escolhidas anteriormente.

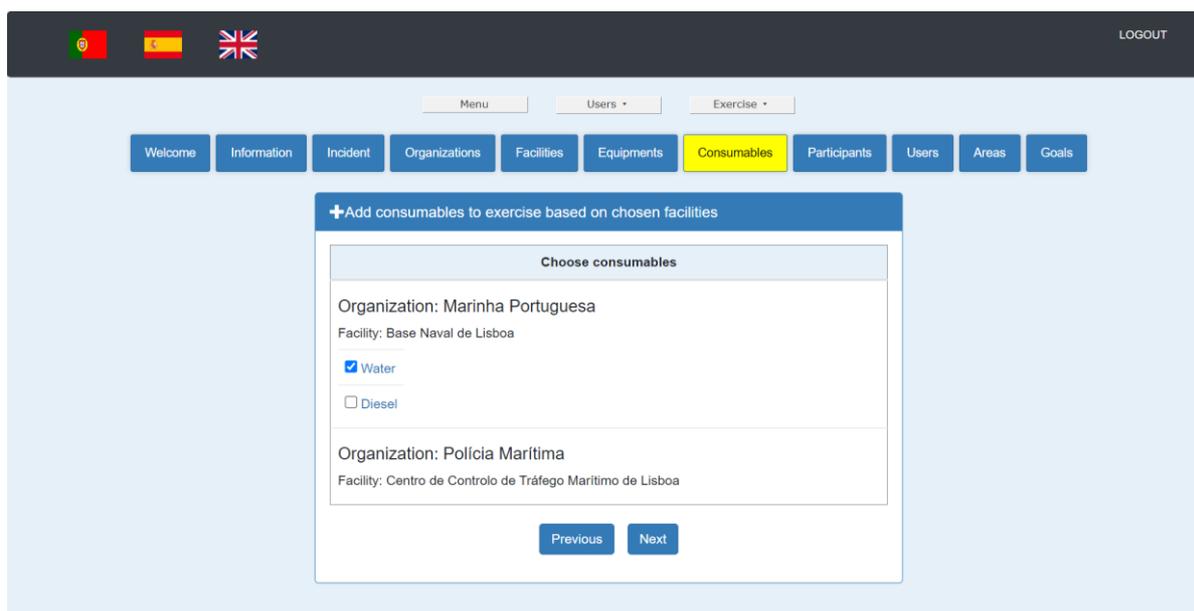


Figura 81 : (D) Tab 7 do processo de criação de um exercício

Nesta interface o Gestor MPCS deve escolher os consumíveis que vão estar no exercício de acordo com as instalações escolhidas anteriormente.

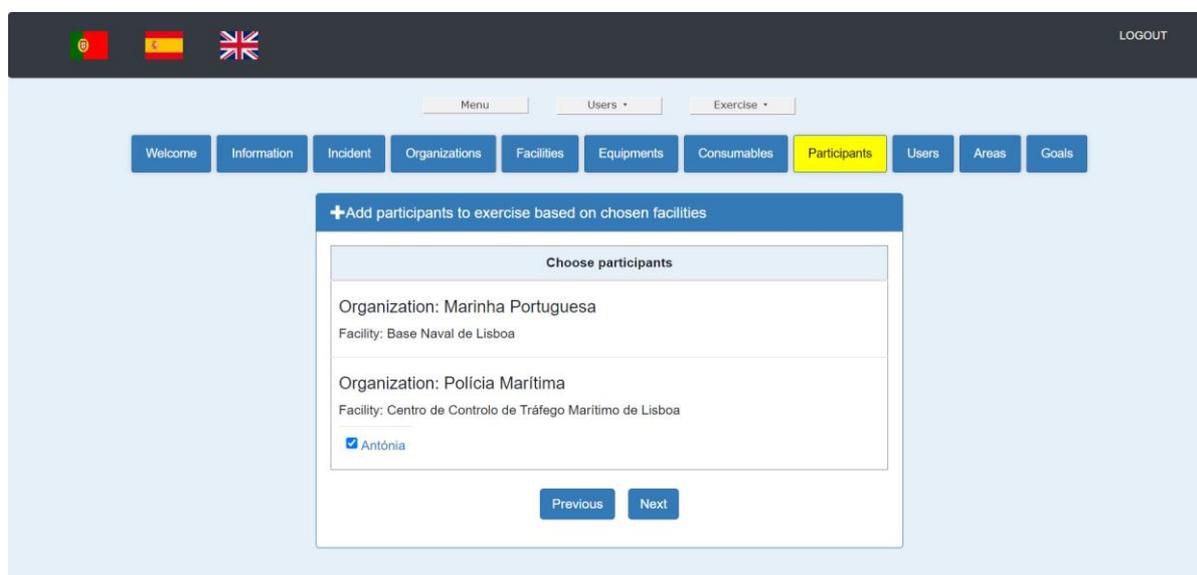


Figura 82 : (D) Tab 8 do processo de criação de um exercício

Nesta interface o Gestor MPCS deve escolher os participantes que vão estar no exercício de acordo com as instalações escolhidas anteriormente.

