



**FEUP**

**Sistema de Planeamento e Controlo de Execução para Veículo de  
Superfície Não Tripulado**

Relatório Intermédio

Equipa E

Orientador João Sousa

Líder da Equipa Carlos Pinto

Projeto desenvolvido do âmbito da unidade curricular  
Sistemas de Engenharia - Automação e Instrumentação do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

## Registo de Versões

Versão	Data	Descrição
0.1	13/11/2020	Criação do documento base segundo o template definido
0.2	14/11/2020	Preenchimento da Motivação do Documento
0.3	14/11/2020	Contextualização do projeto e apresentação do veículo e do desafio proposto
0.4	14/11/2020	Esboço da arquitetura proposta
0.5	14/11/2020	Descrição do Papel da LSTS Toolchain no sistema
0.6	23/11/2020	Inserção dos tópicos abordados na apresentação
0.7	27/11/2020	Análise do documento pelo orientador
0.8	28/11/2020	Correção dos erros apontados e implementação de outras sugestões
0.9	28/11/2020	Validação final

## **Abreviaturas e Acrónimos**

AIS	<i>Automatic Identification System</i>
GCS	<i>Ground Control Station</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IO	<i>Inputs and Outputs</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LoRa	<i>Long Range protocol</i>
LSTS	Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática
NMEA	<i>National Marine Electronics Association data format</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
SBS	<i>System Breakdown Structure</i>
UMAHS	<i>Unmanned Maritime Autonomous System for Hydrographic Studies</i>
USV	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>

## **Sumário Executivo**

Serve o presente relatório para apresentar o conceito do projeto em desenvolvimento pela equipa E no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Engenharia - Automação e Instrumentação.

O projeto proposto é apresentado no secção 2 e consiste na a adaptação de uma embarcação da marinha portuguesa de forma a que esta seja autónoma e integrada a uma plataforma comum a outros veículos da marinha. O veículo original é brevemente descrito bem como a sua arquitetura de software.

A secção 3 elabora no papel da toolchain de software LSTS como um ponto fulcral da solução proposta, nomeadamente o DUNE e o Neptus. O DUNE é o software de bordo e desempenha um papel importante devido às suas funcionalidades já implementadas no que diz respeito a controlo de veículos marítimos, bem como a sua modularidade e escalabilidade. O Neptus constitui a interface do utilizador, para que possa planear e enviar missões, e apresenta facilidade de integração com a embarcação em questão e tem já sido usado por outros veículos da marinha, sendo esta interoperabilidade já inerente à sua utilização.

A abordagem sob a ótica de Sistemas de Engenharia é apresentada na secção 4. A solução proposta é brevemente descrita explicitando o conceito de funcionamento da embarcação após a finalização do projeto: uma estação de controlo envia missões, que são recebidas pela embarcação que a executa e mantém a estação de controlo atualizada sobre o estado da missão. São também explicitadas as interações que um utilizador pode ter com o sistema, bem como as interações (troca de mensagens) dentro do software que corre na embarcação.

A secção 5 apresenta componentes organizacionais relativas a gestão de projeto, nomeadamente a forma como a equipa foi organizada em papéis de líder, sub-líder, coordenador de documentação, entre outros, bem como a sua estruturação em sub-equipas de desenvolvimento. A partição do projeto em tarefas é apresentada como uma WBS e a sua distribuição pela equipa é apresentada num diagrama de Gantt. É também apresentado o orçamento do projeto, uma análise de riscos preliminar e KPI's que forma considerados para o sucesso do projeto, bem como a metodologia de teste para os verificar.

O documento termina com o estado atual do projeto, presente na secção 6 que apresenta tarefas realizadas, dificuldades sentidas e interações com o cliente.

# Índice

<b>Lista de Tabelas</b>	<b>5</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>6</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>7</b>
<b>2 Contextualização e Descrição do Projeto</b>	<b>8</b>
2.1 Desafio proposto . . . . .	8
2.2 Apresentação do veículo . . . . .	8
2.3 Arquitetura de Software Original . . . . .	9
2.3.1 <i>On-Board</i> . . . . .	9
2.3.2 Software Instalado . . . . .	10
2.4 Objetivos a cumprir . . . . .	11
<b>3 Estudo da Aplicação da LSTS Toolchain do Projeto</b>	<b>12</b>
3.1 Papel do DUNE no sistema . . . . .	12
3.2 Papel do Neptus no sistema . . . . .	12
<b>4 Conceito do Sistema</b>	<b>14</b>
4.1 SBS . . . . .	14
4.2 Arquitetura Funcional e Mapeamento em Dispositivos Computacionais . . . . .	14
4.3 Casos de Uso do Sistema . . . . .	16
4.4 Diagramas de Fluxo de Mensagens . . . . .	17
<b>5 Gestão de Projeto</b>	<b>18</b>
5.1 Elementos da Equipa . . . . .	18
5.1.1 Subequipes . . . . .	18
5.2 WBS . . . . .	19
5.3 Distribuição temporal de tarefas . . . . .	20
5.4 Orçamento . . . . .	22
5.5 Análise de Riscos . . . . .	22
5.6 KPI . . . . .	23
5.6.1 KPI's de equipa . . . . .	23
5.6.2 KPI's do Projeto . . . . .	24
5.7 Metodologia de Teste: Bottom-up Testing . . . . .	25
<b>6 Execução do Projeto</b>	<b>26</b>
6.1 Interacção com o cliente . . . . .	28
<b>Referências</b>	<b>29</b>
<b>Anexo A Manual de Qualidade</b>	<b>30</b>
<b>Anexo B Análise de Mercado</b>	<b>51</b>
<b>Anexo C Lista de Requisitos</b>	<b>68</b>
<b>Anexo D Conceito de Sistema</b>	<b>84</b>

## **Lista de Tabelas**

1	Requisitos funcionais . . . . .	11
2	Orçamento estimado do Projeto . . . . .	22
3	Riscos . . . . .	23
4	KPI's de equipa . . . . .	24
5	KPI's do Projeto . . . . .	24

## **Lista de Figuras**

1	Catamarã X-2601 . . . . .	7
2	Catamarã X-2601 . . . . .	8
3	Arquitetura Original do Sistema, antes dos desenvolvimentos . . . . .	9
4	Subsistema On-board e seus componentes . . . . .	10
5	Software OpenCPN . . . . .	10
6	Interface Original da GCS . . . . .	11
7	Interfaces oferecidas pelo Neptus . . . . .	13
8	System Breakdown Structure . . . . .	14
9	Estado final do sistema . . . . .	15
10	Diagrama de Casos de Uso . . . . .	16
11	Descrição das comunicações trocadas entre as partes do sistema . . . . .	17
12	Diagrama do Work Breakdown Structure . . . . .	20
13	Diagrama de Gantt do desenvolvimento do projeto . . . . .	21
14	Ilustração da metodologia Bottom-up no projeto . . . . .	26
15	Diagrama do WBS com execução das tarefas . . . . .	27

# 1 Introdução

Este documento constitui o relatório intermédio do projeto denominado Sistema de Planeamento e Controlo de Execução para Veículo de Superfície Não Tripulado, integrado na unidade curricular de Sistemas de Engenharia Automação e Instrumentação. Consiste na integração do veículo X-2601 da Marinha Portuguesa com o software da toolchain do LSTS.



Figura 1: Catamarã X-2601

O documento está dividido em 6 secções. A primeira secção (2) apresenta-se com maior detalhe o veículo (apresentado na figura 1), contextualiza-se o problema, com os seus desafios e necessidades a cumprir e apresenta-se o estado original do software implementado.

A secção 3 resulta do estudo efetuado sobre a LSTS toolchain e justifica as vantagens que a sua implementação traz ao projeto, tanto no caso do DUNE como do Neptus.

Segue-se a secção 4, que é dedicada a toda a apresentação da proposta: o Conceito de Sistema. Divide-se numa análise de alto nível (em 4.1), qual a arquitetura funcional planeada e o correspondente mapeamento dos módulos de software em dispositivos computacionais (4.2). De seguida, estuda-se o diagrama de casos de Uso da solução (4.3) e a secção termina com a descrição do fluxo de mensagens entre os módulos do sistema (4.4).

A secção de Gestão de Projeto é numerada como 5 e enumera todos os pontos relevantes para uma boa preparação da solução e alcançar o sucesso do projeto. Deste consta uma descrição das equipas e divisão de tarefas, o método de trabalho, a divisão temporal das tarefas, orçamentação, pontos para a avaliação de performance e por fim metodologia de testes.

Por fim, a última secção (6) traduz o estado atual da implementação e também descreve de que forma tem ocorrido a interação com o cliente.

## 2 Contextualização e Descrição do Projeto

Ao longo das últimas décadas, os veículos marítimos têm sido uma ferramenta crucial no que toca à protecção e patrulhamento da área costeira nacional. O recurso a veículos autónomos permite assim aumentar a longevidade e precisão das embarcações, projetar missões ininterruptas mais longas e corresponder a situações mais complexas e exigentes, como o caso de situações de catástrofe e emergência. Em relação aos veículos tripulados, os USV são mais dispendiosos no que toca à fase inicial de desenvolvimento do veículo e procedimentos de manutenção. No entanto, esses gastos podem ser contrabalançados pela ausência de gastos com tripulação e aumento de eficiência, nomeadamente combustíveis no caso de um controlador bem projetado.

Uma maior descrição das funcionalidades dos competidores pode ser encontrado no documento de Análise de Mercado, do Anexo B.

### 2.1 Desafio proposto

A partir do catamarã já operacional, o desafio proposto resume-se à sua integração com o software do Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática (LSTS). Esta alteração permite que, de forma integrada com outros veículos da marinha, se coordene, planeie, controle e monitorize operações. A vantagem da utilização da toolchain[1] prende-se com a expansão de funcionalidades de um veículo já funcional e de operação individual, para uma atuação integrada a baixo custo e implementada num curto horizonte temporal.

### 2.2 Apresentação do veículo

O catamarã X-2601, representado na Figura 2, pertence à frota da Marinha Portuguesa. O veículo é um sistema marítimo Autónomo Hidrográfico (UMAHS), desenvolvido pela Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados (CEOV), que visa ao apoio do Instituto Hidrográfico nos estudos e levantamentos hidrográficos, como rios, estuários e zonas costeiras.



Figura 2: Catamarã X-2601

Para além de permitir o aumento da segurança e alcance dos estudos, o catamarã poderá participar em situações de catástrofe, quando solicitado pela Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil [2]. Isto obriga a que o USV (*Unmanned Surface Vehicle*) tenha que atingir um grau significativo de autonomia e decisão

na navegação, ser robusto ao nível de comunicações e preciso na sua localização. Consideramos que estes é com estes fatores chave bem presentes que devemos abordar o projeto do X-2601.

## 2.3 Arquitetura de Software Original

Originalmente, a solução implementada consistia num Arduino como peça intermédia do sistema: comunicava com a *Ground Control Station*, era programado (*Flashed*) pelo LattePanda e controlava diretamente os atuadores e sensores.

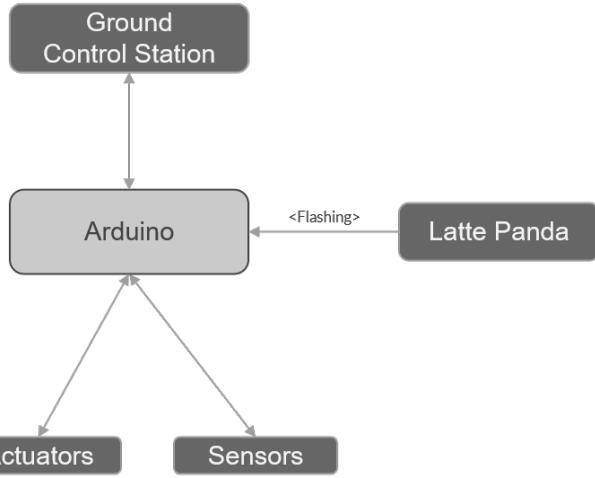


Figura 3: Arquitetura Original do Sistema, antes dos desenvolvimentos

O Arduino, o LattePanda e os periféricos (I/O) encontram-se na embarcação e a *Ground Control Station* encontra-se em terra, servindo de controlo de alto nível e encarregue da monitorização do estado do sistema. O diagrama que traduz esta arquitetura encontra-se na Figura 3. As funcionalidades da GCS encontram-se resumidas na Figura 6.

### 2.3.1 On-Board

No USV encontram-se diversos módulos que se utilizaram também na nova arquitetura de forma a manter o correto funcionamento e reutilizar o material, diminuindo os custos da solução. A bordo do X-2601, tal como se visualiza na Figura 4, é possível encontrar:

- Um microcontrolador Arduino Mega [3] responsável por gerir o sistema motor, através de sinais PWM.
- Módulo de comunicações LoRa [4] que funciona a 433MHz e potência de 5W para comunicação com o Arduino. A LoRa (Long Range) é uma tecnologia de comunicação a longa distância e de baixa potência, porém com baixa largura de banda. É comumente usado para telemetria para controlo remoto com alcance até 8Km, sendo adequado para comunicações com o veículo perto da costa, por constituir uma baixa utilização da bateria a par com a simplicidade do protocolo.
- Um módulo AIS (Automatic Identification System) [5] que identifica a embarcação para outras embarcações e para a rede em terra.
- Bússola com GPS integrado na placa LT1000 [6], que fornece informações ao Arduino sobre posição e proa do sistema.
- 2 drivers para os motores [7] controlados por modulação PWM.
- 2 servos[8] para controlo dos lemes.
- O LattePanda [9], um SBC (single board computer) com sistema operativo Windows 10, que se conecta através de um router à internet para controlo e/ou programação remota do Arduino. Posteriormente, este SBC será adaptado para correr um Sistema Operativo Linux por motivos de fiabilidade, segurança, custo e integração com a plataforma de controlo.

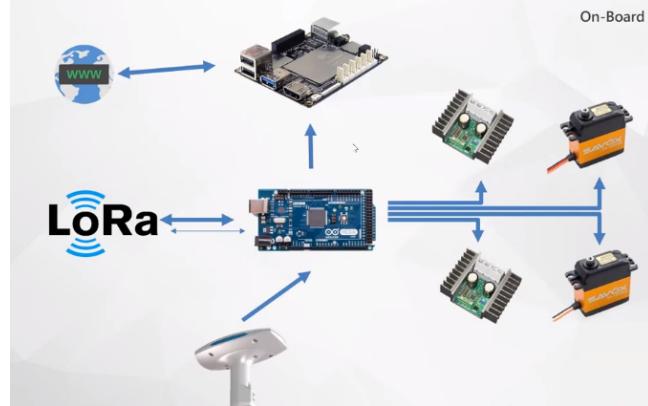


Figura 4: Subsistema On-board e seus componentes

### 2.3.2 Software Instalado

Atualmente, o sistema tem algum software instalado: um de uso livre e outro desenvolvido pela marinha, nomeadamente o GCS e o código do Arduino. A seguir, analisa-se esse software.

O LattePanda funciona atualmente com o sistema operativo Windows, onde é possível usar o TeamViewer para alterar o código do Arduino e trabalhar remotamente na plataforma. O código do Arduino foi desenvolvido em C++ e controla os motores.

O formato de mensagem NMEA é um conjunto de combinações elétricas e de dados para a comunicação entre dispositivos eletrónicos marítimos, como por exemplo eco-localizadores, receptores GPS, etc. A utilização deste protocolo permite uniformizar o formato de mensagens e facilitar a integração de outras soluções, caso se proceda a alterações. É um protocolo importante de manter no sistema.

O OpenCPN é um software livre que cria um plotter gráfico, semelhante a uma carta náutica e que dá para visualizar posição e várias informações do sistema. Pode ser usado em andamento ou como ferramenta de planeamento. Este software é desenvolvido por uma equipa de velejadores ativos, que utilizam condições do mundo real para testes e melhoramentos do software. A título demonstrativo, a Figura 5 mostra a interface do OpenCPN.

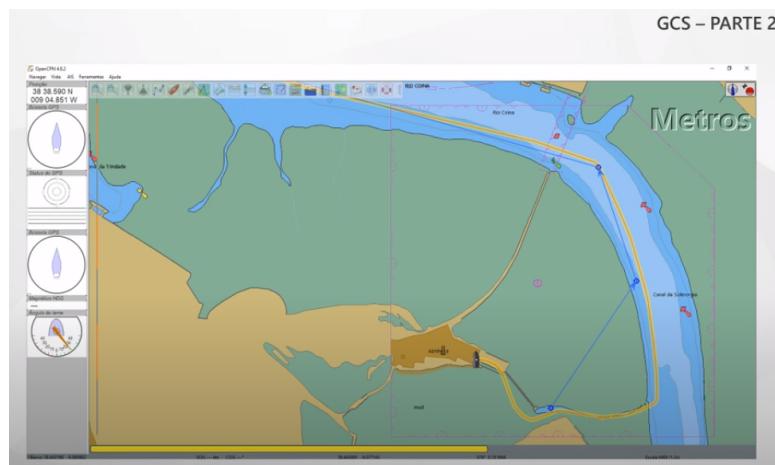


Figura 5: Software OpenCPN

O GCS (Ground Control Station) foi desenvolvido em C#. Esta linguagem de programação é desenvolvida pela Microsoft e é completamente suportada pela plataforma .NET Framework. A WinForms foi uma das frameworks de C# utilizada neste projeto, o que facilitou a criação da GUI do GCS. O resultado da solução original para controlo em terra é o que pode ser visto na Figura 6.



Figura 6: Interface Original da GCS

## 2.4 Objetivos a cumprir

A par com o cliente, definiu-se que a expansão das funcionalidades do catamarã deveria traduzir-se, de forma geral e obrigatória, no cumprimento dos seguintes requisitos:

- N1: O sistema deve possuir interoperabilidade entre os demais veículos da Marinha;
- N2: O sistema deverá dirigir-se autonomamente para os pontos de destino;
- N3: O sistema deve ser eficiente, a nível energético;
- N4: O sistema deverá conseguir comunicar, mesmo quando longe da costa.

Traduzindo as necessidades enumeradas, chegou-se a uma lista de requisitos funcionais e independentes da implementação, que se referem às tarefas de alto nível que o sistema deve conseguir desempenhar. Os requisitos funcionais estão identificados na Tabela 1. Os requisitos de performance, design, alocados e derivados podem ser encontrados no anexo C.

Tabela 1: Requisitos funcionais

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RF1	N1	A GCS deverá ser capaz de comunicar a missão ao USV.	Essencial
RF2	N2	A GCS deve conseguir planejar missões simples (escolha de pontos de passagem).	Essencial
RF3	N2	O USV deve conseguir executar missões simples (escolha de pontos de passagem).	Essencial
RF6	N2	Dado um ponto de destino, o USV deve ser capaz de se deslocar para esse mesmo destino, com uma tolerância de 1 metro.	Essencial
RF9	N1	A GCS deverá ser capaz de monitorizar a missão, com dados atualizados no máximo a cada 15 segundos.	Essencial
RF4	N1, N2	A GCS deve conseguir planejar missões complexas (manobras avançadas, de trajetos curvos definidos, etc.).	Opcional
RF5	N1, N2	O USV deve conseguir executar missões complexas (manobras avançadas, de trajetos curvos definidos, etc.).	Opcional
RF7	N2	Implementar uma rotina de segurança (retornar à base) no caso do USV perder comunicação por mais de 1 minuto com a plataforma de planeamento e execução.	Opcional
RF8	N2	No caso da bateria/depósito estiver inferior a 5%, o USV deverá retornar à base.	Opcional

### 3 Estudo da Aplicação da LSTS Toolchain do Projeto

A introdução das ferramentas do LSTS Toolchain acontece em 2 níveis: na GCS com o Neptus e no centro de Processamento On-Board com o DUNE. A filosofia base da toolchain do LSTS é a modularidade cumprida à custa de threads que trocam mensagens, constituindo a razão principal ...

O DUNE[10] é responsável pelo interface entre o nível da missão e o USV, bem como com os sensores e atuadores, a nível de execução.

O software Neptus[11] terá o papel de comandar, controlar e monitorizar o sistema USV. Faz o planeamento de alto nível e constitui a interface entre a decisão e a lógica do sistema propriamente dita.

#### 3.1 Papel do DUNE no sistema

O DUNE é um software que permite gerir as interações com sensores e atuadores, coordenar as comunicações, executar o plano de navegação e supervisionar o veículo.

O software desenvolvido em DUNE segue um padrão de design de software "publish/subscribe". Cada funcionalidade é dividida em *Tasks* que correm numa *thread* à parte e que deverão implementar algo simples e atómico que seja independente de outras funcionalidades (modularidade). Isto torna as funcionalidades mais robustas e facilita a adição de funcionalidades, mais tarde, simplesmente adicionando mais *Tasks* unitárias e independentes (escalabilidade). A comunicação entre *Tasks* é realizada através de mensagens IMC que são enviadas por diversas *Tasks* para um barramento IMC a que todas as *Tasks* têm acesso. Cada *Tasks* subscreve ao tipo de mensagens que lhe interessa (por exemplo, uma *Task* de análise de temperatura, está interessada em mensagens do tipo *IMC::Temperature*) e recebe essas mensagens, sem ter conhecimento de onde vêm (se isso for relevante, é também possível identificar a fonte), assim como as *Tasks* que enviam mensagens não sabem, necessariamente, que *Tasks* vão recebê-las.

As principais tarefas ("Tasks") a realizar no DUNE, no LattePanda, são:

- Receção, descodificação e tratamento da informação dos sensores do LT1000;
- Receção e descodificação da informação de controlo da missão, enviada pelo NEPTUS
- Garantir a implementação, no veículo, do plano da missão
- Implementação dos algoritmos de controlo, nomeadamente PIDs e geração dos valores de atuação para os atuadores.
- Gerir o ponto de situação da missão atual, identificando um ponto de destino atual, bem como atualização de novos pontos de destino e, eventualmente, identificar a conclusão da missão.
- Garantir a realização segura da trajetória pretendida e notificação de eventuais anomalias.

