



**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

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

1	Objetivo do Market Survey	3
1.1	Metodologia de Pesquisa	3
1.2	Limitações	3
2	Visão Geral do Sistema	3
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
3	Análise de Mercado	8
3.1	Mercado Potencial	8
3.2	Segmentação de Mercado	8
3.3	Dimensão de Mercado	9
3.4	Dinâmica de Mercado	9
4	Fornecedores / Competição	9
4.1	L3 ASV	9
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	12
5	Conclusões	12
	Lista de Tabelas	13
	Lista de Figuras	14
	Referências	15

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 Drivers para os motores controlados por modulação PWM.
- 2 Servos para controlar os lemos.
- 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 softwares instalados, algum de uso livre e outro desenvolvido pela marinha como é o caso do GCS e do código do Arduino. A seguir, analisamos 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.

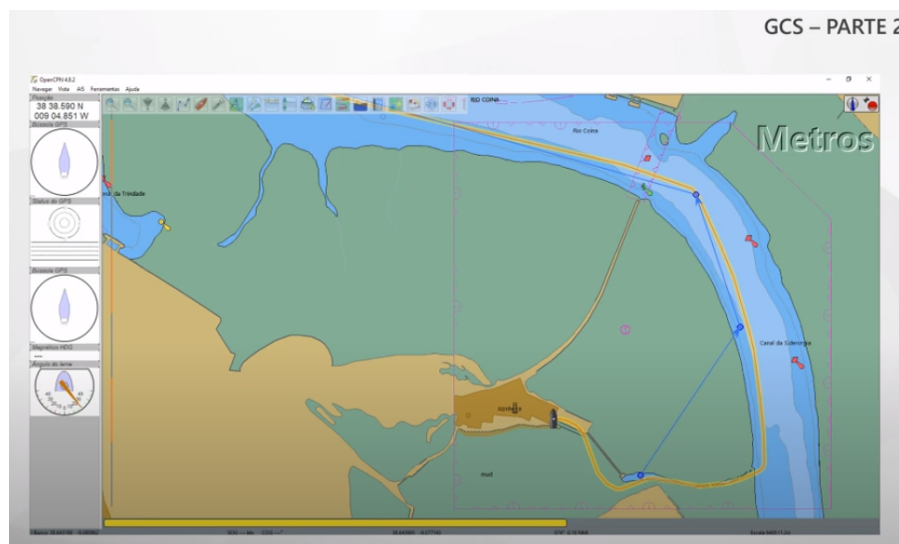


Figura 4: Software OpenCPN

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.

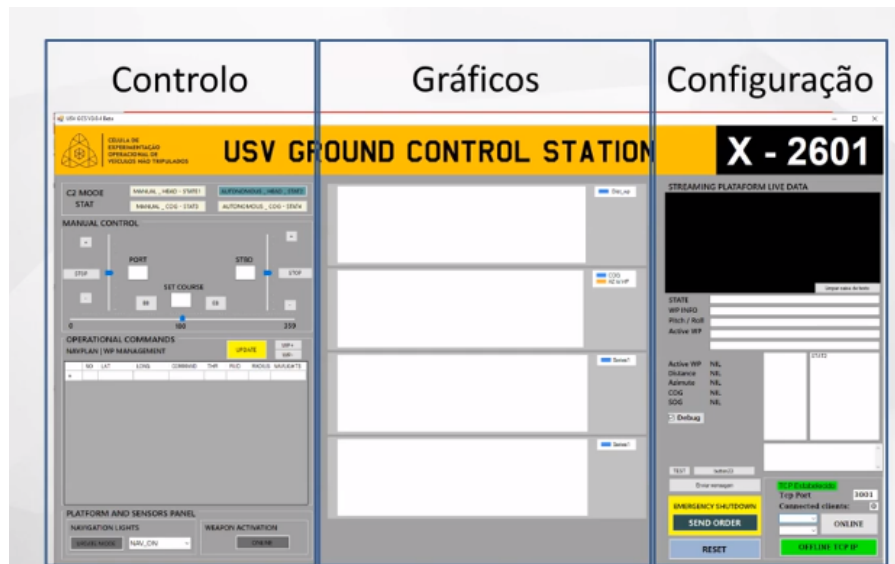


Figura 5: Ground Control Station

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, processadores, 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:

- 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 um fornecedor 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 "fornecedora 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 Nauticas Eletrónicas (ENCs);
- Deteção e prevenção de obstáculos;
- Interface de apontar e clicar que permite aos usuários planear, 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 video 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 Tabelas

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.