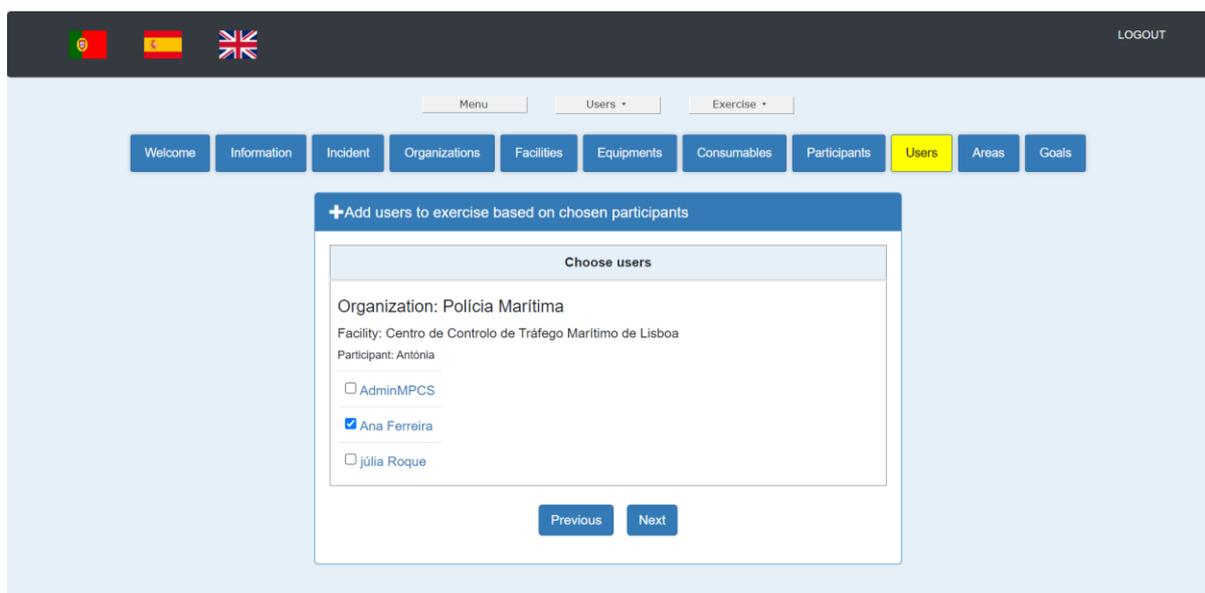


Figura 83 : (D) Tab 9 do processo de criação de um exercício

Nesta interface o Gestor MPCCS associa utilizadores aos participantes. Neste caso, para este exercício apenas foi escolhido um participante e quem vai assumir o papel desse participante no exercício de simulação é a Ana Ferreira.

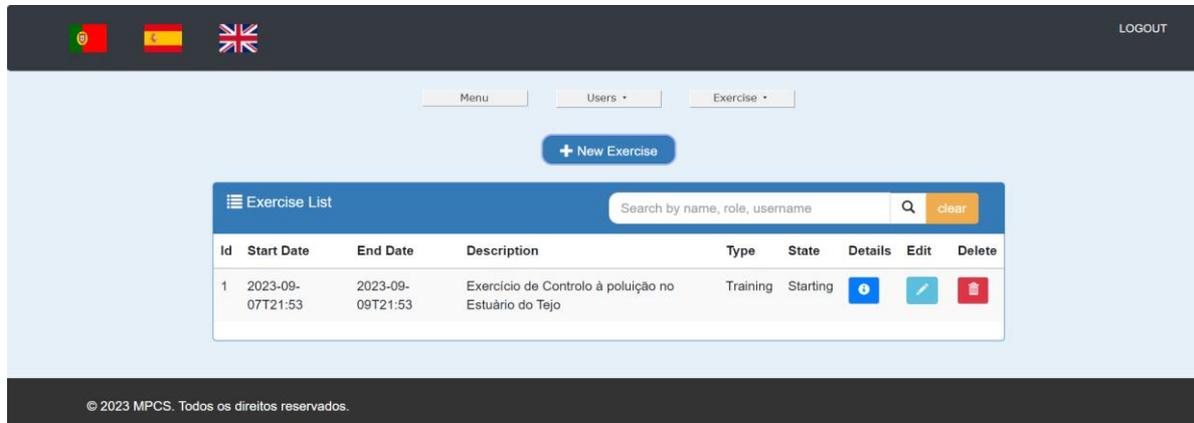


Figura 84 : (D) Interface que mostra ao Gestor MPCCS os exercícios que existem na aplicação
Esta é a interface que mostra ao Gestor MPCCS a lista de exercícios configurados.

You have been invited to participate in an MPCS simulation exercise > Caixa de entrada x



Team MPCS

para mim ▾

HelloAna Ferreira,

Welcome to the Best Simulator!

You have been invited to participate in an MPCS simulation exercise

The initial date is: 2023-09-07T21:53

It is recommended that on the day of the exercise you are ready on time!

To participate in the simulation, you must login to the MPCS website and wait in the lobby for the simulation exercise to start.

Thank you!

The MPCS Team

Figura 85 : (D) Email que um utilizador recebe quando é convocado para participar num

Este screenshot representa o email que o utilizador recebe após ser associado a um participante.