#### 3.2 Papel do Neptus no sistema

O Neptus é o software a utilizar pela Estação de Controlo. A sua comunicação com veículos é principalmente feita por IMC, sendo a integração de embarcações desenvolvidas em DUNE (como é o nosso caso) facilitada. Funcionalidades desejadas que não estejam implementadas também são facilmente adicionadas ao software do Neptus através de *plug-ins*.

O Neptus dá suporte em todo o ciclo de vida da missão: planeamento, simulação e execução, sendo que recorrer a uma única ferramenta de alto nível constitui uma vantagem para sistemas críticos como o USV em questão. Desta forma, o caráter adaptativo e flexível vai ao encontro com os requisitos do cliente, da Tabela 1:

##### 1. N1: Interoperabilidade do USV com veículos da Marinha

Ao garantir a homogeneidade entre o protocolo de comunicação, garante-se também a interacção e interoperação do catamarã com a restante frota. Adicionalmente, o planeamento de missões integrado dos veículos é agilizado e tornado mais eficiente pela utilização de uma única plataforma de controlo e comando

2. N2: O USV dirige-se autonomamente para o destino

É o Neptus que, neste sistema, tem a função de planear as rotas a adoptar pelo catamarã, tornando-se assim uma ferramenta fundamental para o controlo de alto nível e da navegação autónoma deste. Esta framework recorre a diversos standards e normas, o que torna a solução final mais robusta.

3. N3: O USV deve ser eficiente a nível energético

O Neptus permite planear missões recorrendo a diferentes tipos de dados geográficos, incluindo standards de navegação integrados. Assim, podem-se identificar rotas e manobras mais eficientes a níveis energéticos, previamente simulados e validados de acordo com as capacidades do sistema.

Adicionalmente, o Neptus é importante tanto na interface com o utilizador, nomeadamente planeamento de missões futuras e visualização de dados em tempo real (p.ex. localização e velocidade), como na revisão de missões concluídas (histórico de missão). Estas duas interfaces estão indicadas na Figura 7

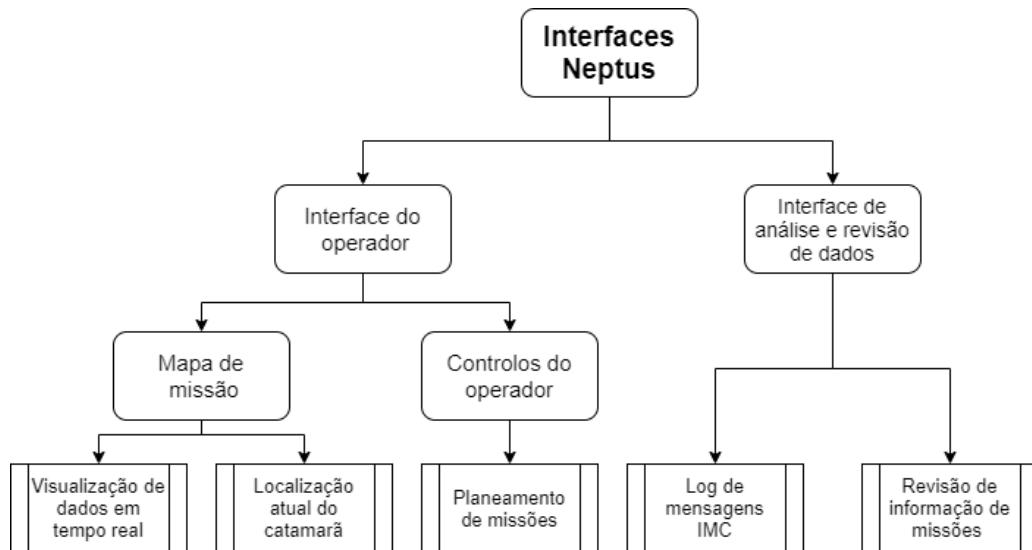


Figura 7: Interfaces oferecidas pelo Neptus

## 4 Conceito do Sistema

Esta secção descreve a versão atual conceito do sistema que é a atualização do documento de Conceito de Sistema, no anexo D. Apresenta-se inicialmente o SBS para contextualizar os sistemas do veículo.

### 4.1 SBS

A nível dos componentes do sistema, este pode ser decomposto em duas partes: a estação de controlo (GCS) e a embarcação (USV). A solução a implementar envolve implementar software dos dois lados: tanto da GCS como da embarcação. A estação de controlo está planeada correr em qualquer plataforma computacional que suporte o Neptus (java) e o sistema vai ser testado com um computador portátil. O USV é constituído principalmente pelo LattePanda, onde se encontra o controlo da embarcação através do Dune. O Arduino apenas está responsável de enviar os comandos para os atuadores não tendo nenhum papel de controlo. Esta decomposição hierárquica pode ser visualizada na Figura 8.

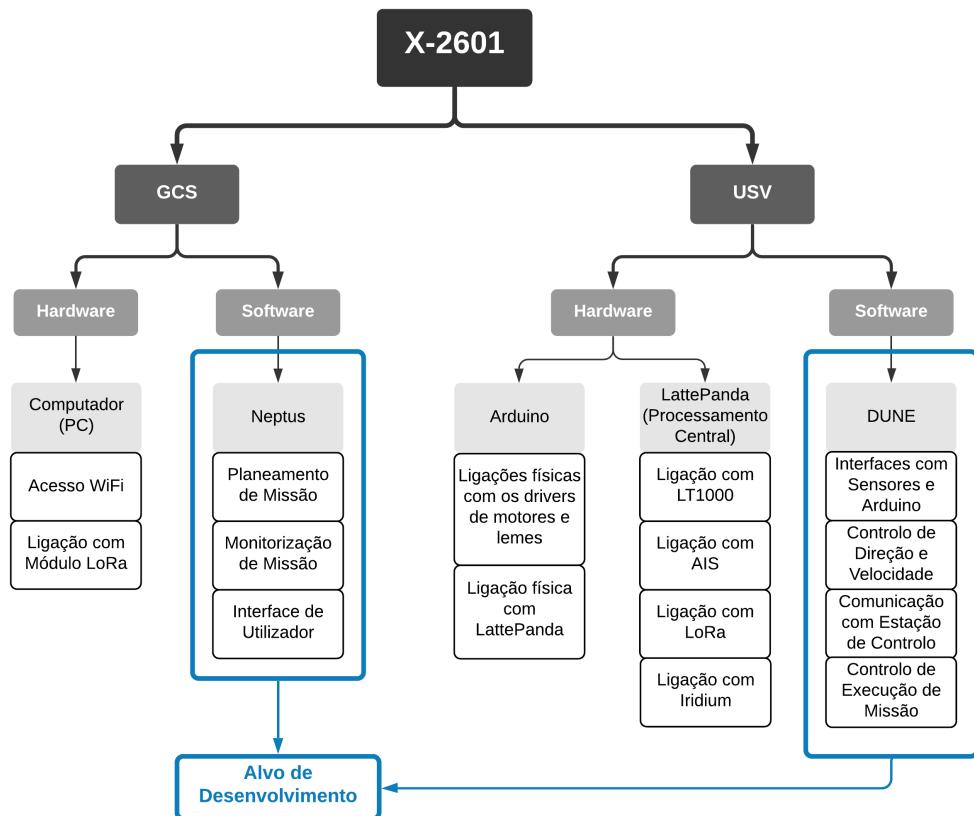


Figura 8: System Breakdown Structure

### 4.2 Arquitetura Funcional e Mapeamento em Dispositivos Computacionais

Em termos funcionais, a solução pode dividir-se em 2 campos: o *Ground Control Station* (GCS) e o veículo propriamente dito, por sua vez constituído pelo centro de processamento a bordo e os atuadores (dito o baixo nível do sistema). Esta organização está representada na Figura 9 que ilustra o conceito de sistema a desenvolver.

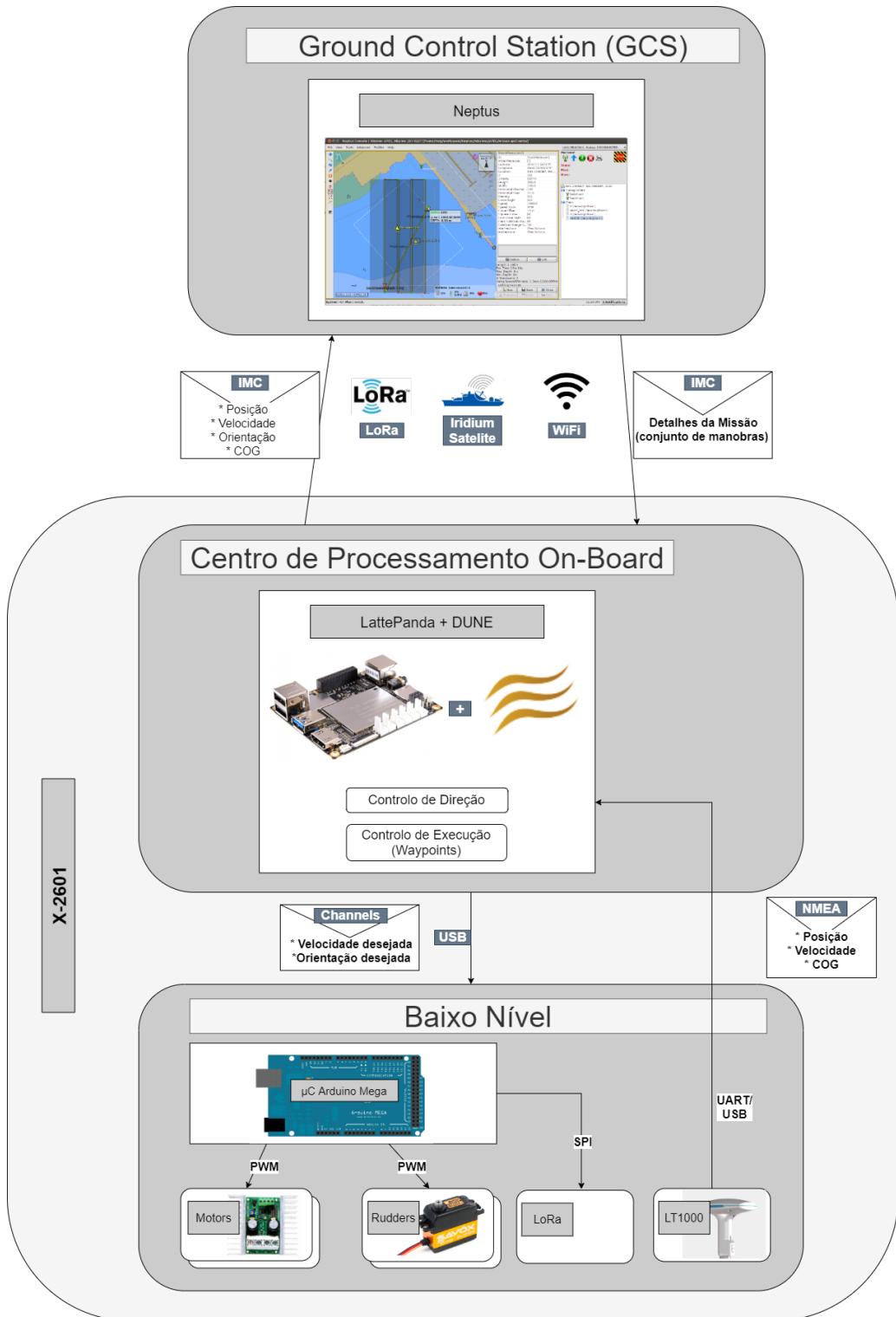


Figura 9: Estado final do sistema

Os sensores e atuadores do catamarã integram-se no baixo nível do sistema. Os sensores estão todos integrados na unidade de navegação marítima LT1000, constituída por 12 sensores de precisão (magnetómetros, giroscópios, acelerómetros, barômetro, termômetro e receptor GNSS/GPS). Portanto, o baixo nível do sistema encontra-se a bordo do catamarã e necessita de camadas hierárquicas superiores para controlo e comando das missões: um centro de processamento intermédio a bordo do veículo e um controlo de missão em terra, a GCS.

O centro de Processamento On-Board, tal como o nome indica, encontra-se também no veículo e corre num computador dedicado, a placa LattePanda. É aqui que o software DUNE, ambiente usado para o controlo, navegação, comunicação e acesso a sensores e atuadores, ficará responsável por controlar o movimento do veículo com base nas medições em tempo real. Efetivamente, após receber os dados da missão da camada

superior, o centro de processamento traduz a informação em pontos que o USV deve seguir (ditos *waypoints*) e a direção a tomar. Com a conversão concluída, o centro de processamento *On-Board* envia uma mensagem contendo a velocidade e orientação a impor nos atuadores.

Por fim, o nível hierárquico superior processado em terra na GCS está encarregue pela gestão da missão e pela supervisão do USV. Nesta vertente, recorreu-se ao software Neptus que terá o papel de comandar, controlar e monitorizar o catamarã.

Essencialmente, as alterações a implementar são:

- O planeamento e controlo da missão passa a ser feito pelo Neptus;
- O LattePanda passa a ser agora o centro de lógica do sistema: recebe o planeamento de alto nível do Neptus e transforma-o em informação comprehensível para os atuadores, recorrendo ao DUNE;
- O Arduino torna-se o intermediário entre o centro de lógica e os periféricos do sistema, fazendo a leitura dos sensores (LT1000 e sonares) e a escrita para os atuadores (motores e lemes);
- O OpenCPN dá lugar às cartas náuticas incorporadas no Neptus.
- A comunicação entre as partes de alto e baixo nível do sistema realiza-se com LoRa, até um alcance de 8Km. Em caso de perda de comunicação, será utilizada comunicação via satélite.

Com esta solução pretende-se dotar o catamarã de mais autonomia de navegação, tornar a sua ação mais precisa, as tarefas de controlo mais fiáveis e promover a segurança por rotinas de *fail-safe*.

### 4.3 Casos de Uso do Sistema

Do ponto de vista do utilizador, a solução proposta permite a obtenção da informação do veículo, nomeadamente da sua posição e estado da missão. Pode fazer o planeamento de uma nova missão e, em casos de emergência, comandar ele próprio o veículo. Numa linguagem mais gráfica, esta descrição pode ser realizada por meio do diagrama de Casos de Uso, da Figura 10.

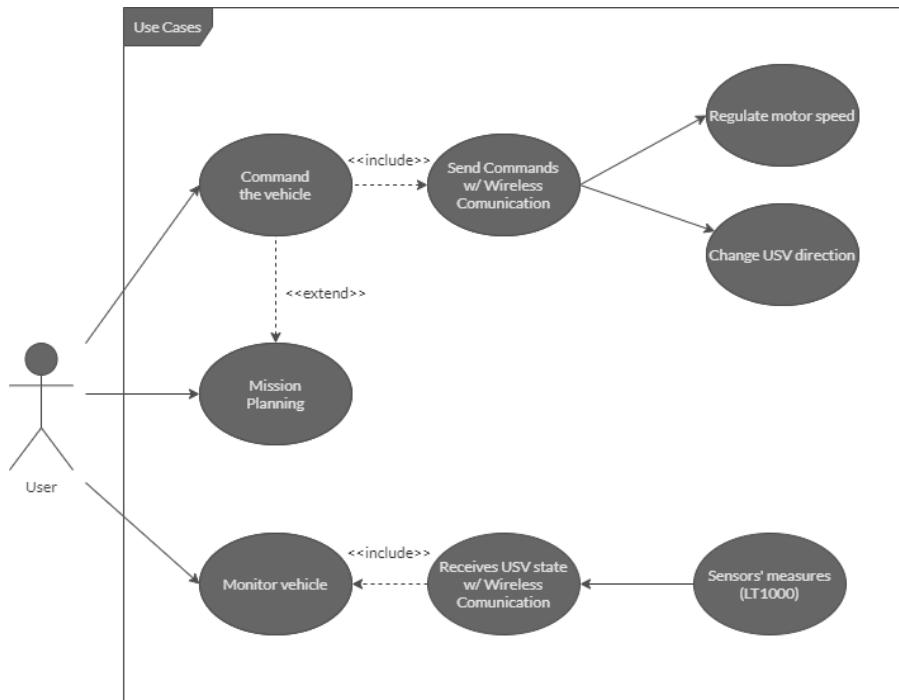


Figura 10: Diagrama de Casos de Uso

## 4.4 Diagramas de Fluxo de Mensagens

Em termos de interações entre os diversos elementos constituintes do sistema USV, a Figura 11 pretende clarificar estas relações. Os blocos funcionais de software garantem a troca de informação ao longo dos vários níveis de controlo, desde o Neptus como sistema de planeamento aos sensores e atuadores.

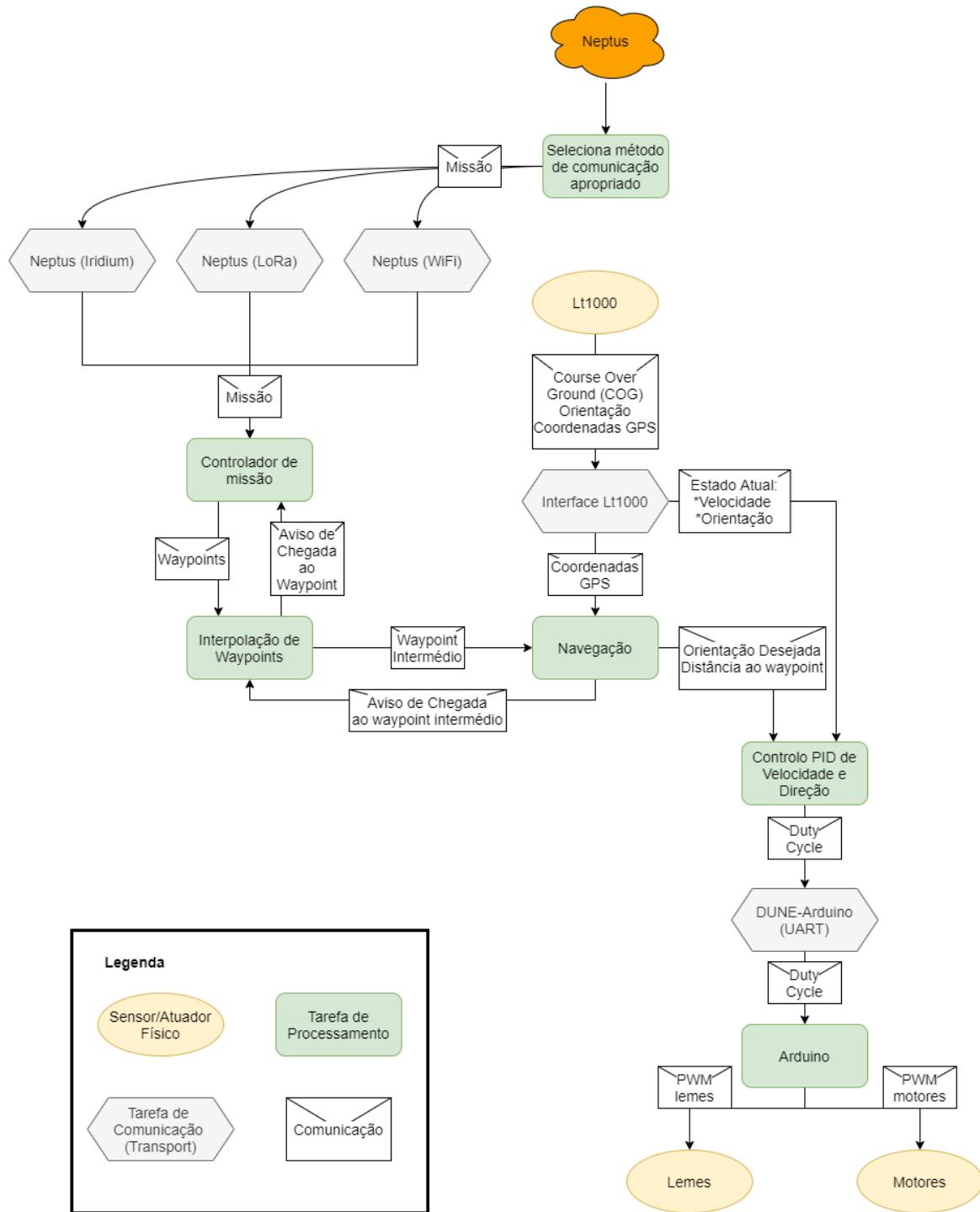


Figura 11: Descrição das comunicações trocadas entre as partes do sistema

## 5 Gestão de Projeto

Quanto à gestão do projeto, definiu-se uma organização de equipa, ferramentas de trabalho (WBS) e construiu-se um leque de ferramentas para a avaliação do estado dos desenvolvimentos, isto é lista de indicadores de performance e lista de riscos e seus impactos. Desta forma, pretendeu-se agilizar o trabalho individual e a integração das partes no projeto final, ultrapassando dificuldades e culminando no cumprimento dos requisitos definidos.

### 5.1 Elementos da Equipa

A equipa é constituída por 9 membros cada um com um papel definido para o decorrer do projeto. Os membros e os respetivos papéis são apresentados de seguida:

Membro	Papel
André Teixeira	Desenvolvedor
Carlos Pinto	Líder
Fernando Silva	Desenvolvedor
Francisco Oliveira	Desenvolvedor
João Santos	Coordenador de Comunicação
João Fernandes	Revisor de Documentação
Leonor Santos	SubLíder
Miguel Lousada	Facilitador
Ricardo Martins	Secretário

Cada papel tem inerente a si, um conjunto de responsabilidades que são especificadas a baixo:

- **Líder:** É responsável por organizar e planear as reuniões, fazer a divisão de tarefas, definir prazos e é o Porta-Voz da equipa.
- **SubLíder:** Auxilia o líder e é responsável pelas suas tarefas na ausência do mesmo.
- **Coordenador de Comunicação:** É responsável pela comunicação com qualquer elemento externo à equipa e comunicar as informações que advém de terceiros para a equipa.
- **Secretário:** Responsável por anotar informações relevantes em qualquer reunião e pela escrita das atas.
- **Revisor de Documentação:** Responsável por aprovar os documentos de índole informativa, fazer correções que considere pertinentes e garantir que os documentos são submetidos nos devidos repositórios atempadamente.
- **Facilitador:** Responsável por garantir a participação de todos os membros nas reuniões, avaliar a participação e progresso da equipa como um todo e resolver conflitos entre membros da equipa.
- **Desenvolvedor:** Responsável por realizar as tarefas que lhe são atribuídas com qualidade expectável ao projeto e dentro dos prazos estabelecidos para a realização das mesmas.

Apesar de alguns membros terem papéis individuais, todos os membros realizam o papel de desenvolvedor.

#### 5.1.1 Subequipas

De modo a estabelecer uma divisão de tarefas que permitisse o desenvolvimento eficiente das mesmas a equipa foi dividida em 3 subequipas, cada uma com um foco principal no desenvolvimento do projeto. De seguida é apresentada a configuração de cada subequipa e o foco associado a ela:

Subequipas		
Interfaces	Controlo	Comunicações
Carlos Pinto	Fernando Silva	André Teixeira
João Santos	Leonor Santos	João Fernandes
Francisco Oliveira	Ricardo Martins	Miguel Lousada

A subequipa de Interfaces está encarregue pelas tarefas de desenvolvimento da ligação entre diversas partes componentes do sistema, como os sensores, atuadores, o Arduino e o sistema On-Board (DUNE). A subequipa de controlo está encarregue pelas tarefas de controlo de velocidade e posição do veículo assim como da simulação de pontos de referência para ele seguir e pela configuração da Estação de Controlo (Neptus). Por fim a subequipa de Comunicações terá de estudar e implementar diversas maneiras de estabelecer comunicação entre a Estação de Controlo e o sistema On-Board, como por LoRa, por Wifi ou por Satélite.

A distribuição de tarefas de cada sub-equipa por cada membro da mesma é da responsabilidade dos membros que a integram, sendo também de notar que apesar de as equipas terem um foco, o seu trabalho pode vir a integrar os focos das outras equipas, ou até mesmo outro foco exterior que não tenha sido mencionado na criação das subequipas.

## 5.2 WBS

No que toca à metodologia de trabalho, explicitado na Figura 12 nomeadamente a Work Breakdown Structure (WBS), segmentou-se em 6 áreas distintas: gestão de projeto, sistemas de engenharia, sistemas on-board de controlo e interfaces, sistemas on-board de planeamento e execução, sistemas em terra e, por último, testes e validação.

Na gestão de projeto inclui-se toda a documentação necessária tanto para o bom funcionamento da equipa e também como registo dos desenvolvimentos realizados. Alguns desses documentos elaborados incluem os relatórios, atas e documentação de software. Para o controlo de versão de software, utiliza-se a plataforma GitHub, visto ser conhecido por todos os membros e fácil de utilizar em todos os sistemas operativos. Os repositórios, igualmente incluídos nesta secção, servem como local de organização e partilha de todos os documentos que não incluem código. Neste caso, escolheu-se o Google Drive por ser um serviço oferecido pela faculdade e também amplamente conhecido pelos membros. Por fim, os papéis dos membros da equipa, mencionados na secção 5.1, são importantes para garantir as funcionalidades e definir bem que tarefas são necessárias realizar e por quem.

Quanto à engenharia de sistemas incluímos todos os documentos pedidos e que permitem um melhor conhecimento do sistema: a análise de requisitos, estudo de mercado, culminando no desenvolvimento do conceito de sistema. Todos estes documentos permitem fundamentar tanto o processo de design e decisões de implementação, aquando das reuniões de equipa.

As seguintes secções do WBS coincidem com as milestones do projeto. A primeira Milestone *Functional System* refere-se ao funcionamento offline do USV: controlar a direção e velocidade ao nível do veículo. A segunda Milestone *Mission Control* refere-se ao plano de controlo: definição dos diversos waypoints e controlo com o objetivo da chegada a cada um deles. A terceira Milestone denomina-se *Neptus Command*, significando o envio e monitorização de missões por parte dos sistemas em Terra.

Por fim, a última componente da Work Breakdown Structure é a componente de testes e validação, sempre presente na fase de desenvolvimento, de forma a aferir o estado e comportamento do sistema, em diversos instantes do que está presente durante todo o decorrer do projeto.

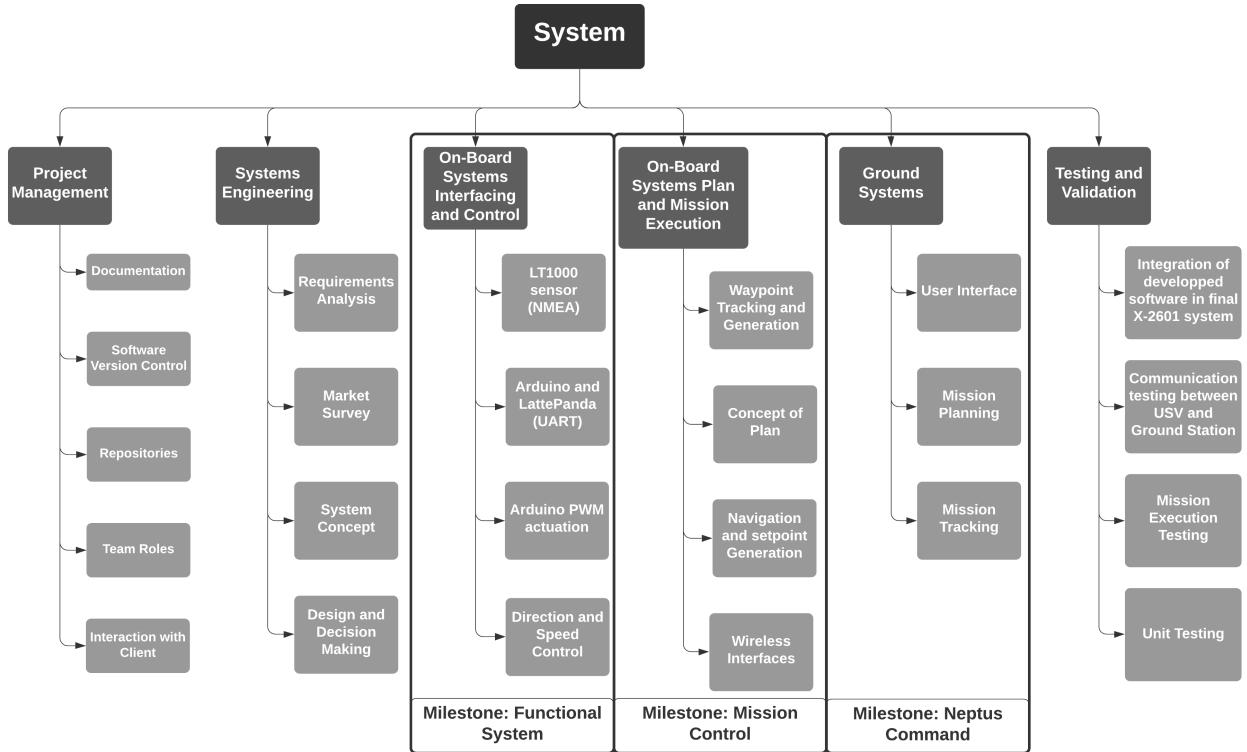


Figura 12: Diagrama do Work Breakdown Structure

### 5.3 Distribuição temporal de tarefas

Considerou-se que uma representação gráfica das tarefas a realizar seria crucial para o bom funcionamento da equipa, pelo que desenvolveu-se um Gantt para melhor planear todo o desenvolvimento. Esse diagrama temporal está indicado na Figura 13.

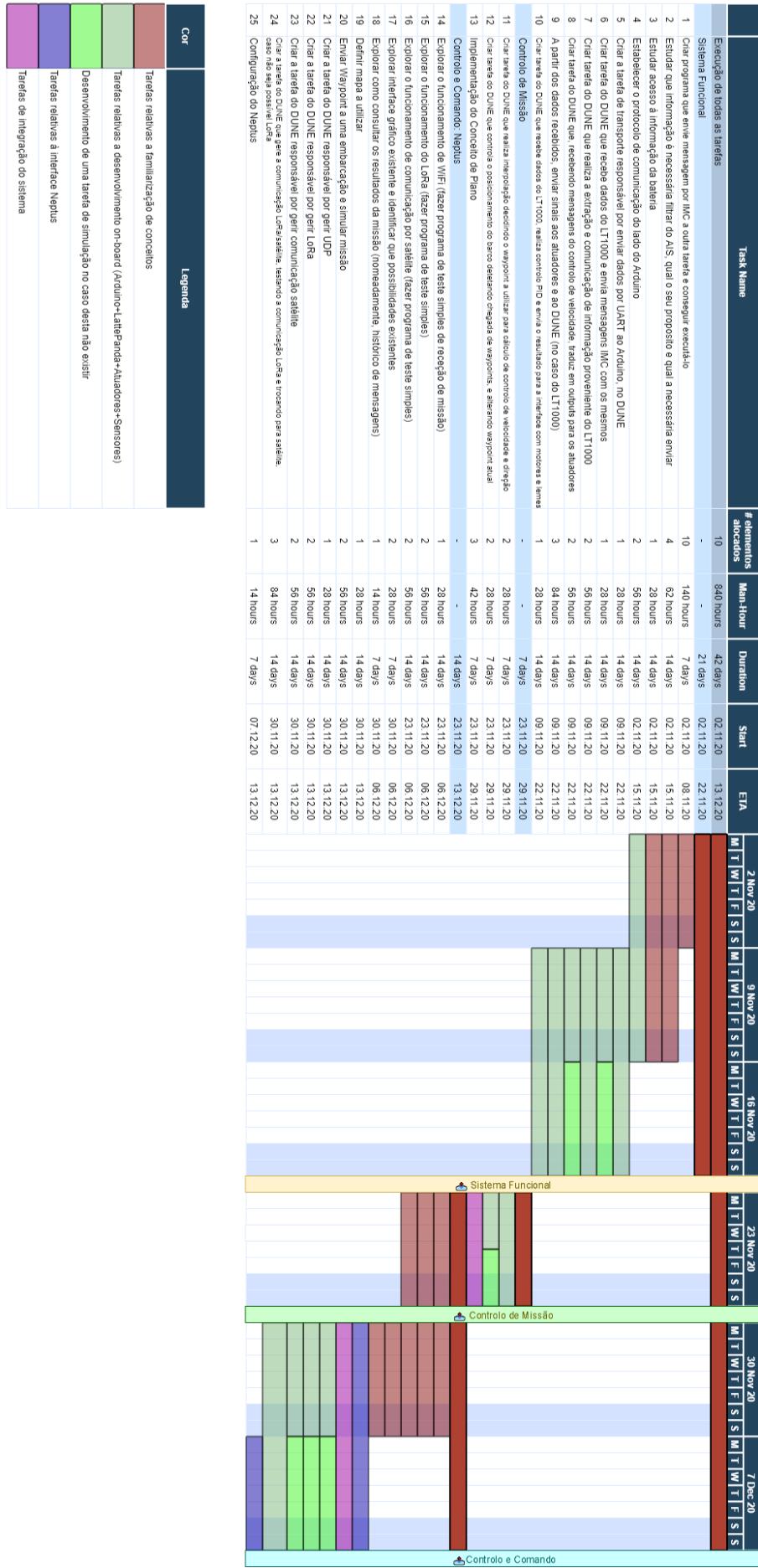


Figura 13: Diagrama de Gantt do desenvolvimento do projeto

As tarefas dividem-se em 4 grandes grupos: familiarização com o sistema, montagem da test bed, implementação do sistema de controlo de bordo e conexão com a interface Neptus. Na Figura 13, as tarefas distinguem-se pelas cores diferentes. Ainda se destacam 3 milestones diferentes, no final das quais se pretende garantir aumento das funcionalidades do sistema.

## 5.4 Orçamento

O orçamento, com o objetivo de assegurar a viabilidade económico-financeira do projeto, está representado na Tabela 2. Dadas as especificidades do projeto, a maior fatia do orçamento refere-se à mão de obra dividida em tarefas e subtarefas. A conversão da estimativa de horas para um valor concreto é simples e direta, tendo em conta o preço do mercado.

Para este projeto, foi estimado um total de 840 homens-horas de trabalho, divididas pelos 9 membros do grupo. Tendo em conta a estimação de homens-hora, facilmente se obtém um orçamento estipulado, para um dado preço de mercado em euros por hora. Por exemplo, assumindo um preço de mercado, para um engenheiro licenciado, como 8€/hora e tendo em conta o total homens-hora apresentado na Figura 13, pode assumir-se um total de 6720€ na componente de mão de obra. Relativamente à testbed, os custos assentam nos componentes necessários para a realização do projeto. Os componentes utilizados e respetivos custos foram:

- LattePanda - 182.84€
- Módulo de LoRa - 27.90€
- LT1000 NRU - 1493,34€
- Driver Para Motor DC - 121,87€
- Servo Digital - 89,90€

Prefazendo um total de 1915.85€. Todo o material acima listado é uma contribuição da Marinha e será emprestado pelo CEOV, no âmbito deste projeto.

Estimou-se um custo de viagem (que comporta o combustível e portagens para três carros) até à base de Alfeite, de 300€. O alojamento seria uma contribuição da Marinha. Para as refeições estima-se um valor 1350€, assumindo 3 refeições diárias, com um custo médio de 5 euros, durante os 10 dias. No caso deste orçamento ser apresentado pela FEUP, seriam cobrados overheads de projeto no valor de 25%, perfazendo um total de 12857.31€.

Tabela 2: Orçamento estimado do Projeto

Rúbrica	Itens	Valor
Equipamento	LattePanda	182,84€
	Módulo LoRa	27,90€
	LT1000 NRU	1493,34€
	Driver Para Motor DC	121,87€
	Servo Digital	89,90€
Recursos Humanos	Mão de Obra	6720€
Deslocações	Transportes	300€
Consumíveis	Refeições	1350€
Subtotal		10285,85€
Outras Despesas		2571,46€
Total		12857,31€

## 5.5 Análise de Riscos

A análise de risco consiste na avaliação da probabilidade de ocorrência de um contratempo e no cálculo do seu possível impacto e prejuízo para a equipa. A avaliação da eventualidade de ocorrência de um evento e das

sus possíveis consequências é essencial para estabelecer uma estratégia de prevenção que priorize os riscos mais prováveis ou potencialmente mais graves. A fim de minimizar impactos de imprevistos foi elaborada a Tabela 3 com exemplos de riscos, juntamente com as respetivas estimativas dos seus impactos e possíveis soluções na eventualidade de estes ocorrerem.

Tabela 3: Riscos

Risco	Probabilidade	Severidade	Mitigação	Milestones Afetadas
Falha na entrega do hardware	Baixa	Crítica	Comunicação com o cliente e FEUP	1 e 2
Falha nas interfaces do software	Baixa	Crítica	Testes unitários ao software em questão	1
Comunicação com o cliente insuficiente	Baixa	Crítica	Estabelecimento de diversos meios de comunicação com o cliente	Afeta todo o projeto
Perda do trabalho ou partes do mesmo	Baixa	Crítica	Uso de diferentes locais de armazenamento de informação e repositórios	Afeta todo o projeto
Erro nas comunicações GSC-ASV	Média	Séria	Testes independentes dos meios de comunicação	3
Dificuldades no uso da blockchain	Média	Séria	Comunicação com pessoas que conhecem o seu funcionamento	Afeta todo o projeto
Impossibilidade de testar fisicamente o sistema	Média	Séria	Utilização de simuladores para validação de resultados	Afeta todo o projeto
Erro no seguimento do caminho	Média	Severa	Simulações e analises	1
Falta de coordenação no repositório de software	Média	Severa	Incluir a publicação do trabalho feito no github como algo mandatório a fazer nas reuniões semanais	Afeta todo o projeto
Atraso de uma tarefa	Média	Média	Rearranjo de subequipes e aumento de carga semanal	Afeta todo o projeto
Perda de um elemento da equipa	Baixa	Média	Distribuição de tarefas de forma flexível e facilmente ajustável	Afeta todo o projeto

## 5.6 KPI

Nesta secção são apresentados os KPI's (em inglês *Key Performance Indicator*) que serão usados durante o desenvolvimento do projeto. Os KPI's são valores mensuráveis que demonstram a eficácia dos objetivos. Uma monitorização dos KPI's ao longo do projeto permite uma intervenção rápida da equipa, para corrigir e reavaliar estratégias. Por exemplo se os prazos não estiverem a ser cumpridos, isso vai refletir-se nos indicadores, alertando a equipa para encontrar novas soluções. Assim sendo, estes indicadores são uma grande ferramenta para controlar e aumentar o desempenho da equipa.

Neste projeto os KPI's escolhidos foram divididos em KPI's de equipa e do projeto, os quais se encontram nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

### 5.6.1 KPI's de equipa

Os KPI's referentes à equipa encontram-se condensados na tabela 4, com o respetivo valor limítrofe na coluna (valor de referência). As fórmulas para o cálculo dos indicadores estão identificados nas equações 1 a 3.

Tabela 4: KPI's de equipa

Descrição do Indicador	Valor de referência
Presença do membros da equipa na reuniões	>85%
Percentagem de objetivos alcançados semanalmente	>80%
Percentagem de tarefas atrasadas	<15%

#### Presença dos membros da equipa nas reuniões

$$P_p = \frac{N_r - F}{N_r} * 100 \quad (1)$$

$P_p$  = Percentagem de presenças

$N_r$  = Número de reuniões

F = Faltas

#### Percentagem de objetivos alcançados semanalmente

$$P_o = (1 - \frac{N_o - N_{oa}}{N_o}) * 100 \quad (2)$$

$P_o$  = Percentagem de objetivos alcançados

$N_o$  = Número de objetivos

$N_{oa}$  = Número de objetivos alcançados

#### Percentagem de tarefas atrasada

$$P_{ta} = \frac{N_t - N_{tf}}{N_t} * 100 \quad (3)$$

$P_{ta}$  = Percentagem de tarefas atrasadas

$N_t$  = Número de tarefas

$N_{tf}$  = Número de tarefas finalizadas

### 5.6.2 KPI's do Projeto

De igual forma, os KPI's referentes ao projeto encontram-se condensados na tabela 5, com o respetivo valor limítrofe na coluna (valor de referência). As fórmulas para o cálculo dos indicadores estão identificados nas equações 4 a 6.

Tabela 5: KPI's do Projeto

Descrição do Indicador	Valor de referência
Percentagem de requisitos essenciais concluídos	100%
Erro máximo do caminho planeado (metros)	20 m
Conseguir executar uma missão padrão, com cinco pontos de referência, até ao fim.	Qualitativo: (sim ou não)

#### Percentagem de requisitos essenciais concluídos

$$P_{rc} = (1 - \frac{N_r - N_{rc}}{N_r}) * 100 \quad (4)$$

$P_{rc}$  = Percentagem de requisitos concluídos

$N_r$  = Número de requisitos

$N_{rc}$  = Número de requisitos concluídos

#### Erro do caminho percorrido em comparação com o caminho planeado (centímetros)

$$E_c = C_{pe} - C_{pl} \quad (5)$$

$E_c$  = Erro no caminho percorrido

$C_{pe}$  = Caminho percorrido

$C_{pl}$  = Caminho planeado

#### Atraso entre as ações de nível inferior e sua monitorização (milissegundos)

$$A = I_m - I_{bn} \quad (6)$$

$A$  = Atraso entre ações e monitorização

$I_{bn}$  = Intante de tempo de ação de baixo nível

$I_m$  = Instante de tempo da monitorização

## 5.7 Metodologia de Teste: Bottom-up Testing

Ao fazer-se o desenvolvimento do projeto desde a atuação ao planeamento da missão e, consequentemente teste da solução sequencial, considerou-se uma abordagem do tipo **bottom-up** para o teste e integração da solução. Na metodologia *bottom-up* considera-se que o fluxo de teste (e desenvolvimento) segue do baixo nível do sistema para as camadas hierárquicas superiores. A vantagem deste tipo de abordagem, face aos existentes, prende-se com 2 aspetos do sistema em questão: mitigar os erros que ocorrem mais frequentemente na camada inferior e garantir a funcionalidade básica do sistema, aumentando sucessivamente as suas capacidades.

Com esta metodologia, à medida que as tarefas estão devidamente concluídas e validadas, caminha-se no sentido de dotar o USV de capacidades e gradualmente melhorar a sua performance como veículo autónomo. Seguindo a metodologia *bottom-up*, o desenvolvimento é mais uniforme e integrado, o que não seria possível de acordo com outras abordagens, nomeadamente *top-down*. A lógica de controlo e comando do sistema não seria possível de implementar sem as funcionalidades básicas garantidas, muito menos validadas. Por outro lado, não se seguiria uma abordagem de desenvolvimento ágil, visto que não tínhamos versões operacionais do produto ao longo das implementações. A longo prazo, não se beneficiando nem o cliente nem progredindo para a sua solução.

Posto isto, considera-se que a abordagem *bottom-up*, identificada na figura 14 é a que se enquadra melhor no caso do X-2601, alinhando-se com as necessidades sugeridas e o seu desenvolvimento consistente.

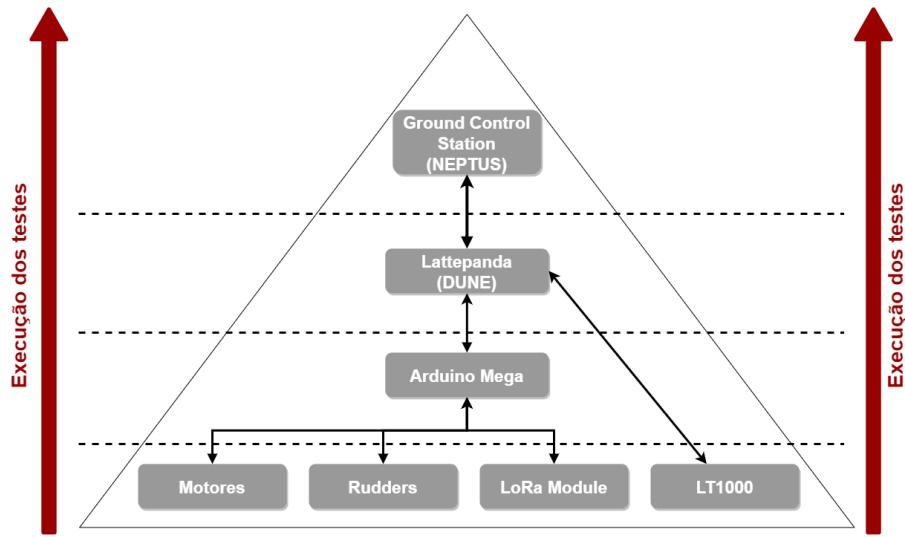


Figura 14: Ilustração da metodologia Bottom-up no projeto

## 6 Execução do Projeto

No que diz respeito ao desenvolvimento prático do projeto, neste momento a equipa caminha para a concretização da primeira *milestone*. Efetivamente, todas as tarefas associadas a esta estão parcialmente terminadas, dado que ainda não foram testadas em conjunto no sistema a desenvolver, como demonstrado na Figura 15. Analogamente, no diagrama de Gantt da Figura 13, os grupos de tarefas do WBS foram divididos em 10 tarefas mais pequenas que culminam com o sistema funcional, isto é, a primeira *milestone*.

Adicionalmente, deu-se início ao estudo das tarefas da próxima *milestone* no âmbito de acelerar a execução desta enquanto não recebemos o hardware enviado pelo cliente. Na verdade, a equipa deparou-se também com algumas dificuldades de adaptação à toolchain do LSTS, que se traduziram num atraso de alguns dias.

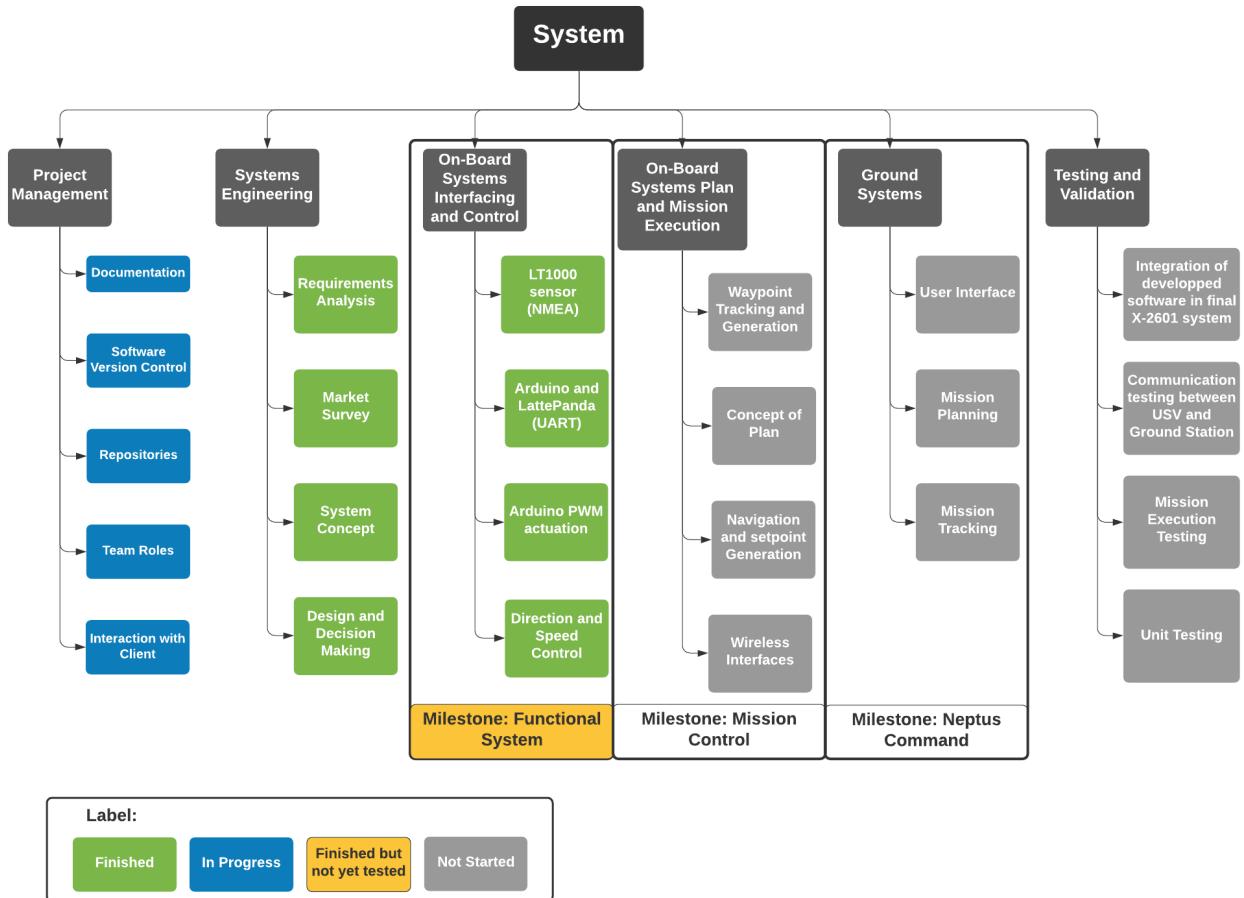


Figura 15: Diagrama do WBS com execução das tarefas

As atividades associadas às tarefas dadas como "acabadas", na componente de desenvolvimento, na Figura 15 são sucintamente detalhadas:

- Sensor LT1000 (NMEA):
  - Criou-se uma tarefa no DUNE que recebe os dados adquiridos do sensor LT1000, com formato NMEA-RMC e NMEA-VTG, tratam-se os dados e cria-se um objeto do tipo *Estimated State* com os valores de latitude, longitude, velocidade e orientação.
- Interface LattePanda - Arduino:
  - receção de valores provenientes da tarefa de Controlo de Direção e Velocidade
  - criação de uma conexão por UART entre o LattePanda e o Arduino
  - formatação dos dados recebidos
  - envio de mensagens com os valores a aplicar nos atuadores e o respetivo atuador a que se destinam
- Interface Arduino - Atuadores (PWM):
  - receção dos *dutycycles* dos lemes e motores pela porta série ligada ao LattePanda
  - geração dos sinais de PWM para controlo dos servos e dos drivers dos motores
- Controlo de Direção e Velocidade:
  - controladores PID implementados
  - processamento de receção de valores de referência (*Desired Heading* e *Desired Speed*)
  - processamento de receção de valores de estado atual (*Estimated State*)

- envio de sinais de atuação resultantes (*Set Servo Position* e *Set Thruster Actuation*)
- teste unitário a partir de criação de tarefa de simulação que envia valores de referência e de estado atual para a tarefa de controlo desenvolvida

As tarefas de gestão de projeto são dadas como "em progresso" visto que persistem durante todo o ciclo de vida do projeto. As tarefas associadas a sistemas de engenharia são, na generalidade, incluídas nos anexos (B, C, D).

## 6.1 Interação com o cliente

O cliente é a secção CEOV, divisão da Marinha Portuguesa, com intermediário o Tenente Castro Fernandes.

A interação com o cliente ficou planeada com uma frequência semanal, com possibilidade de ajuste, para esclarecer dúvidas específicas de hardware e necessidades. Adicionalmente mantém-se mais 2 vias de comunicação: repositório de documentação no Google Drive para partilha de Datasheets e chat para dúvidas rápidas e pontuais que não requeiram reunião por vídeo conferência.

Salienta-se que o CEOV se disponibilizou a fornecer todo o material necessário para realização de testes, nomeadamente os módulos de Hardware, a quem reiteramos os agradecimentos.

Foi-nos ainda solicitado pelo cliente, a criação de documentação específica sobre a solução de software desenvolvida, de forma a tornar mais claros os desenvolvimentos e agilizar futuros melhoramentos.

## Referências

- [1] “Toolchain.” [Online]. Available: <https://lsts.fe.up.pt/toolchain>
- [2] “Notícia referente ao x-2601, pela marinha.” [Online]. Available: <https://www.marinha.pt/pt/media-center/Noticias/Paginas/Inovacao-Marinha-desenvolve-sistema-maritimo-autonomo-para-apoiar-investigacao-cientifica-.aspx>
- [3] “Arduino mega 2560.” [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- [4] “Lora, módulo industrial anti-interferência wireless data transceiver module.” [Online]. Available: [https://www.nicerf.com/product\\_148\\_63.html](https://www.nicerf.com/product_148_63.html)
- [5] “Manual de produto do transdutor ais.” [Online]. Available: <https://em-trak.com/wp-content/uploads/B100-user-manual-EN.pdf>
- [6] “Manual de produto da unidade de referência à navegação lt1000.” [Online]. Available: <https://thrane.eu/wp-content/uploads/2018/08/LT-1000-Product-Sheet-Rev.-1.03-WEB.pdf>
- [7] “Descrição técnica para o driver dos motores syren.” [Online]. Available: <https://www.botnroll.com/pt/controladores/2837-syren-driver-para-motor-dc-at-50a.html>
- [8] “Descrição técnica para o driver dos lemes savox servo.” [Online]. Available: <https://hpmodelismo.com/pt/servos/14490-sav-sv1270tg.html>
- [9] “Datasheet do módulo lattepanda, com 4gb/64gb e licença empresarial.” [Online]. Available: <http://static6.arrow.com/aropdfconversion/d6d2c003d275c7ea792d093121670bed6d248dc3/datasheetdfr0470-ent.pdf>
- [10] “Toolchain lsts dune.” [Online]. Available: <https://lsts.fe.up.pt/toolchain/dune>
- [11] “Toolchain lsts neptus.” [Online]. Available: <https://lsts.fe.up.pt/toolchain/neptus>

# **Anexos**

## **Anexo A Manual de Qualidade**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**Sistema de Planeamento e Controlo de Execução para Veículo de  
Superfície Não Tripulado - Manual de Qualidade**

Equipa E

Orientador João Sousa

Líder da Equipa Carlos Pinto

Manual de Qualidade realizado no âmbito da unidade curricular  
Sistemas de Engenharia - Automação e Instrumentação do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

24 de novembro de 2020

## Registo de Versões

Versão	Data	Descrição
0.1	05/10/2020	Google Docs: Outline básico do Documento (criação da estrutura)
0.2	06/10/2020	Google Docs: Protótipo de conteúdos de cada secção
0.3	06/10/2020	Google Docs: Revisão em equipa dos conteúdos de cada secção
0.4	10/10/2020	Migração do Documento para L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X(Overleaf)
0.5	11/10/2020	Inclusão das secções de Listas de Figuras e Listas de Tabelas Adição de regras e Work Tools
0.6	12/10/2020	Revisão final

## **Índice**

<b>1 Objetivo do Manual</b>	<b>3</b>
<b>2 Composição da Equipa</b>	<b>3</b>
<b>3 Organização Interna</b>	<b>3</b>
3.1 Organização Funcional . . . . .	3
3.2 Sub-Equipas . . . . .	4
<b>4 Regras</b>	<b>4</b>
4.1 Regras Gerais . . . . .	4
4.2 Regras de Qualidade de Trabalho . . . . .	5
4.3 Regras de Decisão . . . . .	5
4.4 Regras de Gestão de Conflitos . . . . .	6
4.5 Regras de Reuniões . . . . .	6
4.5.1 Marcação . . . . .	6
4.5.2 Funcionamento . . . . .	6
4.5.3 Ata . . . . .	7
<b>5 Work Tools</b>	<b>7</b>
5.1 Google Drive/Docs . . . . .	7
5.2 Overleaf . . . . .	7
5.3 GitHub . . . . .	7
5.4 Discord . . . . .	7
5.5 Messenger . . . . .	7
5.6 Zoom . . . . .	8
5.7 Doodle . . . . .	8
<b>6 Avaliação</b>	<b>8</b>
<b>7 Templates</b>	<b>8</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>18</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>19</b>

## 1 Objetivo do Manual

O presente manual de qualidade foi escrito no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Engenharia Automação e Instrumentação. Este documento tem como objetivo estabelecer um conjunto de normas e princípios a seguir pelos membros da equipa ao longo da realização deste projeto. Para além disso, estão definidos os cargos de cada membro, seguido de uma breve explicação da função de cada um.

Este manual pode sofrer modificações, que contribuam para um melhor desenvolvimento do projeto, caso a equipa considere necessário e após um acordo entre todos.

## 2 Composição da Equipa

A composição da equipa, bem como os respetivos contactos e especializações, consta na tabela 1

Tabela 1: Composição da equipa, contactos de cada elemento e sua respetiva especialização.

Nome	E-mail	Especialização
André Costa Teixeira	up201605590@fe.up.pt	Automação - Eletrónica e Sistemas
Carlos Manuel Santos Pinto	up201605439@fe.up.pt	Automação - Microeletrónica e Sistemas Embarcados
Fernando Jorge Pinheiro da Silva	up201604125@fe.up.pt	Automação - Gestão Industrial
Francisco Xavier Gomes Oliveira	up201604934@fe.up.pt	Automação - Microeletrónica e Sistemas Embarcados
João Marcelo Casanova Almeida Tomé Santos	up201605317@fe.up.pt	Automação - Robótica e Sistemas
João Vasco Gonçalves da Costa Fernandes	up201603219@fe.up.pt	Automação - Gestão Industrial
Leonor Baptista da Costa Silva Santos	up201504515@fe.up.pt	Automação - Robótica e Sistemas
Miguel Amorim Aroso Lousada	up201603379@fe.up.pt	Automação - Robótica e Sistemas
Ricardo André Sanches Martins	up201608378@fe.up.pt	Automação - Robótica e Sistemas
Ricardo de Paula Pinto Sousa Ribeiro	up2104304373@fe.up.pt	Automação - Eletrónica e Sistemas

## 3 Organização Interna

Optou-se por dividir a equipa a dois níveis: organização funcional, estabelecendo responsabilidades de índole mais permanente, não dependentes do projeto em si ou das tarefas específicas a desempenhar, e sim em aspectos mais universais (nomeadamente: documentação, validação de trabalho, motivação, entre outros); e em organização em sub-equipas, sendo que cada sub-equipa será responsável por desempenhar uma tarefa, inserida contextualmente no projeto, e terá uma constituição e responsabilidades que serão dinâmicas, isto é, serão alteradas consoante o que for preciso desenvolver no projeto, e consoante os pontos fortes e fracos de cada elemento da equipa.

### 3.1 Organização Funcional

Foram estabelecidos 6 papéis a desempenhar: líder, sub-líder, secretário, coordenador de comunicação, revisor de documentação, e facilitador. Seguem-se as responsabilidades de cada papel, bem como o elemento da equipa a quem esse papel foi atribuído.

- Líder - Carlos Pinto. Responsável por: organizar as reuniões (quando irão ocorrer; tópicos a discutir); divisão de tarefas entre os elementos do grupo; definir prazos; servir como porta-voz da equipa em relação à comunicação com o orientador de projeto.
- Sub-Líder - Leonor Santos. Responsável por: tomar o cargo de líder quando este estiver indisponível; auxiliar o líder nas suas tarefas.
- Secretário - Ricardo Martins. Responsável por: apontar informações relevantes em qualquer reunião; escrita das atas.
- Coordenador de Comunicação - João Santos. Responsável por: comunicar com qualquer elemento externo à equipa, exclusive o orientador de projeto, e comunicar as informações que advém de terceiros para a equipa; garantir que os membros da equipa estão a atualizar o estado das suas tarefas no GitHub (ver secção 5).
- Revisor de Documentação - João Fernandes. Responsável por: aprovar os documentos de índole informativa (relatórios, atas, etc.) e fazer correções que considere pertinentes; garantir que os documentos são submetidos nos devidos repositórios atempadamente.
- Facilitador - Miguel Lousada. Responsável por: garantir a participação de todos os membros nas reuniões; avaliar a participação e progresso da equipa como um todo, expondo problemas que encontre; resolver conflitos entre membros da equipa; em caso de argumentação entre membros da equipa, garantir que esta é feita de forma estruturada e civilizada.

### **3.2 Sub-Equipas**

As sub-equipas serão organizadas consoante as tarefas a desempenhar. Quando uma tarefa é completada, a sub-equipa à qual a tarefa foi atribuída é redistribuída para uma nova tarefa (ou uma tarefa já pertencente a outra sub-equipa, aumentando o número de elementos de equipa ativos para essa tarefa). Cabe ao líder reintegrar os membros da equipa em sub-equipas apropriadas consoante os pontos fortes e fracos de cada elemento.

## **4 Regras**

Nesta secção são apresentadas as regras básicas de funcionamento da equipa de modo a definir um modo de funcionamento objetivo, de forma a que a equipa possa trabalhar em concordância.

### **4.1 Regras Gerais**

As regras a seguir apresentadas destinam-se a promover uma boa comunicação, inclusão e divisão de tarefas entre todos os membros da equipa:

- Todos os membros deverão conhecer e seguir todas as regras expostas neste documento;
- Todos os membros deverão estar sempre disponíveis a serem contactados em pelo menos uma das seguintes formas e verificar as mesmas, pelo menos, uma vez por dia:
  - Telemóvel;
  - Email;
  - Chat de equipa em redes sociais (ver secção 5);
- Todos os membros deverão ter conhecimento de todas as atualizações do projeto, sendo o papel do Líder, Sub-líder ou Facilitador garantir que isso aconteça;
- A cada membro deverá ser dada a oportunidade de expressar de forma sucinta, ideias e opiniões de caráter relevante para o desenvolvimento do Projeto e tarefas a ele relacionadas;

- Aquando da atribuição de uma tarefa, cada elemento deverá atualizar o respetivo “card” presente no quadro de projeto do Github da equipa de acordo com o desenvolvimento dessa mesma tarefa;
- Qualquer documentação de caráter relevante ao desenvolvimento do projeto deverá ser submetido de forma organizada no diretório do Google Drive da equipa;
- Qualquer desenvolvimento de software relevante ao desenvolvimento do projeto deverá ser submetido de forma organizada no GitHub da equipa;
- Cada tarefa deverá ser entregue de forma completa até ao prazo estabelecido pela equipa, excetuando-se eventuais casos de dificuldades técnicas ou pessoais que impeçam a entrega da mesma, as quais deverão ser reportados ao Líder, Sub-líder e/ou Facilitador;
- Todos os membros deverão ser assíduos e não exceder o limite de tolerância de 15 minutos no que diz respeito à pontualidade, exceto em casos de impossibilidade, que deverão ser reportados previamente ao Líder, Sub-líder e/ou Facilitador e onde poderá ser discutida uma alternativa viável à presença do(s) elemento(s).

#### **4.2 Regras de Qualidade de Trabalho**

As regras a seguir apresentadas destinam-se a promover que cada elemento cumpra, não só com as suas responsabilidades, mas que contribua para o projeto com maior qualidade:

- Cada elemento é responsável por garantir a devida qualidade do seu próprio trabalho;
- Caso algum elemento considere que a qualidade do trabalho seja inferior ao exigido, deverá comunicá-lo ao Líder, Sub-líder e/ou Facilitador;
- Qualquer atraso ou dificuldade sentida por parte de um membro da equipa deverá ser comunicado, de imediato, ao Líder, Sub-líder e/ou Facilitador;
- Caso 4 ou mais elementos da equipa concordem que determinada tarefa não apresenta o nível de qualidade exigido, então estes elementos deverão explicitar em que aspectos a tarefa falhou, e os devidos responsáveis pela realização da mesma deverão agir de forma a satisfazer as exigências.
- Consoante a disponibilidade dos elementos da equipa, poderão ser realocados membros de umas tarefas para outras, consoante uma tarefa demore muito tempo a desenvolver-se e comece a apresentar-se como um *bottleneck*.

#### **4.3 Regras de Decisão**

As regras a seguir apresentadas destinam-se a descrever como serão feitas as decisões que influenciem diretamente o produto final:

- Decisões que influenciem diretamente o funcionamento do produto final deverão ser decididas em equipa, por meio de voto;
- Nenhum membro deve fazer omitir decisões que fez no seu trabalho individual, ainda que estas sejam, aparentemente, irrelevantes para o projeto no seu todo. Tais decisões deverão ser comunicadas na reunião semanal intra-equipa (ver secção 4.5.1).
- A decisão deve ser tomada de acordo com o maior número de votos. No caso da votação incidir num tópico evidentemente pertencente ao domínio de uma sub-equipa, os elementos da sub-equipa terão maior impacto de voto (votam por dois);
- As decisões deverão ser tomadas em reunião de equipa;
- No caso de empate de votos, deverá ser discutida a decisão, de forma a atingir um consenso;
- Contactar-se-á o coordenador, como último recurso, de forma a obter conhecimento para proporcionar uma escolha mais informada.

#### **4.4 Regras de Gestão de Conflitos**

As regras a seguir apresentadas destinam-se a promover um ambiente de trabalho saudável e produtivo:

- Se um elemento não estiver de acordo com uma qualquer decisão deverá comunicar à equipa ou escrever nos canais de comunicação intra-equipa para que se resolva o mais rapidamente possível;
- Caso ocorra uma divergência de opiniões, deverá ser realizada uma votação entre todos os membros presentes. Em caso de empate, cabe ao facilitador a resolução do problema;
- Em caso do facilitador estar envolvido no conflito, o seu papel deverá ser feito pelo líder;
- Como último recurso, deverá recorrer-se ao coordenador para auxiliar na resolução do conflito.

#### **4.5 Regras de Reuniões**

As regras a seguir apresentadas destinam-se a definir a marcação de reuniões, o funcionamento das mesmas, e a sua documentação.

##### **4.5.1 Marcação**

- Por omissão, estará marcada uma reunião intra-equipa semanal predefinida todas as segundas-feiras, a dar início às 21h30m. Esta reunião tem como objetivo partilhar o que foi desenvolvido ao longo da semana entre os elementos da equipa (avanços, dificuldades, questões, ...), bem como o que se planeia realizar nessa semana;
- Haverá uma reunião semanal entre a equipa e o coordenador, que deverá ser da iniciativa da equipa, e que terá lugar, tirando eventuais exceções que deverão ser comunicadas, às sextas-feiras, a dar início entre as 16h15m e as 16h45m. Apenas metade da equipa (a decidir pelo Líder) estará fisicamente presente nestas reuniões, para evitar grandes agregados face à situação de COVID-19.
- Qualquer reunião deverá preceder com o envio atempado (mínimo 12 horas antes da hora prevista) de uma agenda com os tópicos que se pretendem discutir, e hora de início de reunião, pelo chat utilizado pela equipa (no caso de ser uma reunião intra-equipa) ou por email (reunião que envolva membros não integrantes da equipa, nomeadamente, o orientador);
- No caso das reuniões terem de ser alteradas, deverá ser feito, se possível com 1 dia de antecedência, num horário a combinar através de uma votação (poll).

##### **4.5.2 Funcionamento**

- Nas reuniões semanais, todos os membros devem, individualmente: abordar o que foi realizado durante a semana; comunicar passos seguintes; falar sobre eventuais problemas encontrados.
- Indo de encontro com as regras de qualidade de trabalho, os membros deverão discutir a integração do trabalho de cada um no contexto geral do projeto, validando se os progressos estão a ser eficientes.
- O facilitador terá o papel de supervisionar e avaliar a integração dos membros na equipa e comunicar em caso de interação de má qualidade;
- As decisões mais relevantes para o ciclo de vida do projeto terão de ser efetuadas em reunião.
- Da reunião deverá surgir um plano de trabalho (com tarefas distribuídas) a curto prazo, nomeadamente para a semana seguinte. De igual forma, deverá ser elaborado um relatório sucinto dos progressos feitos no projeto, próximos passos e dificuldades sentidas (se alguma), a enviar por email ao orientador do projeto, Professor João Sousa, juntamente com o convite da reunião semanal equipa-orientador.

#### **4.5.3 Ata**

De todas as reuniões deverá ser elaborado um documento em formato de ata, para relatar os temas tratados. A ata seguirá as regras de template infra mencionados. Os temas a incluir: membros presentes, agenda da reunião, exposição e revisão do trabalho realizado, temas concluídos na reunião, temas da agenda que não se concluíram e agendamento da próxima reunião.

### **5 Work Tools**

Para garantir uma gestão eficiente dos recursos humanos é necessário utilizar diversas ferramentas de trabalho. Nas seguintes secções estas ferramentas vão ser enumeradas, sendo descritas as suas principais aplicações.

#### **5.1 Google Drive/Docs**

Google Drive é um serviço onde rapidamente se conseguem partilhar ficheiros entre toda a equipa. O Google Docs é um serviço que tem as funcionalidades necessárias para a criação rápida de documentos como atas e permite a edição simultânea e consulta por vários elementos da equipa.

Assim, foram criadas as seguintes pastas: "Documentation", onde estão contidos o relatório final e os manuais de qualidade, e onde podem ser adicionados outros documentos com estas características; "Templates", onde se encontram os templates para se fazer as atas ou para as avaliações do trabalho; Tasks, onde rapidamente se pode responder às tarefas que sejam necessárias ao trabalho; "Presentations", onde se desenvolvem as apresentações e por fim "Meetings" onde se encontram as atas e documentos que derivam das reuniões.

#### **5.2 Overleaf**

O Overleaf é uma plataforma de produção partilhada de documentos L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, sendo intuitiva e prática. Na elaboração de documentos mais extensos, será utilizado o Overleaf para se trabalhar concorrentemente com outros elementos da equipa, de forma a produzir um documento que utilize o espaço de forma mais eficiente, e que permita a referenciação automática de fontes bibliográficas.

#### **5.3 GitHub**

O GitHub é uma ferramenta essencial para desenvolvimento de software. Funciona como um repositório com funcionalidades dedicadas que permitem: manter um controle de versões (git), planejar e distribuir tarefas e rastrear bugs.

Desta forma, nas reuniões semanais, são criados issues e atribuídos aos elementos responsáveis pela sua realização e manutenção do estado no project management (To do, In progress, Reviewing, Done). Assim, a utilização do GitHub não se restringe a desenvolvimento de software, mas também a manter informação sobre o estado de qualquer tarefa a desenvolver pela equipa.

#### **5.4 Discord**

O Discord é uma plataforma de comunicação através de canais dedicados a temas, onde é possível partilhar texto, imagens e fazer reuniões com todos os elementos da equipa. Com estas funcionalidades, foram usadas 3 categorias: informações, canais de texto e canais de voz. Nas informações encontram-se as localizações das outras ferramentas de trabalho, bem como qualquer nota essencial ao bom funcionamento da equipa. Os canais de texto incluem vários sub-canais como geral, planeamento de sessões, e tópicos não relacionados. Por fim, como canal de voz temos as reuniões intra-equipa.

#### **5.5 Messenger**

O Messenger é um serviço de mensagens rápidas, que é principalmente utilizado para discussões breves, atualizações pontuais cuja divulgação por todos seja necessária e votações.

## 5.6 Zoom

O zoom é um serviço que permite fazer reuniões, e a sua utilização restringe-se principalmente a reuniões importantes, como por exemplo a reunião de introdução do grupo.

## 5.7 Doodle

O Doodle é um serviço de votação, o qual será usado pela equipa como calendário online, onde cada elemento pode colocar as suas disponibilidades, facilitando assim a marcação de reuniões.

## 6 Avaliação

De forma a avaliar o trabalho, comportamento e a responsabilidade de cada membro da equipa, foram estabelecidos cinco componentes de avaliação com pesos atribuídos, como consta na tabela 2.

Tabela 2: Componentes de avaliação individual dos elementos do grupo, seus pesos, e breve descrição.

Designação	Peso (%)	Descrição
Cumprimento de objetivos	35	Execução das tarefas de acordo com o que é proposto ou esperado - ser eficaz
Responsabilidade	25	Assiduidade, pontualidade e cumprimento das regras
Comunicação	15	Capacidade de comunicar as suas ideias e opiniões com os restantes elementos da equipa
Qualidade de trabalho	15	Execução das tarefas da melhor maneira possível e com o mínimo de erros - ser eficiente
Participação	10	Contribuição e participação ativa durante as reuniões da equipa

Cada elemento da equipa deve avaliar os restantes individualmente, atribuindo uma nota numa escala de -2 a 2 para cada componente descrito. Adicionalmente, a média da equipa deve ser 0.

A avaliação interna ocorrerá de duas em duas semanas, com prazo de um dia após a reunião intra-equipa semanal, com o intuito de promover o bom desempenho de cada elemento e de permitir identificar possíveis dificuldades. Esta deverá também ser feita de forma não anónima, com o objetivo de haver partilha de perspetivas em relação à quantidade e qualidade do trabalho realizado, bem como ao cumprimento dos objetivos sugeridos.

## 7 Templates

Nesta secção são apresentados os dois templates principais a utilizar para a redação de Atas e documentos mais extensos (o presente Manual de Qualidade já segue este template). As atas serão efetuadas no Google Docs consoante o template apresentado na figura 1, que se encontra na Google Drive da equipa, sob a pasta "Templates". Documentos mais extensos, que serão entregues ao orientador do projeto, seguirão o template apresentado nas figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, cujo link para a respetiva página web do Overleaf está à disposição de todos os elementos da equipa. Para um dado documento, no caso da total ausência de tabelas, figuras ou referências, a respetiva secção será omitida.



**FEUP** FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

## Título

(ex: Ata de Reunião de Equipa - Semana 1, 1<sup>a</sup>

## Reunião)

Data: Local:  
Membros Presentes:  
Membros Ausentes:  
Hora de Início: Hora de Final:  
Notas:

## Agenda

Nesta reunião pretende-se abordar os seguintes tópicos:

1. A
2. B
3. ...

## Revisão Semanal

O que cada membro fez, dificuldades sentidas e eventuais soluções encontradas para resolver essas dificuldades.

## Tópicos Não Concluídos

Tópicos da agenda que não foram concluídos e uma breve descrição do porquê. Se um tópico tiver sido abordado e fez-se algum progresso para atingir uma conclusão/solução, deverá ser descrito o progresso feito, bem como o que falta resolver.

## Tópicos Concluídos

Tópicos que foram discutidos e que se conseguiu chegar a conclusões/soluções. Deverá ser descrito como se chegou à conclusão/solução (por votos, alguém responsável pelo tópico tomou uma decisão, etc.)

## Próxima Reunião

A próxima reunião está agendada para as 00:00 do dia 00/00/0000 na sala X000/através da plataforma Discord/no local X.

Figura 1: Template a seguir para a redação de atas.

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**FEUP**

**Sistema de Planeamento e Controlo de Execução para Veículo de  
Superfície Não Tripulado - Template de Documento**

Equipa E

Orientador João Sousa

Líder da Equipa Carlos Pinto

Manual de Qualidade realizado no âmbito da unidade curricular  
Sistemas de Engenharia - Automação e Instrumentação do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

11 de outubro de 2020

Figura 2: Capa do template de documentos mais extensos.

### **Registo de Versões**

Versão	Data	Descrição
0.1	dd/mm/aaaa	Descrição concisa de alterações feitas na versão 0.1 do documento
0.2	dd/mm/aaaa	Descrição concisa de alterações feitas na versão 0.2 do documento
...	...	...

---

André Teixeira, Carlos Pinto, Fernando Silva, Francisco Oliveira, João Santos, João Fernandes, Leonor Santos, Miguel Lousada, Ricardo Martins, Ricardo Ribeiro

1

Figura 3: Registo de versões do template de documentos mais extensos.

## Índice

<b>1 Objetivo do Documento/Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2 Secção 1</b>	<b>3</b>
2.1 Secção 1.1 .....	3
2.1.1 Secção 1.1.1 .....	3
<b>3 Secção 2</b>	<b>3</b>
<b>A Apêndice 1</b>	<b>4</b>
A.1 Sub-categoria do apêndice 1 .....	4
<b>B Apêndice 2</b>	<b>4</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>5</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>6</b>
<b>Referências</b>	<b>7</b>

---

André Teixeira, Carlos Pinto, Fernando Silva, Francisco Oliveira, João Santos, João Fernandes, Leonor Santos, Miguel Lousada, Ricardo Martins, Ricardo Ribeiro 2

Figura 4: Exemplo de índice do template de documentos mais extensos.

## 1 Objetivo do Documento/Introdução

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

## 2 Secção 1

  Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

### 2.1 Secção 1.1

  Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

#### 2.1.1 Secção 1.1.1

  Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

## 3 Secção 2

  Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Figura 5: Exemplo de corpo do template de documentos mais extensos.

**A Apêndice 1**

**A.1 Sub-categoria do apêndice 1**

**B Apêndice 2**

---

André Teixeira, Carlos Pinto, Fernando Silva, Francisco Oliveira, João Santos, João Fernandes, Leonor Santos, Miguel Lousada, Ricardo Martins, Ricardo Ribeiro 4

Figura 6: Exemplo de apêndices do template de documentos mais extensos.

## **Lista de Tabelas**

---

André Teixeira, Carlos Pinto, Fernando Silva, Francisco Oliveira, João Santos, João Fernandes, Leonor Santos, Miguel Lousada, Ricardo Martins, Ricardo Ribeiro 5

Figura 7: Lista de Tabelas do template de documentos mais extensos.

## **Lista de Figuras**

---

André Teixeira, Carlos Pinto, Fernando Silva, Francisco Oliveira, João Santos, João Fernandes, Leonor Santos, Miguel Lousada, Ricardo Martins, Ricardo Ribeiro 6

Figura 8: Lista de figuras do template de documentos mais extensos.

## **Referências**

---

André Teixeira, Carlos Pinto, Fernando Silva, Francisco Oliveira, João Santos, João Fernandes, Leonor Santos, Miguel Lousada, Ricardo Martins, Ricardo Ribeiro 7

Figura 9: Referencias do template de documentos mais extensos.

## **Lista de Tabelas**

1	Composição da equipa, contactos de cada elemento e sua respetiva especialização. . . . .	3
2	Componentes de avaliação individual dos elementos do grupo, seus pesos, e breve descrição. .	8

## **Lista de Figuras**

1	Template a seguir para a redação de atas. . . . .	9
2	Capa do template de documentos mais extensos. . . . .	10
3	Registo de versões do template de documentos mais extensos. . . . .	11
4	Exemplo de índice do template de documentos mais extensos. . . . .	12
5	Exemplo de corpo do template de documentos mais extensos. . . . .	13
6	Exemplo de apêndices do template de documentos mais extensos. . . . .	14
7	Lista de Tabelas do template de documentos mais extensos. . . . .	15
8	Lista de figuras do template de documentos mais extensos. . . . .	16
9	Referencias do template de documentos mais extensos. . . . .	17

## **Anexo B Análise de Mercado**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**FEUP**

**Sistema de Planeamento e Controlo de Execução para Veículo de Superfície Não Tripulado - Market Survey**

Equipa E

Orientador João Sousa

Líder da Equipa Carlos Pinto

Market Survey realizado no âmbito da unidade curricular  
Sistemas de Engenharia - Automação e Instrumentação do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

24 de novembro de 2020

## Registo de Versões

Versão	Data	Descrição
0.1	16/10/2020	Criação do documento base segundo o template definido
0.2	17/10/2020	Contribuição individual de todos os membros para as respetivas secções
0.3	17/10/2020	Revisão em equipa
0.4	19/10/2020	Alteração da Segmentação de Mercado
0.5	19/10/2020	Revisão final pelo coordenador de documentação

## **Índice**

<b>1 Objetivo do Market Survey</b>	<b>3</b>
1.1 Metodologia de Pesquisa . . . . .	3
1.2 Limitações . . . . .	3
<b>2 Visão Geral do Sistema</b>	<b>3</b>
2.1 Hardware do protótipo . . . . .	4
2.2 Sistemas e subsistemas da arquitectura de controlo . . . . .	5
2.2.1 On-Board . . . . .	5
2.2.2 Software Instalado . . . . .	6
2.3 Sistemas de controlo a implementar e integrar . . . . .	7
<b>3 Análise de Mercado</b>	<b>8</b>
3.1 Mercado Potencial . . . . .	8
3.2 Segmentação de Mercado . . . . .	8
3.3 Dimensão de Mercado . . . . .	9
3.4 Dinâmica de Mercado . . . . .	9
<b>4 Fornecedores / Competição</b>	<b>9</b>
4.1 L3 ASV . . . . .	10
4.2 Kongsberg . . . . .	10
4.3 OceanAlpha . . . . .	10
4.4 Sea Machines . . . . .	11
4.5 Liquid Robotics . . . . .	11
4.6 MARTAC . . . . .	11
4.7 Análise geral dos fornecedores . . . . .	11
<b>5 Conclusões</b>	<b>12</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>13</b>
<b>Referências</b>	<b>14</b>

## 1 Objetivo do Market Survey

Este documento tem como objetivo adquirir uma perspetiva em relação a veículos não tripulados de superfície (*Unmanned Surface Vehicles - USVs*), a sua valorização no mercado, bem como algumas soluções já existentes. Pretende-se, portanto, decompor o nosso sistema e analisar a sua viabilidade no mercado.

O nosso projeto consiste no desenvolvimento de software que irá controlar a execução de um catamaran, convertendo-o num USV, com potencial alterações a nível de hardware. O âmbito do nosso projeto é, portanto, o de conversão de veículos, e não a produção de USVs. No entanto, particularmente para a análise de mercado - secção 3 - olhou-se para o mercado de USVs como um todo, sem particularizar o mercado de conversão de veículos normais (tripulados) em USVs, devido a alguma falta de informação em relação a este último.

### 1.1 Metodologia de Pesquisa

Para a realização deste documento, juntaram-se vários artigos das bibliotecas digitais: *IEEE, ACM, Research Gate e Science Direct*. Estes artigos foram analisados na tentativa de adquirir um melhor conhecimento do modo de operação típico destes sistemas, bem como a sua utilidade.

Com o âmbito de obter informação do mercado e de outras soluções, pesquisaram-se também bases de dados de *Market Surveys*, juntando informação de diversas fontes para obter uma perspetiva global e o mais correta possível.

No que diz respeito à análise da Competição e de fornecedores atualmente em Mercado, recorremos a companhias citadas em *Market Surveys* assim como a companhias apresentadas por um Website próprio para a pesquisa de fornecedores na área em questão, *Unmanned Systems Technology* [1].

### 1.2 Limitações

Este documento foi feito exclusivamente a partir da informação de terceiros, isto é, não se fez um estudo do mercado de forma direta (contactando empresas, especialistas, etc.). Desta forma, toda a informação presente neste documento está dependente da veracidade das fontes utilizadas. As bases de dados de *Market Surveys* só foram consultadas superficialmente, já que uma consulta dos próprios *Market Surveys* envolvia preços impraticáveis que não se justificam para o âmbito deste projeto, resultando em informação sobretudo qualitativa, com poucas métricas. Outro fator limitante à pesquisa, foi a quantidade de informação disponibilizada pelas companhias que atuam na área em relação aos produtos de interesse e às suas características.

## 2 Visão Geral do Sistema

A necessidade de realizar operações com um nível elevado de complexidade, longevidade e precisão levou ao desenvolvimento de veículos marítimos autónomos. Os campos de aplicação variam desde o apoio à autoridade nacional de proteção civil a estudos hidrográficos.

Assim, o projeto consiste na integração do software do Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática (LSTS) num catamarã X-2601 da marinha portuguesa. O sistema X-2601 é um sistema de prototipagem rápida de veículos de superfície autónomos que já se encontra operacional, e tem as funcionalidades básicas de navegação funcionais. A arquitetura desenvolvida pelo LSTS, que já está implementada em outros veículos da marinha, permite coordenar, planear, controlar e monitorizar operações. A junção destes dois sistemas é particularmente interessante pois permite acrescentar rapidamente as funcionalidades a um veículo já existente por um baixo custo e num prazo temporal baixo.

## 2.1 Hardware do protótipo



Figura 1: Protótipo X-2601 e os seus módulos de hardware

Acima está ilustrado os componentes de hardware do protótipo a converter.  
No mastro multi-propósito encontra-se:

- Módulo gerador para alimentação do sistema de 3k W
- Carregador e baterias
- Modulo comando e controlo (módulo C3)
- Sensores

Em paralelo com o mastro é possível encontrar o módulo IH que controla o sonar de feixe simples e o sonar de feixe lateral, colocados em baixo do mesmo.

O movimento e direção do sistema é dado por 2 motores elétricos e 2 lemos.

Dimensões do sistema:

- Comprimento: 4m
- Boca (largura): 2m
- Calado: 60 cm

## 2.2 Sistemas e subsistemas da arquitectura de controlo



Figura 2: Sistema e subsistemas da arquitetura de controlo

### 2.2.1 On-Board

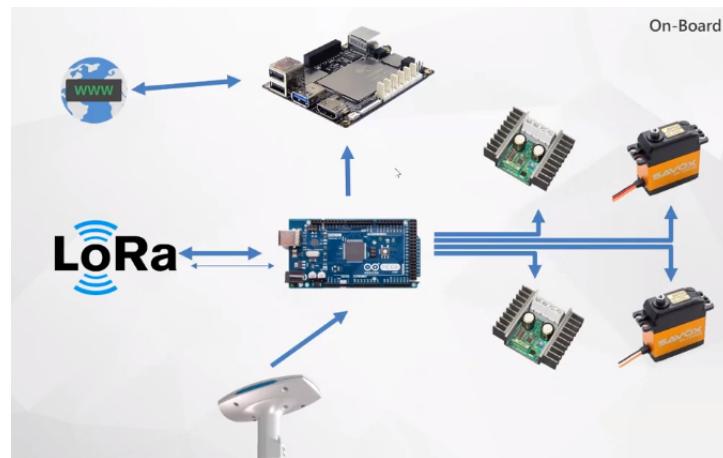


Figura 3: Subsistema On-board e seus componentes

Dentro da arquitetura On-Board é possível encontrar:

- Módulo de comunicações LoRa que funciona a 433MHz e potência de 5W para comunicação com o arduino.
- LoRa (Long Range) é uma tecnologia de rede de área ampla de baixa potência, possui grande alcance, mas baixa largura de banda. É usado para telemetria para controlo remoto com alcance até 8Km.
- Um microcontrolador Arduino Mega responsável por gerir o sistema motor.
- Um AIS (Automatic Identification System) que identifica a embarcação para outras embarcações e para a rede em terra.
- Bússola com gps integrado LT1000 que fornece informação ao arduino da posição e da proa do sistema.
- 2 Drivers para os motores controlados por modulação PWM.

- 2 Servos para controlar os lemes.
- 1 SBC (single board computer) LattePanda com Sistema Operativo Windows 10 que conecta através de um router à internet para controlo ou programação em remoto do Arduino.

Nota: Posteriormente, este SBC pode ser trocado para correr um Sistema Operativo Linux por motivos de fiabilidade, segurança e custo.

### 2.2.2 Software Instalado

Atualmente, o sistema tem vários software instalado, algum do qual de uso livre e outro desenvolvido pela marinha como é o caso do GCS e do código do arduino. A seguir, analisámos algum desse software.

O LattePanda funciona atualmente com o sistema operativo Windows, onde é possível usar o TeamViewer para alterar o código do arduino e trabalhar remotamente na plataforma.

O código do arduino foi desenvolvido em C++ e permite o controlo dos motores.

O protocolo NMEA é um conjunto de combinações elétricas e de dados para a comunicação entre dispositivos eletrónicos marítimos, como por exemplo eco-localizadores, receptores GPS, etc.

O OpenCPN é um software livre que cria um plotter gráfico, semelhante a uma carta náutica e que dá para visualizar posição e várias informações do sistema. Pode ser usado em andamento ou como ferramenta de planeamento. O OpenCPN é desenvolvido por uma equipa de velejadores ativos que utilizam condições do mundo real para testes e melhoramentos do software.

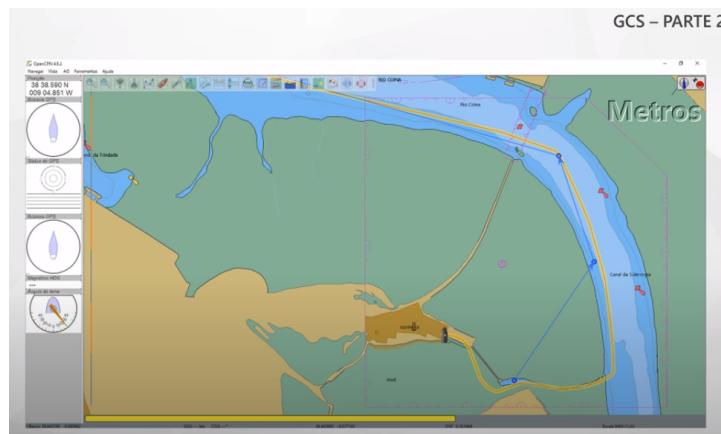


Figura 4: Software OpenCPN

O GCS (Ground Control Station) foi desenvolvido em C#. Esta linguagem de programação é desenvolvida pela Microsoft e é completamente suportada pela plataforma .NET Framework. A WinForms foi uma das frameworks de C# utilizada neste projeto, o que facilitou a criação da GUI do GCS. C# é também uma linguagem orientada a objetos, suportando conceitos como encapsulamento, herança e polimorfismo.



Figura 5: Ground Control Station

### 2.3 Sistemas de controlo a implementar e integrar

Neste segmento vamos analisar a toolchain do Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática (LSTS), onde vai ser integrado o veículo X-2401. Vamos concentrar os esforços nas ferramentas DUNE e Neptus. A ferramenta de software DUNE é independente tanto da arquitetura de CPU como do sistema operativo. Trata-se de um software muito compacto, não excedendo o tamanho de 16 Megabyte ([1]), sendo assim uma ferramenta de extrema modularidade. (Aspecto que pode ser diferenciador em diferentes áreas de mercado).

DUNE trata-se de um software de bordo especializado para veículos não tripulados. Contém módulos para controlo, navegação, simulação, comunicação. Assim como também pode ser responsável pelas interações entre atuadores e sensores. No contexto do projeto as ferramentas desenvolvidas DUNE, como a recolha de dados de diversos sensores e a disponibilização dos mesmos para processamento de forma organizada, permite uma maior optimização do sistema.

O DUNE foi desenvolvido na linguagem de programação orientada a objetos C++, com suporte para todos os sistemas compatíveis com POSIX, tornando portátil e eficiente. A arquitectura desenvolvida na ferramenta DUNE permite a criação de perfis por parte do utilizador. Estes perfis são ficheiros de configuração para diferentes tipos de UAVs e AUVs. A estrutura consiste em “tasks” que são executadas de forma concorrente (multi-threading) e independente (não existe partilha direta de memória). Na inicialização o DUNE instancia todas as “tasks” referidas no ficheiro de configuração, com as devidas parametrizações. De seguida executa as “tasks” em diferentes threads, que depois interagem assincronamente através de um IMC BUS (Inter-Module Communication). A comunicação inter-task segue o modelo “publish-subscribe”.

O Neptus trata-se de uma ferramenta de software utilizada para comando e controlo de UAVs. Permite o suporte a todo o ciclo de vida de uma missão, ou seja suporte para o planeamento e simulação, assim como a execução. Durante a fase de execução o Neptus permite a visualização, em tempo real, dos dados provenientes dos UAVs. Através desta ferramenta podemos fazer a análise dos dados provenientes da missão. A capacidade do Neptus de permitir, através de perfis, fazer planeamento especializado para os diferentes UAVs, torna esta ferramenta distintamente qualificada para este projecto. O acesso às diferentes cartas marítimas e a possibilidade de fazer simulações antes da execução são ambas qualidades de extrema importância também. Esta ferramenta de software foi desenvolvida em Java e é actualmente suportada pelos sistemas operativos do Microsoft Windows e Linux. A maneira como foi desenvolvida permite a criação rápida de plug-ins para satisfazer qualquer necessidade extra do utilizador. A interface de comunicações é através do IMC BUS, o que o torna interoperável com o DUNE.

O LSTS tem uma excelente bibliografia que permite uma maior adaptabilidade para eventuais novos projectos, como o caso deste projecto de integração.

### 3 Análise de Mercado

Como tal, o mercado USV's compreende várias partes, como fornecedores de matéria-prima, fabricantes, fabricantes de produtos finais e organizações regulatórias na cadeia de abastecimento. O lado da demanda desse mercado é caracterizado por vários usuários finais, como organizações militares e compradores comerciais, enquanto que o lado da oferta é caracterizado por avanços na tecnologia USV, desenvolvimento de USVs e desenvolvimento de software.

#### 3.1 Mercado Potencial

O nosso projeto foca-se na conversão de veículos tradicionais (tripulados) em USV's, pelo que, potencialmente, qualquer fabricante de embarcações tradicionais poderá ser visto como potencial mercado. Na mesma linha de pensamento, qualquer embarcação tradicional atualmente implementada pode ser vista como mercado viável para conversão. Sendo assim, considerou-se como mercado potencial qualquer setor que se encontre nestas circunstâncias, em todos os segmentos do mercado (a analisar na secção 3.2).

#### 3.2 Segmentação de Mercado

Nesta secção tentar-se-á dividir os clientes em grupos de interesse. Existem diversos fatores sob os quais é possível fazer a segmentação de mercado. Analisámos apenas as segmentações que seriam de maior interesse para análise no âmbito do nosso projeto: aplicação e tipo de casco. Aplicação por ser o que influencia em grande parte a tecnologia incorporada no veículo. O tipo de casco será apresentado pelo facto de este também influenciar em grande parte o tipo de controlo (nomeadamente, a dois motores, no nosso caso do catamaran).

##### Segmentação por Aplicação:

- **Defesa:** a principal utilização em aplicações de defesa são em ISR [2] (*Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*) sendo que a procura de USV's para desempenhar esta tarefa continua a aumentar, bem como na patrulha de portos e costa [3]. Também são utilizados para a deteção e caracterização de minas [4], operações de vigilância costeira e patrulha de portos [4]. São utilizados também para deteção de outros veículos de superfície. São também convenientes para missões de resgate, e combate a incêndios. Em âmbito militar, são utilizados em guerra anti-submarina [4]. Já há utilização de USV's em operações críticas, de forma a reduzir riscos a forças aliadas sem afetar a tripulação. Também são usados no âmbito de treino em artilharia naval.
- **Pesquisa Científica:** são altamente utilizados para a coleção de dados marítimos [2]. Estes dados marítimos incluem qualidade de água, salinidade, entre outras métricas de composição de água. São utilizados em mapeamento oceanográfico e de rios [5]. São também utilizados em testes de cascos, sensores, interoperabilidade com outros veículos, etc.
- **Ambiental:** maioritariamente monitorização ambiental, amostragens, avaliação árida, previsão e gestão de desastres, respostas de emergência [6] e medições de poluição e eventual recolha de resíduos (nomeadamente em casos de acidentes de veículos marítimos). Previsão de tempo.
- **Outras Aplicações:** exploração de minas, gás natural e petróleo. Construção de plataformas e tubagem e sua manutenção. Transportes [7]. Plataformas de abastecimento de veículos diversos. Gateway de comunicação, isto é, pode funcionar como relay à superfície e funcionar como um link de comunicação entre bases costeiras, marítimas, satélites e unidades subaquáticas [8].

##### Segmentação por Tipo de Casco:

- **Catamaran:** casco com segundo maior CAGR, em 2018. Tem um bom equilíbrio entre a capacidade de carga e estrutura conveniente do Kayak e a estabilidade do Trimaran.
- **Kayak:** casco preferido devido à sua estrutura conveniente, quer a nível de integração, quer a nível de potencial de carga.
- **Trimaran:** procura crescente devido à sua estabilidade e minimização de risco em águas agitadas.
- **Casco Insuflável:** adequados a aplicações militares devido à sua maior resiliência e capacidade de carga.

### **3.3 Dimensão de Mercado**

A nível global, o mercado para USV's está valorizado a USD 1,513 milhões em 2019, a atingir USD 3,096.0 milhões em 2025, com Taxa de Crescimento Anual Composta (Compound Annual Growth Rate - CAGR) projetada em 12,5% para esse intervalo (de 2020 até 2025) [9]. Esta informação difere bastante das previsões referenciadas no ano anterior [10] que eram mais pessimistas, indicando que o crescimento de mercado tem tendência a aumentar. Com o impacto do surto de COVID-19 a CAGR caiu para 0.9% [11], sobretudo devido ao efeito que este surto, e as medidas tomadas quanto a este, tiveram na economia a nível global.

Geograficamente, a América do Norte possui a maior percentagem do mercado de USV's [12] e espera-se também que vá apresentar o maior lucro gerado até 2025. Tal deve-se ao aumento da violência em determinados países conjugado, com a atual evolução tecnológica. Por outro lado, existe um aumento do CAGR na Europa (onde existe o maior aumento de CAGR [12]) devido a um crescimento da procura de USV's por parte da marinha para estudos oceanográficos e atividades ISR relacionadas com o ambiente.

### **3.4 Dinâmica de Mercado**

Os veículos autónomos estão a ganhar popularidade pelo que se estima uma crescente procura por aplicações relacionadas com a construção e integração destes equipamentos em tarefas quotidianas, bem como em atividades de tecnologia e inovação. Tem-se verificado nos últimos anos um maior interesse na patrulha marítima com veículos não tripulados, por permitirem grandes períodos de atividade ininterrupta e identificação em situações de pouca visibilidade (como por exemplo de noite com sistemas infra-red). Paralelamente à defesa da costa, a preocupação com a preservação e estudo dos ecossistemas subaquáticos e mapeamento dos fundos oceânicos têm vindo a impulsionar o desenvolvimento dos veículos em questão, por serem mais robustos e flexíveis. No entanto, o maior entrave à integração de sistemas autónomos em ambiente aquático é o grande investimento necessário nas etapas iniciais do desenvolvimento e as ainda existentes questões com manutenção. Este investimento é parcialmente ou completamente contrariado pelo facto de não ser necessário investir em tripulação, bem como o potencial aumento de eficiência em gastos de combustíveis (assumindo que o controlador de execução é mais eficiente que um operador humano).

Verifica-se que o mercado dos veículos não tripulados ainda está relativamente fragmentado [12], sendo que ainda há bastante competição. Até ao momento, as empresas mais competitivas são:

- L3 ASV
- Kongsberg
- Ocean Alpha
- Sea Machines
- MARTAC
- General Dynamics
- Atlas Elektronik
- Sea Robotics Inc.
- Liquid Robotics
- Rafael Advanced Defense Systems

## **4 Fornecedores / Competição**

Por fim, é relevante analisar a potencial competição e fornecedores de equipamentos da mesma gama. Com o crescimento do mercado têm surgido cada vez mais companhias a inovar a tecnologia inerente aos USVs e a análise das respetivas características permite um maior leque de opções para o desenvolvimento do nosso produto.

De seguida apresentamos algumas companhias que atuam na área e respetivos produtos de interesse:

#### **4.1 L3 ASV**

Com sede nos EUA e no Reino Unido a *L3 ASV* [13] é uma fornecedora de Sistemas Marítimos Não Tripulados e Autónomos. Como produto da área de sistemas de controlo de USVs eles apresentam o *ASView Control System* que apresenta:

- Um sistema implementado em mais de 80 veículos não tripulados;
- Controlo direto remoto para lançamento e recuperação via ASView-Helm;
- Controlo e monitorização de uma variedade de motores e propulsores. Controlo assistido de direção e velocidade;
- ASView-Core: Sistema de controlo na embarcação. Ligado a sensores e atuadores por meio de uma rede, NMEA, CAN ou Ethernet;
- ASView-Bridge: uma interface de operador para controlo da embarcação. Fornece cartas náuticas, ferramentas de planeamento de missão, dados do sensor, vídeo e radar do veículo. Corre num sistema operativo Linux;
- Pode ser controlado externamente a partir de interfaces terceiras, ou sistemas operativos robóticos open-source como MOOS, ROS, SeeByte Neptune.

#### **4.2 Kongsberg**

Fundada em 1814 na Noruega, a *Kongsberg Group* [14] é uma das empresas líder tecnológicas no país. Em 2017 a divisão *Kongsberg Maritime* em conjunto com a *Norwegian Defence Research Establishment* desenvolveu o K-MATE, um sistema de controlo de veículos autónomos de superfície a ser integrado em USVs, com características prometedoras:

- Capacidade de instalação em grande parte dos USVs via interface elétrica;
- Seguimento de waypoints adaptativo enquanto recebe dados dos sensores para analisar terrenos e evitar colisões;
- Cumprimento de missões planeadas;
- Supervisão de operações;
- Capacidade de controlo direto por um operador em tarefas mais complexas.

#### **4.3 OceanAlpha**

A *OceanAlpha* [15], empresa Chinesa fundada em 2010, garante ser a "fornecedor líder mundial" de USVs contando com mais de 100 engenheiros e 92 patentes relacionadas aos mesmos. No início do ano 2020 foi construído o centro de pesquisa, desenvolvimento e teste de USVs da empresa constituído por piscinas para testes topográficos e por um "porto" capaz de acolher 108 testes do produto. A *OceanAlpha* é responsável pelo desenvolvimento de veículos para alto mar, para monitorização do ambiente, veículos de segurança e resgate, entre outros. Um destes, e o que mais se aproxima do projeto em questão, é o ME120 cujas propriedades são listadas a seguir:

- Capacidade de pré-programação de missões;
- Controlo direto do utilizador a partir de um controlador remoto;
- Deteção de obstáculos;
- Visualização do ambiente em tempo real durante o controlo manual.

#### **4.4 Sea Machines**

A *Sea Machines* [16] é uma desenvolvedora de sistemas de controlo marítimo; sistemas de comando autónomo, percepção avançada e controlo remoto do leme e assistência à navegação para embarcações de superfície com sedes nos EUA, Alemanha e Dinamarca. Desenvolveram vários produtos da gama SM, mas o que representa a maior inovação na área dos USVs é o *SM300* que apresenta as seguintes características:

- Ideais para embarcações de combate a incêndios, de pesquisa comercial, de resposta a derramamentos, embarcações de segurança / patrulha / busca e resgate e de aquicultura;
- Hub de controlo inteligente a bordo faz interface e processa dados de radar, câmeras, GPS, Sistema de Identificação Automática (AIS), Cartas Náuticas Eletrónicas (ENCs);
- Detecção e prevenção de obstáculos;
- Interface de apontar e clicar que permite aos usuários planejar, rastrear e registar missões simplesmente selecionando waypoints e inserindo parâmetros da embarcação.

#### **4.5 Liquid Robotics**

A *Liquid Robotics* [17], que pertence totalmente à *The Boeing Company*, conseguiu desenvolver um USV alimentado a energia solar e energia das ondas sem quaisquer emissões. O *Wave Glider* foi criado para alcançar locais de difícil acesso ou com elevadas implicações financeiras. Algumas outras características importantes deste USV são:

- Recolha e envio de informação em tempo real durante até um ano sem combustível;
- Capacidade de implementar novos sensores e novas funcionalidades de software;
- Capacidade de interagir com outros sistemas;
- Capacidade de navegação em atmosféricas adversas.

#### **4.6 MARTAC**

*Maritime Tactical Systems* ou *MARTAC* [18] é um fornecedor inovador de veículos de superfície não tripulados (USV) chamados *MANTAS* para missões e mercados militares, de segurança, comerciais e científicos desde 2012. Tem sede nos EUA. O *MANTAS* apresenta:

- Propulsão elétrica ou diesel / elétrica;
- Consola de comando e controlo operacional TASKER (Sistema próprio da MARTAC);
- Interface com mapa da missão e vídeo em tempo real;
- Modos de controlo do operador totalmente autónomo, semi-autónomo e manual;
- Sensores e comunicações agnósticas;
- Mecanismo de lançamento e recuperação.

#### **4.7 Análise geral dos fornecedores**

Em suma, é evidente que já existem bastantes fornecedores tanto de sistemas de controlo de USVs como de USVs propriamente ditos. Com o crescer deste mercado, ainda assim, é expectável que surjam ainda mais contribuições para a inovação na área dos veículos de superfície não tripulados.

Das companhias analisadas podemos retirar algumas características interessantes ao projeto no que toca à parte de interface, como a introdução de cartas náuticas e de um sistema de seguimento de waypoints. No entanto, se o projeto se estendesse para além da interface do sistema de controlo, existiriam mais especificações de interesse como um mecanismo manual de lançamento e recuperação do veículo, assim como a deteção e prevenção de colisão com obstáculos. Outra capacidade interessante seria um design promovendo a extensibilidade, ou seja, a possibilidade de adição de novos módulos sem a alteração da arquitetura do sistema.

## **5 Conclusões**

Com este documento, conseguiu-se apresentar o sistema e respetivos subsistemas de forma concisa, com uma análise de mercado superficial, bem como uma análise de competição. Este estudo teve algumas limitações consideráveis, nomeadamente a falta de informação, ou limitação económica ao seu acesso.

Este estudo permitiu concluir que a conversão de veículos tradicionais em USVs é ainda um campo pouco explorado, no entanto com boa perspetiva de sucesso, visto o aumento constante de procura de USVs, sendo previsível que a conversão de embarcações tradicionais será, igualmente, viável.

## **Lista de Figuras**

1	Protótipo X-2601 e os seus módulos de hardware . . . . .	4
2	Sistema e subsistemas da arquitetura de controlo . . . . .	5
3	Subsistema On-board e seus componentes . . . . .	5
4	Software OpenCPN . . . . .	6
5	Ground Control Station . . . . .	7

## Referências

- [1] “Unmanned systems technology, a website to search for suppliers in unmanned systems,” <https://www.unmannedsystemstechnology.com/?s=USV+control>, accessed: 2020-10-17.
- [2] “Unmanned surface vehicle (usv) market by application (isr, mcm, oceanography, hydrography), system (propulsion, communication, payload, chassis), type, mode of operation, size, hull, endurance and region - global forecast to 2023,” <https://www.researchandmarkets.com/reports/4667596/unmanned-surface-vehicle-usv-market-by#pos-3>, accessed: 2020-10-17.
- [3] P. Svec and S. K. Gupta, “Automated synthesis of action selection policies for unmanned vehicles operating in adverse environments,” *Autonomous Robots*, vol. 32, no. 2, pp. 149–164, 2012.
- [4] V. Bertram, “Unmanned surface vehicles-a survey,” *Skibsteknisk Selskab, Copenhagen, Denmark*, vol. 1, pp. 1–14, 2008.
- [5] K. Rasal, “Navigation & control of an automated swath surface vessel for bathymetric mapping,” 2013.
- [6] Z. Liu, Y. Zhang, X. Yu, and C. Yuan, “Unmanned surface vehicles: An overview of developments and challenges,” *Annual Reviews in Control*, vol. 41, pp. 71 – 93, 2016. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578816300219>
- [7] U. Kiencke, L. Nielsen, R. Sutton, K. Schilling, M. Papageorgiou, and H. Asama, “The impact of automatic control on recent developments in transportation and vehicle systems,” *Annual Reviews in Control*, vol. 30, no. 1, pp. 81 – 89, 2006, 2005 IFAC Milestone Reports. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578806000083>
- [8] M. Caccia, M. Bibuli, R. Bono, and G. Bruzzone, “Basic navigation, guidance and control of an unmanned surface vehicle,” *Autonomous Robots*, vol. 25, no. 4, pp. 349–365, 2008.
- [9] “Global unmanned surface vehicle (usv) market was valued at usd 1,513.0 million and is expected to reach usd 3,096.0 million by 2025, observing a cagr of 12.5% during 2020–2025: Vynz research,” <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/05/11/2031303/0/en/Global-Unmanned-Surface-Vehicle-USV-Market-was-Valued-at-USD-1-513-0-million-and-is-Expected-to-Reach-USD-3-096-0-million-by-2025-Observing-a-CAGR-of-12-5-during-2020-2025-VynZ-Res.html>, accessed: 2020-10-17.
- [10] “Unmanned surface vehicle (usv) market worth 861.37 million usd by 2021,” <https://www.prnewswire.com/news-releases/unmanned-surface-vehicle-usv-market-worth-86137-million-usd-by-2021-577584251.html>, accessed: 2020-10-17.
- [11] “Autonomous marine vehicles global market report 2020-30: Covid 19 growth and change,” <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/autonomous-marine-vehicles-global-market-report>, accessed: 2020-10-17.
- [12] “Unmanned marine vehicles market - growth, trends, and forecast (2020 - 2025),” <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/unmanned-marine-vehicles-market>, accessed: 2020-10-17.
- [13] “Asview technology from l3 asv,” <https://www.asvglobal.com/asview-technology/>, accessed: 2020-10-17.
- [14] “Kongsberg k-mate autonomy controller for new usv-auv platform,” <https://www.kongsberg.com/es/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2017/kongsberg-k-mate-autonomy-controller-for-new-usv-auv-platform/>, accessed: 2020-10-17.
- [15] “Hydrographic unmanned surface vehicle,” <https://www.oceanalpha.com/product-item/me120/>, accessed: 2020-10-17.
- [16] “Top capabilities sea machines adds to commercial surface vessels,” <https://sea-machines.com/top-8-capabilities-sea-machines-adds-to-commercial-surface-vessels/>, accessed: 2020-10-17.

- [17] ‘Reimagine ocean monitoring and operations. unmanned robots powered by nature,’ <https://www.liquid-robotics.com/wave-glider/overview/>, accessed: 2020-10-17.
- [18] ‘Mantas usv features,’ <https://martacsystems.com/mantas-vessels/>, accessed: 2020-10-17.

## **Anexo C   Lista de Requisitos**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**Sistema de Planeamento e Controlo de Execução para Veículo de  
Superfície Não Tripulado - Lista de Requisitos**

Equipa E

Orientador João Sousa

Líder da Equipa Carlos Pinto

Lista de Requisitos realizado no âmbito da unidade curricular  
Sistemas de Engenharia - Automação e Instrumentação do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

24 de novembro de 2020

## Registo de Versões

Versão	Data	Descrição
0.1	20/10/2020	Criação do documento base segundo o template definido
0.2	20/10/2020	Outline inicial (estrutura)
0.3	23/10/2020	Objetivo do documento e estrutura geral da apresentação de requisitos
0.4	24/10/2020	Junção das secções de requisitos
0.5	24/10/2020	Adição de uma secção para legislação
0.6	24/10/2020	Revisão em equipa dos requisitos
1.1	2/11/2020	Alteração dos requisitos após consulta com cliente.
1.2	22/11/2020	LaTeX: utilização de macros para definir os códigos dos requisitos, de forma a tornar a sua alteração mais fácil.
1.3	23/11/2020	Alteração dos requisitos após melhor avaliação e conhecimento do projeto e feedback da apresentação intermédia.

## **Índice**

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo da Lista de Requisitos</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Visão Geral do Sistema</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Estruturação das Tabelas de Requisitos</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Necessidades</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>Requisitos</b>	<b>5</b>
6.1	Requisitos Funcionais . . . . .	5
6.2	Requisitos de Performance . . . . .	5
6.3	Requisitos de Design . . . . .	6
6.4	Requisitos Alocados . . . . .	6
6.5	Requisitos Derivados . . . . .	7
<b>7</b>	<b>Legislações</b>	<b>9</b>
7.1	AIS . . . . .	11
7.2	Certificados de conformidade de alguns dos equipamentos eletrónicos . . . . .	11
7.3	Algumas Fontes Relevantes . . . . .	11
	<b>Lista de Tabelas</b>	<b>12</b>
	<b>Lista de Figuras</b>	<b>13</b>
	<b>Referências</b>	<b>14</b>

## 1 Introdução

A integração do sistema de controlo de um veículo (no caso USV) numa *toolchain* que consta com vários outros veículos necessita de uma análise de requisitos de modo a que todas as especificações do cliente e dependências da *toolchain* sejam cumpridas e consigam operar com o melhor nível de performance possível.

O sistema pode ser dividido em uma parte de baixo nível que envolve o controlo direto dos motores e lemes, outra de alto nível que envolve o planeamento de rotas, gestão de recursos, análise e tratamento de dados e por fim a comunicação entre estas partes chave do sistema. Sem esquecer que o veículo operará num ambiente que requer o cumprimento de normas e legislações, assim como uma interação contínua com outros veículos, que operam no mesmo meio de modo a promover a segurança de todas as embarcações.

De um outro ponto de vista, esta análise representa também uma organização inicial do caderno de encargos do projeto, promovendo uma análise mais aprofundada e detalhada das tarefas que a equipa realizará de modo a atingir o produto final.

## 2 Objetivo da Lista de Requisitos

Este documento tem como objetivo a identificação e classificação de todos os requisitos fornecidos pelo cliente (necessidades), gerando requisitos com base nessas necessidades. Os requisitos serão estruturados e apresentados de forma concisa, em tabelas, como consta na secção 4.

O sistema em questão é brevemente descrito na secção 3.

Em cada uma das secções relativas a requisitos segue uma breve descrição dos conteúdos da mesma, e a respetiva tabela de requisitos. Na secção 5 serão especificados os requisitos fornecidos pelo cliente, na secção 6 apresentam-se os requisitos com base nas necessidades do cliente, subdivididos em requisitos: funcionais (secção 6.1), de performance (secção 6.2), de design (secção 6.3), alocados (secção 6.4) e derivados (secção 7.2).

Alguns artigos de legislações e normas que considerámos mais relevantes para o âmbito do projeto estão enunciados na secção 7.

## 3 Visão Geral do Sistema

O sistema que se pretende conceber está representado na figura 1. O sistema atual, consiste apenas no catamarã - X-2601 - em si, com um microcontrolador Arduino implementado, com rotinas de controlo simples, e o LattePanda, que apenas é utilizado para programar o Arduino remotamente.

Todas as demais funcionalidades fazem parte do projeto: a implementação do DUNE na placa LattePanda, com os conceitos de supervisor e de manobras, bem como a implementação de uma *Ground Control Station* (GCS), que será essencialmente um computador com a plataforma Neptus, responsável por enviar missões e monitorizar o USV, sendo que este último envia dados relativos à embarcação e, eventualmente, relativos à missão. O software do Arduino também será alterado ao longo do desenvolvimento do projeto, e, potencialmente, irão ser acrescentados sensores e/ou atuadores.

Assim, o sistema pode ser dividido numa parte de baixo nível que envolve o controlo direto dos motores e lemes, outra de alto nível que envolve o planeamento de rotas, gestão de recursos, análise e tratamento de dados e por fim a comunicação entre estas partes chave do sistema. Sem esquecer que o veículo operará num ambiente que requer o cumprimento de normas e legislações, assim como uma interação contínua com outros veículos, que operam no mesmo meio de modo a promover a segurança de todas as embarcações.

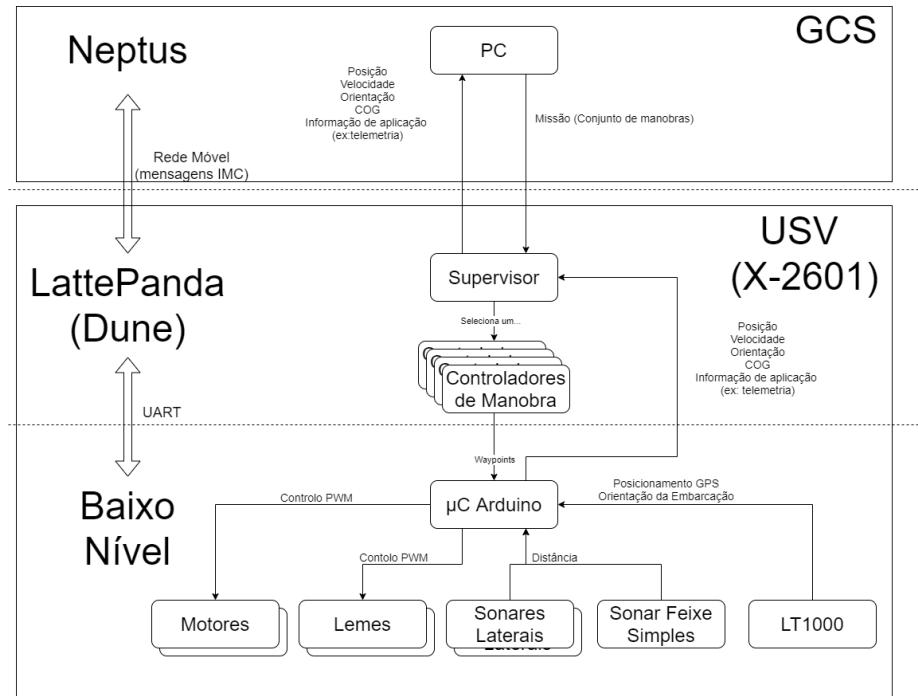


Figura 1: Esquemático geral do sistema que se pretende desenvolver.

#### 4 Estruturação das Tabelas de Requisitos

As tabelas de requisitos serão estruturadas como consta na Tabela 1, em que os elementos da tabela estão ordenados, de uma forma não rigorosa, por prioridade (maior prioridade primeiro).

Tabela 1: Exemplo de tabela de requisitos.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
Um código curto usado meramente para referenciar este requisito noutras tabelas, quando necessário	Código do requisito que levou à identificação do requisito em questão, maioria das vezes este requisito será uma necessidade do cliente. As necessidades do cliente não têm nenhum requisito associado.	Descrição sucinta do requisito em questão	Classificação do requisito em questão, sendo que pode ser um requisito "Essencial" ou "Opcional"

#### 5 Necessidades

Entendem-se como necessidades os requisitos fornecidos diretamente pelo cliente. São estes que servem de base para os restantes requisitos, e formalizam o âmbito geral no qual se desenvolve o projeto.

Tabela 2: Requisitos do cliente.

Código de Requisito	Descrição	Classificação
N1	O sistema deve possuir interoperabilidade entre os demais veículos da Marinha	Essencial
N2	O sistema deverá dirigir-se autonomamente para os pontos de destino	Essencial
N3	O sistema deve ser eficiente, a nível energético	Essencial
N4	O sistema deverá conseguir comunicar, mesmo quando longe da costa	Essencial

## 6 Requisitos

Nesta secção serão apresentados todos os requisitos que derivam das necessidades do cliente, quer de forma direta, quer de forma indireta.

### 6.1 Requisitos Funcionais

Requisitos funcionais referem-se às tarefas que o sistema deve desempenhar, de forma genérica e de alto nível. Não inclui implementações específicas, nem definições detalhadas de como desempenhar a tarefa, nem de como desenvolver o sistema.

Tabela 3: Requisitos funcionais.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RF1	N1	A GCS deverá ser capaz de comunicar a missão ao USV.	Essencial
RF2	N2	A GCS deve conseguir planejar missões simples (escolha de pontos de passagem).	Essencial
RF3	N2	O USV deve conseguir executar missões simples (escolha de pontos de passagem).	Essencial
RF4	N2	Dado um ponto de destino, o USV deve ser capaz de se deslocar para esse mesmo destino, com uma tolerância de 250 centímetros.	Essencial
RF5	N1	A GCS deverá ser capaz de monitorizar a missão, com dados atualizados no máximo a cada 15 segundos.	Essencial
RF6	N1, N2	A GCS deve conseguir planejar missões complexas (manobras avançadas, de trajetos curvos definidos, etc.).	Opcional
RF7	N1, N2	O USV deve conseguir executar missões complexas (manobras avançadas, de trajetos curvos definidos, etc.).	Opcional
RF8	N2	Implementar uma rotina de segurança (retornar à base) no caso do USV perder comunicação por mais de 1 minuto com a plataforma de planeamento e execução.	Opcional
RF9	N2	No caso da bateria/depósito se encontrar com uma capacidade inferior a 5%, o USV deverá retornar à base.	Opcional

### 6.2 Requisitos de Performance

O desempenho com que dadas tarefas têm de ser executadas. Estes requisitos terão, de forma geral, dados quantitativos concretos que permitam a validação (ou invalidação) do requisito de forma mensurável. Devido ao contexto e grau de incerteza do nosso projeto, deixaremos que os requisitos de performance descrevam o desempenho do sistema de forma mais qualitativa, na perspetiva de futuras iterações deste documento terão dados quantitativos mais concretos.

Tabela 4: Requisitos de performance.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RP1	N2	O sistema tem de ser seguro e validado.	Essencial
RP2	N1	As comunicações do USV, nomeadamente com a GCS, devem ser realizadas em tempo útil, com um atraso máximo de 15 segundos.	Essencial
RP3	N2, N4	A comunicação entre o USV e a GCS deve ser possível por mais do que um meio.	Essencial
RP4	N3	A utilização dos lemes a altas velocidades deve ser reservada a manobras rápidas, que envolvam um erro de direção superior a 90º.	Opcional
RP5	N2, N3	No caso de manobras: garantir a proximidade adequada entre pontos de destino adjacentes (máximo 40 metros entre pontos), de forma a promover maior eficiência energética e uma navegação mais suave.	Opcional
RP6	N3	No caso do carregador de baterias apresentar uma capacidade inferior a 20%, o USV deverá reduzir a sua velocidade de referência para metade.	Opcional

### 6.3 Requisitos de Design

A abordagem específica com a qual se vai obedecer às necessidades. Incluem detalhes mas específicos de hardware, algoritmos de software e, em geral, soluções mais definidas a implementar no sistema.

Tabela 5: Requisitos de design.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RD1	N1	Desenvolver software no USV recorrendo à toolchain LSTS, integrando-o numa plataforma comum a outros veículos da marinha.	Essencial
RD2	N2	Deve ser criado perfil com parametrização específica ao USV / Configuração do perfil específico do USV.	Essencial
RD3	N1	Utilizar o standard IEC AIS (IEC 62320-1) para identificação do próprio USV aos restantes, e vice-versa.	Opcional
RD4	N3	No seguimento de um caminho, o USV não deve executar curva de cão. Será considerado um desvio significativo uma distância de 20 metros da trajetória executada em relação à linha de trajetória direta desejada	Opcional
RD5	N2	Cada funcionalidade desenvolvida em software deverá ser desenvolvida de forma a que seja independente e modular das demais funcionalidades.	Opcional

### 6.4 Requisitos Alocados

Sub-divisão de requisitos de mais alto nível, referidos nas secções anteriores.

Tabela 6: Requisitos alocados.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
RA1	RF4	Desenvolver interface de sinal entre sensores e atuadores e o sistema de planeamento e execução.	Essencial
RA2	RD1	Todo o software desenvolvido no LattePanda deverá ser realizado no DUNE.	Essencial
RA3	RD1	Todo o software desenvolvido na GCS deverá ser realizado no Neptus.	Essencial
RA4	RF3, RF7	Desenvolver cálculos de caminho e de planeamento no Neptus/DUNE.	Essencial
RA5	RF5	Garantir o acesso a mapas e/ou cartas de navegação.	Essencial
RA6	RP3	O USV deverá ter acesso a comunicação por satélite.	Essencial.
RA7	RP3	O USV deverá ter acesso a comunicação por LoRa.	Essencial.
RA8	RP3, RP2	O USV deverá comunicar com a GCS por LoRa, e, caso tal não seja possível, recorrer a comunicação por satélite. O tempo definido para uma comunicação não sucedida deverá ser de 7 segundos, após o qual, deverá ser considerado o défice na comunicação, sendo realizada a troca para comunicação por satélite.	Essencial.
RA9	RF4	O LattePanda deve controlar os motores e lemes de forma a que o catamarã siga os waypoints.	Essencial
RA10	RF4	O LattePanda deve receber dados de velocidade, COG e orientação do LT1000, com uma cadência mínima de 0.5 leituras/segundo.	Essencial
RA11		Deve ser utilizado um caminho seguro, o que engloba navegar onde a profundidade excede o calado.	Opcional
RA12	RF6	Assegurar condições propícias de missão recorrendo às cartas de navegação segundo o standard ENC S-57.	Opcional.

## 6.5 Requisitos Derivados

Requisitos que advêm de outros requisitos, de mais alto nível, referidos nas secções anteriores.

Tabela 7: Requisitos derivados.

Código de Requisito	Requisito Associado	Descrição	Classificação
Rd2	RA1	Envio dos sinais de controlo dos atuadores do LattePanda para o Arduino.	Essencial
Rd4	RA12, RF5	Análise e tratamento de dados proveniente das Cartas de Navegação, pelo Neptus.	Essencial
Rd5	RD2	Assegurar funcionalidade dos periféricos através da configuração das tasks do toolchain do LSTS.	Essencial
Rd8	RD2	Configurar o perfil do USV, no DUNE, com os parâmetros da embarcação.	Essencial
Rd1	RF7	Interpretação das manobras, provenientes do Neptus, pelo LattePanda (DUNE), gerindo os controladores de manobra a utilizar.	Opcional
Rd6	RD4	Quando o veículo está em movimento (velocidade superior a 1 km/h), deverá utilizar o rumo (COG) como referência para os controladores dos motores.	Opcional
Rd7	RD4	Quando o veículo inicia movimento (velocidade inferior a 1 km/h), deverá utilizar a orientação da proa como referência para os controladores dos motores.	Opcional

## **7 Legislações**

Para além dos requisitos, é necessário seguir algumas normas e legislações para uma implementação e utilização corretas. Contudo, como estas embarcações se tratam de uma tecnologia recente, que ainda está em desenvolvimento, não existe grande legislação nacional e até internacional específica para controlar o seu uso, embora existam esforços neste sentido. Contudo, é importante realçar a necessidade de criação de medidas normativas no âmbito global em relação a tais meios, assim como a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas de âmbito marítimo, tanto nacionais como internacionais, acerca desta temática. Assim sendo, no que diz respeito à legislação portuguesa, de acordo com o decreto-Lei n.º 265/72, classificou-se a embarcação como sendo de investigação, ficando sujeita ao regime legal aplicável às embarcações auxiliares. Na falta de legislação nacional, foi utilizada a legislação das Nações Unidas (CNUDM).

Decreto-Lei n.º 265/72 ARTIGO 19.º

1 — As embarcações da marinha nacional, incluindo as do Estado não pertencentes à Armada, a forças e serviços de segurança interna e a outros órgãos do Estado com atribuições de fiscalização marítima, em conformidade com as actividades a que se destinam, classificam-se como:

- a) De comércio;
- b) De pesca;
- c) De recreio;
- d) Rebocadores;
- e) De investigação;
- f) Auxiliares;
- g) Outras do Estado.

ARTIGO 23.º-A

1 — As embarcações de investigação são as que dotadas de meios de propulsão mecânica se destinam, consoante a sua aptidão técnica, à investigação científica, oceânica ou costeira.

2 — As embarcações referidas no número anterior ficam sujeitas ao regime legal aplicável às embarcações auxiliares.

ARTIGO 19.º

(Pedidos de autorização)

2 - Os pedidos de autorização para a realização das actividades referidas no artigo anterior só poderão ser considerados: b) Desde que as actividades a realizar prossigam fins pacíficos, utilizem métodos científicos e técnicos e meios adequados, não interfiram com outras utilizações legítimas do mar, com respeito das leis e regulamentos em vigor, em particular os que visam proteger e preservar o ambiente aquático, os seus recursos e o património arqueológico subaquático;

**Qual é a entidade que em Portugal tem competência para receber pedidos relativos a projetos de investigação científica marinha e dar o respetivo consentimento?**

No caso de se subsumirem no quadro do Decreto-Lei n.º 38/2015 (Artigos 47.º e 57.º), os projetos de investigação científica marinha apresentados por entidades nacionais devem ser submetidos a Direção Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos que tem competência para emitir o título de utilização privativa do espaço marítimo nacional que autoriza a realização do projeto. Os projetos que incidam sobre as zonas marítimas adjacentes às Regiões Autónomas, ate as 200 milhas náuticas, devem ser submetidos aos organismos competentes das Regiões Autónomas: no caso da Região Autónoma dos Açores a Direção Regional dos Assuntos do Mar; no caso da Região Autónoma da Madeira a Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais — entidades com competência para a emissão do título de utilização privativa que autoriza a implementação do projeto. Os projetos de investigação científica marinha apresentados por entidades estrangeiras

devem ser submetidos ao Ministério dos Negócios Estrangeiros que reencaminha os pedidos para as autoridades competentes. (Decreto-Lei n.º 38/2015 e Decreto-Lei n.º 52/85)

**Pode o Estado costeiro impor condições a entrada de navios não tripulados e UMVs nas suas águas interiores ou nos portos?**

Sim. O Estado costeiro tem soberania sobre as suas águas interiores e pode impor as condições que desejar para a entrada de navios não tripulados a UMVs nas suas águas interiores ou portos. Assim, pode especificar os portos que estão abertos a navios não tripulados a UMVs, impor determinadas condições para a sua entrada, incluindo relativamente a questões de segurança, a pode recusar a sua entrada, mesmo nos casos em que o navio não tripulado ou o UMV esteja em situação de perigo, desde que tal recusa não seja discriminatória nem constitua abuso de direito.

(Artigo 2.º, CNUDM)

**Quando os UMVs são usados em projectos de investigação científica marinha, é obrigatória a sua identificação no projeto?**

Sim. Quando um Estado ou uma organização internacional submete um projeto a um terceiro Estado para investigação científica marinha em área sob sua soberania ou jurisdição, tem de prestar ao Estado costeiro informação detalhada, nomeadamente sobre os métodos e os meios a utilizar, incluindo o nome, a tonelagem, o tipo e a categoria das embarcações e uma descrição do equipamento científico a ser usado na investigação. Por isso, sendo classificados como equipamentos, os UMVs devem ser devidamente identificados no documento do projeto.

**Quais são as obrigações que a legislação nacional impõe aos UMVs usados em projetos de investigação científica marinha?**

A entidade responsável pelo projeto de investigação está sujeita às seguintes obrigações no que aos UMVs diz respeito:

1. Obrigação de informação — a memória descritiva e justificativa do projeto deve conter informação sobre o equipamento usado, inclusive relativamente a UMVs;
2. Obrigação de manter o bom estado do ambiente marinho — esta é uma obrigação de todo o projeto, mas que se estende a todos os instrumentos e equipamentos usados. Por isso, os UMVs usados no projeto de investigação devem também cumprir esta obrigação;
3. Obrigação de remoção — qualquer equipamento usado, que, por qualquer motivo, se tenha afundado, deve ser removido do ambiente marinho após o término do projeto.

(Decreto-Lei n.º 38/2015 e Decreto-Lei n.º 52/85)

**Quais são as obrigações dos titulares dos navios não tripulados e dos UMVs no caso em que o mesmo se afunde?**

Os navios não tripulados devem ser obrigatoriamente removidos do ambiente marinho no caso de se terem afundado. Essa obrigação pertence ao proprietário, mas em certas condições de ameaça ao ambiente marinho, a remoção poderá ser feita pelas autoridades nacionais a expensas do proprietário. Os UMVs que sejam classificados como equipamento usados para projetos de investigação científica marinha devem ser obrigatoriamente removidos do ambiente marinho aquando da finalização do projeto, mesmo quando não se tenham afundado.

(Decreto-Lei n.º 64/2005 e Decreto-Lei 52/85)

**As fotografias, os vídeos e os registos sonoros captados por UMVs podem ser aceites como prova perante os tribunais internacionais previstos na CNUDM?**

Sim. As normas processuais que regulam os tribunais internacionais, nomeadamente o Tribunal Internacional de Justiça e o Tribunal Internacional do Direito do Mar, permitem que as partes possam apresentar, no âmbito da prova documental, fotografias, vídeos e registos sonoros. Não existem razões para fundamentar a recusa de tais provas, pelo facto de as mesmas terem sido recolhidas por UMVs.

#### **As fotografias, os vídeos e os registos sonoros captados por UMVs podem ser aceites como provas perante os tribunais nacionais?**

Em princípio, a prova que seja constituída por fotografias, vídeos e registos sonoros pode ser submetida aos tribunais nacionais na categoria de prova documental. A sua admissibilidade em processos crime é mais restrita do que nos processos cíveis porque as condições legais impostas para que as mesmas sejam consideradas admissíveis são mais exigentes e limitadas. No entanto, tal exigência não se relaciona com o facto de as mesmas terem sido recolhidas por UMVs.

#### **7.1 AIS**

O AIS é regulamentado em todo o mundo por uma série de organizações nacionais e internacionais. Este regulamento rígido garante que todos os produtos AIS atendam aos padrões mínimos de desempenho, funcionalidade e interoperabilidade. Em 2007, foi aprovada uma nova norma mundial para estações de base AIS, a norma IEC 62320-1, sendo a mais utilizada atualmente.

O AIS colocado no X-2601 é um AIS de classe B, seguindo segundo o regulamento as normas nacionais.

#### **7.2 Certificados de conformidade de alguns dos equipamentos eletrónicos**

Lattepanda:

<http://www.lattepanda.com/topic-f13t662.html>

Arduino:

[https://content.arduino.cc/assets/CE\\_MEGA2560.pdf](https://content.arduino.cc/assets/CE_MEGA2560.pdf)

[https://content.arduino.cc/assets/FCC\\_MEGA2560.pdf](https://content.arduino.cc/assets/FCC_MEGA2560.pdf)

#### **7.3 Algumas Fontes Relevantes**

Direção Geral de recursos naturais, segurança e serviços marítimos [1].

Compilação de Legislação para as Actividades Marítimas [2].

Regulamento Geral das Capitanias- Marinha Portuguesa [3].

COLREGS - International Regulations for Preventing Collisions at Sea [4].

## **Lista de Tabelas**

1	Exemplo de tabela de requisitos.	4
2	Requisitos do cliente.	4
3	Requisitos funcionais.	5
4	Requisitos de performance.	5
5	Requisitos de design.	6
6	Requisitos alocados.	6
7	Requisitos derivados.	7

## **Lista de Figuras**

1	Esquemático geral do sistema que se pretende desenvolver.	4
---	---	---

## **Referências**

- [1] “Legislação marítima - dgrm,” <https://www.dgrm.mm.gov.pt/legislacao-maritima>, accessed: 2020-10-26.
- [2] “Compilação de legislação para as actividades marítimas,” [https://www.marinha.pt/conteudos\\_externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT\\_100\\_indice\\_internet.htm](https://www.marinha.pt/conteudos_externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT_100_indice_internet.htm), accessed: 2020-10-26.
- [3] “Regulamento geral das capitania- marinha portuguesa,” [https://www.marinha.pt/Conteudos\\_Externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT%201000%20-%20Cap%C3%ADtulos/Cap%C3%ADtulo%20I%20Identifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20opera%C3%A7%C3%A3o%20emb/RGC/Decreto-Lei%20265-72%20\(31%20JUL\)%20CONS.htm](https://www.marinha.pt/Conteudos_Externos/lexmar/PGPAT%20100/PGPAT%201000%20-%20Cap%C3%ADtulos/Cap%C3%ADtulo%20I%20Identifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20opera%C3%A7%C3%A3o%20emb/RGC/Decreto-Lei%20265-72%20(31%20JUL)%20CONS.htm), accessed: 2020-10-26.
- [4] “Colregs - international regulations for preventing collisions at sea,” [http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20\(copies\)/COLREG-1972.pdf](http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20(copies)/COLREG-1972.pdf), accessed: 2020-10-26.

## **Anexo D Conceito de Sistema**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**Sistema de Planeamento e Controlo de Execução para Veículo de  
Superfície Não Tripulado - Conceito de Sistema**

Equipa E

Orientador João Sousa

Líder da Equipa Carlos Pinto

Conceito de Sistema realizado no âmbito da unidade curricular  
Sistemas de Engenharia - Automação e Instrumentação do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

24 de novembro de 2020

## Registo de Versões

Versão	Data	Descrição
0.1	31/10/2020	Criação do documento base segundo o template definido
0.2	1/11/2020	Desenvolvimento das várias secções pela equipa, de forma independente
0.3	1/11/2020	Revisão em Equipa
0.4	2/11/2020	Revisão pelo Orientador
0.5	2/11/2020	Revisão em Equipa: Alterações propostas pelo Orientador
0.6	2/11/2020	Reorganização das secções do documento
0.7	2/11/2020	Revisão final pelo coordenador de documentação

## **Índice**

<b>1 Objetivo e Organização do Documento</b>	<b>3</b>
<b>2 Desafio do Projeto</b>	<b>4</b>
<b>3 Conceito de Sistema</b>	<b>5</b>
<b>A Apêndice 1: Neptus</b>	<b>6</b>
A.1 Papel do Neptus no projeto . . . . .	6
A.1.1 Planeamento de missões futuras . . . . .	6
A.1.2 Visualização de dados em tempo real . . . . .	6
A.1.3 Revisão de informação de missões passadas . . . . .	6
A.1.4 Conceitos a destacar . . . . .	7
A.1.5 Parâmetros dos veículos/Configurações . . . . .	7
A.1.6 Interfaces . . . . .	7
<b>B Apêndice 2: Dune</b>	<b>8</b>
B.1 Introdução . . . . .	8
B.1.1 Arquitetura . . . . .	8
B.1.2 Perfis e Configuração . . . . .	8
B.2 Tarefas do DUNE . . . . .	9
<b>Lista de Figuras</b>	<b>10</b>

## **1 Objetivo e Organização do Documento**

O presente documento tem como objetivo descrever o conceito de sistema a desenvolver, de uma forma genérica e direta. Permitirá estruturar o projeto em componentes e ilustrar as comunicações entre estes componentes, bem como o seu papel para o sistema no seu todo.

Na secção 2 é apresentado o problema a resolver e os objetivos do projeto; a secção 3 aborda as soluções definidas para desenvolver o projeto no âmbito do desafio apresentado.

## 2 Desafio do Projeto

O projeto tem como objetivo a adaptação de um veículo de superfície não tripulado (USV), nomeadamente um catamarã, que será brevemente apresentado. O conceito de sistema do USV a adaptar está representado na figura 1.

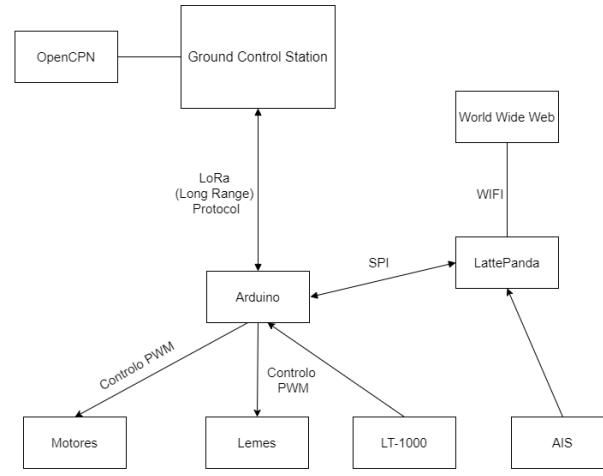


Figura 1: Estado inicial do sistema

O Centro de processamento On-Board consiste num Arduino, que processa a informação proveniente dos sensores integrados no módulo LT-1000 e encarrega-se de fazer o controlo PWM dos Lemes e Motores.

O Arduino encarrega-se da comunicação com a GCS (Ground Control Station), através do protocolo de comunicação LoRa, para as tarefas de planeamento e rastreamento. A posição em tempo real do USV é calculada pelo módulo AIS e baseia-se em GPS . Do Ground Control Station é possível aceder a uma carta marítima, por intermédio do software Open CPN, e enviar pontos para o USV se dirigir.

O LattePanda permite interagir, à distância, com o veículo e as suas configurações de código (através de TeamViewer).

O projeto baseia-se na adaptação do sistema, de forma a garantir que o USV:

1. interate com outros veículos da marinha;
2. tenha um grau de autonomia maior, no que toca a planeamento e decisão de manobras;
3. comunique perto e longe da costa;
4. opere de forma mais eficiente em termos energéticos;

Para tal, foi decidido analisar o sistema já implementado e reorganizá-lo de forma a cumprir os objetivos supra mencionados.

### 3 Conceito de Sistema

No final deste projeto é esperado obter uma nova estrutura, como demonstrado na figura 2.

O software Neptus (consultar Anexo A) terá o papel de comandar, controlar e monitorizar o sistema USV. Faz o planeamento de alto nível e constitui a interface entre a decisão e a lógica do sistema (o dito centro de processamento On-Board, na figura 2).

O DUNE (consultar Anexo B) é responsável pelo interface entre o sistema USV e os sensores e atuadores, bem como o controlo de execução. Em suma, faz a tradução entre o planeamento de alto nível e o controlo de baixo nível, neste sistema.

As alterações baseiam-se em:

1. O Planeamento e Controlo da missão passa a ser feito pelo Neptus;
2. O LattePanda passa a ser agora o centro de lógica do sistema: recebe o planeamento de alto nível do Neptus e transforma-o em informação comprehensível para os atuadores, recorrendo ao DUNE;
3. O Arduino torna-se o intermediário entre o centro de lógica e os periféricos do sistema, fazendo a leitura dos sensores (LT1000 e sonares) e a escrita para os atuadores (motores e lemes);
4. O Open CPN dá lugar às cartas náuticas incorporadas no Neptus.
5. A comunicação entre as partes de alto e baixo nível do sistema realiza-se com LoRA, até um alcance de 8Km. Em caso de perda de comunicação, será utilizada comunicação via satélite.

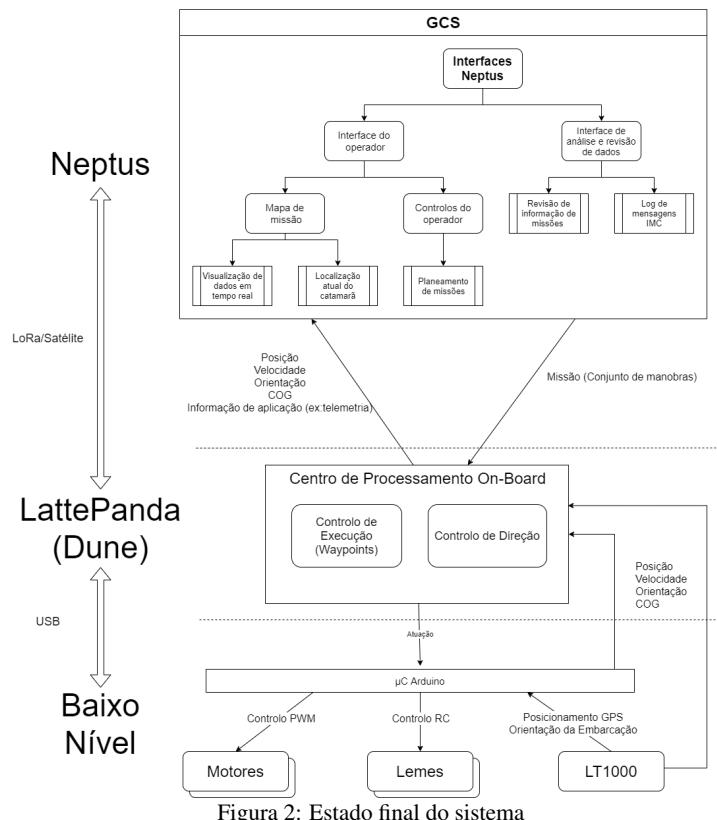


Figura 2: Estado final do sistema

Com esta solução pretende-se dotar o catamarã de mais autonomia de navegação, tornar a sua ação mais precisa, as tarefas de controlo mais fáceis e promover a segurança por rotinas de fail-safe.

## A Apêndice 1: Neptus

Neptus é um software desenvolvido pelo laboratório LSTS, que se foca essencialmente no comando, controlo e monitorização de sistemas marinhos não tripulados. A plataforma tem a vantagem de ser flexível e permitir uma fácil integração e comunicação entre vários veículos por: ser desenvolvida em Java, correr simultaneamente em sistemas operativos Windows e Linux e basear a sua comunicação no protocolo IMC. De igual modo, o Neptus dá suporte em todo o ciclo de vida da missão: planeamento, simulação e execução, sendo que recorrer a uma única ferramenta de alto nível constitui uma vantagem para sistemas críticos como o USV em questão. Desta forma, o caráter adaptativo e flexível vai ao encontro com os requisitos do cliente:

1. N1: Assegurar a interoperabilidade do USV entre os veículos da Marinha

Ao garantir a homogeneidade entre o protocolo de comunicação, garante-se também a interacção e interoperação deste catamarã com a restante frota. Adicionalmente, o planeamento de missões integrado dos veículos é agilizado e tornado mais eficiente pela utilização de uma única plataforma de controlo e comando

2. N2: O USV deverá dirigir-se, autonomamente, para os pontos de destino

É o Neptus que, neste sistema, tem a função de planear as rotas a adoptar pelo catamarã, tornando-se assim uma ferramenta fundamental para o controlo de alto nível e da navegação autónoma deste.

Esta framework recorre a diversos standards e normas, o que constitui uma preocupação no que toca aos veículos da Marinha. Um dos standards de navegação integrados é o ENC S-57, que permite a consulta de informação hidrográfica e escolha fundamentada da atuação no que toca às capacidades do veículo, como a manobrabilidade e duração da bateria, que vai ao encontro do terceiro requisito do cliente:

3. N3: O USV deve ser eficiente a nível energético

O Neptus permite a criação de um perfil único para cada USV, que contém informação sobre o sistema, nomeadamente a capacidade da bateria e as especificações da manobrabilidade. Uma das funcionalidades do Neptus é a possibilidade de planear missões recorrendo a diferentes tipos de dados geográficos, incluindo standards de navegação integrados. Estes planos podem ser simulados e validados de acordo com as capacidades do sistema. Desta forma, é possível identificar rotas e manobras mais eficientes a níveis energéticos.

### A.1 Papel do Neptus no projeto

De seguida, enunciam-se quais as características principais do Neptus, que são úteis no desenvolvimento do projeto.

#### A.1.1 Planeamento de missões futuras

Uma das funcionalidades oferecidas pelo Neptus e identificadas como extremamente úteis ao desenvolvimento deste projeto é o planeamento de missões. Através da consola de comandos do operador, que constitui parte da interface do operador, é possível definir planos constituídos por simples manobras, como waypoints, ou manobras mais complexas.

#### A.1.2 Visualização de dados em tempo real

Ainda na interface do operador, no mapa de missão, é possível analisar os dados recebidos em tempo real do catamarã, nomeadamente a sua localização. Neste caso, será definido como mapa de missão a carta náutica adequada, que permite a criação de uma representação virtual do local da missão.

#### A.1.3 Revisão de informação de missões passadas

Numa segunda interface, de análise e revisão de dados, será possível analisar os dados produzidos ao longo da missão. Para além disso, são apresentadas nesta secção as mensagens IMC transmitidas ao longo da comunicação, dado que o Neptus faz um *logging* destas, permitindo assim, realizar testes na fase de desenvolvimento, e recolha de dados aquando da sua normal operação.

#### A.1.4 Conceitos a destacar

Para melhor esclarecimento do tipo ferramentas que o Neptus dispõe, abaixo apresentam-se alguns dos conceitos importantes ao operar este sistema.

##### 1. Registo e Histórico

Um registo histórico contém todas as mensagens para um dispositivo e plano específicos. Cada vez que um plano muda ou um veículo não está em movimento, um novo registo é criado. Este registo é útil para fazer a monitorização do sistema, quer para fins de debug, na fase de desenvolvimento, quer na deteção de problemas, na sua normal operação.

##### 2. Missão

Uma missão é a combinação de um local, planos e todos os elementos do mapa de missão usados. Cada missão deve ter um único objetivo e local. Esta constitui uma hierarquia para organizar as tarefas a executar pelo sistema. O Neptus fornece suporte para diferentes fases do ciclo de vida da missão, tais como a fase de planeamento, execução e de análises de dados. No mesmo ambiente integrado é possível ser usado para preparar a missão, monitorar a execução em tempo real e revisar os dados que foram conseguidos tanto no local como posteriormente, num ambiente controlado.

##### 3. Mapas

- Recorre-se ao mapa mundial presente no Neptus, porque permite consulta offline da informação de navegação.
- Utiliza-se o mapa da missão para armazenar no arquivo de missão e tornar possível adicionar vários elementos do mapa: marcas, geometrias e imagens.

##### 4. Plano e manobras

Uma **manobra** é uma ação básica da qual são compostos os planos.

Um **plano** é uma sequência de manobras.

#### A.1.5 Parâmetros dos veículos/Configurações

O Neptus contém e armazena as configurações internas dos veículos. Permite que se acceda ao veículo e configurar remotamente.

Existem quatro níveis de acesso: Global, Inativo, Plano (configurável em um plano) e Manobra (configurável na manobra em um plano).

#### A.1.6 Interfaces

Em suma, o Neptus tem o papel de interagir com diversas partes do sistema, sendo responsável pela criação de interfaces tanto com o operador, como na análise de dados. Como resumo, indica-se a figura 3.

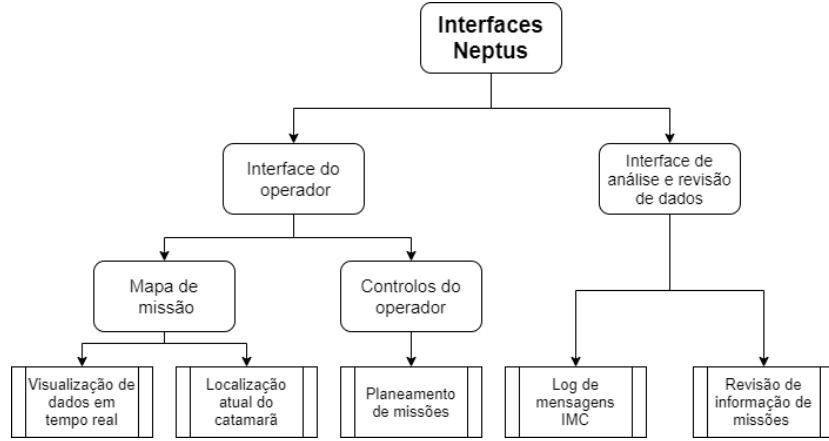


Figura 3: Interfaces do Neptus

## B Apêndice 2: Dune

### B.1 Introdução

Unified Navigational Environment (DUNE) é o software *on-board* que corre no veículo. É o responsável por todas as interações com sensores, carga e atuadores, bem como pelas comunicações, navegação, controlo, manobragem, execução do plano e supervisão do veículo.

#### B.1.1 Arquitetura

No DUNE, as funcionalidades dividem-se em unidades atómicas de execução - tarefas. Cada tarefa implementa uma função específica e independente do resto do sistema, numa *thread* de execução própria. Quando uma tarefa precisa de informação exterior (dados de sensores, dados que resultam de outras tarefas, etc.) estas são comunicadas por mensagens, cujo formato é especificado pelo protocolo IMC, de acordo com uma arquitetura semelhante ao do padrão de design de software *publish/subscribe*, em que tarefas que produzem mensagens, enviam-nas (i.e. *publish*), de forma transparente, para tarefas que necessitam delas (i.e. tarefas que estão *subscribed*), sendo que nem os receptores nem os emissores têm conhecimento uns dos outros e funcionam de forma independente. Segue um exemplo na figura 4.

Esta arquitetura permite que seja desenvolvido software de forma modular. Esta característica é favorável ao projeto, já que torna mais fácil o desenvolvimento paralelo das funcionalidades, e fomenta a escalabilidade do mesmo, no futuro. Adicionalmente, permite testar as tarefas de forma unitária (*unit testing*).

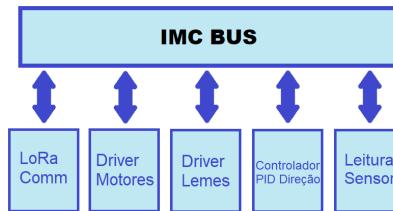


Figura 4: Exemplo de cinco tarefas independentes, que comunicam entre si.

#### B.1.2 Perfis e Configuração

O DUNE possui o benefício da reutilização de software desenvolvido para outros sistemas, alterando apenas os parâmetros que caracterizam o sistema em questão (no caso específico, um catamarã).

Pode também correr com diferentes perfis que, tirando vantagem do mecanismo de configuração, ativam e desativam conjuntos de tarefas conforme o objetivo do perfil. Por exemplo, o DUNE pode correr em modo de simulação, que desativa todos os drivers dos sensores e atuadores, e substitui-os por tarefas de simulação. Pode também correr em modo Hardware-in-the-loop, que permite que alguns drivers de sensores e atuadores sejam ativados junto com tarefas de simulação. Estas características são importantes numa perspetiva de desenvolvimento, dado que permitem testar e validar tarefas em modo offline, dispensando-se a utilização do sistema completo: não se compromete a integridade do sistema.

## B.2 Tarefas do DUNE

Das principais tarefas do DUNE, a realizar em *threads* no LattePanda, destacam-se:

- Gestão de informação dos sensores - esta tarefa vai receber, atualizar e guardar a informação;
- Controlo dos atuadores - tarefa responsável por assegurar o estado e o correto funcionamento dos atuadores;
- Controlo de direção e velocidade - é nesta tarefa que se encontram os algoritmos de controlo, como PIDs que vão enviar os valores desejados de impulso dos motores e posições dos lemes;
- Manobra de seguimento de uma trajectória - esta tarefa é responsável por definir o rumo da embarcação e velocidade desejada, garantindo uma realização segura da trajetória pretendida;
- Processamento da informação enviada pelo NEPTUS - responsável por descodificar e executar as ordens recebidas do NEPTUS;

## **Lista de Figuras**

1	Estado inicial do sistema . . . . .	4
2	Estado final do sistema . . . . .	5
3	Interfaces do Neptus . . . . .	8
4	Exemplo de cinco tarefas independentes, que comunicam entre si. . . . .	8