

Software de telemetria do Ariane 6

David Alexandre Ferreira da Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor Simão Melo de Sousa

Outubro de 2022

Declaração de Integridade

Eu, David Alexandre Ferreira da Silva, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M11137, do Curso de Mestrado em Engenharia Informática da Faculdade de Engenharia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 10 /10 /2022



(assinatura conforme Cartão de Cidadão ou preferencialmente
assinatura digital no documento original se naquele mesmo formato)

Agradecimentos

Qualifico riqueza pelas pessoas que rodeiam cada um, pelo suporte que ganham em cada uma das suas batalhas e pela forma como são reerguidos após uma derrota.

Tive ao longo do meu percurso a bênção de colecionar os melhores aliados nas poucas batalhas que já tive que lutar. Alguns com o meu sangue nas veias e outros apenas com os mesmos ideais. Alguns que já perdi e outros que nunca cheguei a conhecer. Todos eles com uma única coisa em comum, um lugar no meu pensamento.

Posso perder todo o meu ouro mas que nunca perca a minha riqueza, que continue a lutar batalhas ao lado daqueles que sempre as lutaram comigo. A esses, toda a minha riqueza, agradeço com orgulho:

1. Ao meu orientador Professor Doutor Simão Melo de Sousa, assim como a todos os professores que tive ao longo da minha vida, agradeço pelo conhecimento, paciência e apoio transmitido ao longo do meu percurso académico, significa muito.
2. Ao meu colega e orientador José Miguel Caetano Borges, toda a ajuda e ensinamentos prestados quer no meio académico, laboral ou pessoal na longa e exausta estadia de Paris.
3. Aos meus pais, agradeço a perseverança, sacrifício e apoio prestado ao longo de todos os momentos da minha vida, o meu futuro académico nunca seria possível sem eles. Quando tiver dinheiro, compro-vos uma casa de férias.
4. Ao meu Padrinho Luís, agradeço a sua amizade e todas as viagens que fez para me ir buscar à Covilhã, ainda que hoje não saiba onde eu vivia.
5. À minha Madrinha Ana, agradeço a sua amizade, conselhos e ensinamentos, que me deu ao longo da vida.
6. Aos meus amigos, de sangue ou não, agradeço a vossa amizade, pois é apenas disso que na minha opinião, preciso neste mundo, a vossa amizade.
7. À minha Avó Maria, a pessoa mais bondosa que já conheci, cujos peixinhos da horta são os melhores que já comi, agradeço por ser a minha melhor amiga, neste mundo e no próximo.
8. À minha Tia Cristina, ao meu Avô Alexandre e ao meu Tio Florentino deixo a minha metáfora favorita desenhada pelos meus escritores favoritos, obrigado aos três.

*“You reached for the secret too soon, you cried for the moon.
Shine on, you crazy diamond.”*

Pink Floyd

Resumo

O plano delineado no decorrer do primeiro semestre foi pensado tendo em conta tanto o interesse da empresa como o interesse do autor em termos laborais e científicos.

O resumo do estágio académico executado no segundo semestre a cargo da empresa CSW, é parte integrante da execução do *software* de telemetria a ser integrado no veículo de lançamento Ariane 6 a cargo do cliente ESA agendado para o ano de 2022.

A principal motivação do autor passou pela integração num complexo projeto que lhe trouxe experiência crucial em alguns campos da área espacial que bastante interesse lhe despertam, potenciando assim a sua entrada em futuros projetos semelhantes quer na área espacial quer em qualquer outra área requerente de sistemas críticos.

A área espacial apresenta-se como uma área envolvente cada vez mais em crescimento que implica alguma destreza no manuseamento e entendimento quer de sistemas críticos quer de práticas de programação que incorporem uma estrutura robusta ao *software* desenvolvido tornando o seu estudo num enorme desafio cheio de complexidades e requerimentos de solução explorando assim o interesse e motivação do autor.

Os objetivos presentes na realização do trabalho definido foram repartidos tendo em conta os principais interessados no êxito da realização bem sucedida do mesmo.

A delineação dos objetivos tiveram em conta três atores importantes em quaisquer dos cenários podendo destacar o aluno, a empresa que este serviu e o cliente que a empresa serviu.

Palavras-chave

Ariane, Critical Software, Ariane 6, Sistema de Telemetria, Lisboa, Paris

Abstract

The plan outlined during the first semester was designed taking into account both the company's interest and the author's interest in labor and scientific terms.

The summary of the academic internship carried out in the second semester by the company CSW, is an integral part of the execution of the telemetry software to be integrated into the Ariane 6 launch vehicle by the ESA customer scheduled for the year 2022.

The author's main motivation was the integration in a complex project that brought him crucial experience in some fields of the space area that arouse a lot of interest, thus enhancing his entry into future similar projects both in the space area and in any other area requiring critical systems. .

The space area presents itself as an increasingly growing area that implies some dexterity in handling and understanding both critical systems and programming practices that incorporate a robust structure to the developed software making its study an enormous challenge full of complexities and solution requirements thus exploiting the author's interest and motivation.

The objectives present in carrying out the defined work were divided taking into account the main stakeholders in the successful completion of the same.

The delineation of the objectives took into account three important actors in any of the scenarios, being able to highlight the student, the company that he served and the client that the company served.

Keywords

Ariane, Critical Software, Ariane 6, Telemetry Software, Lisboa, Paris

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Motivação	1
1.3	Objetivos	2
1.4	Organização do documento.....	3
2	Apresentação da empresa	5
2.1	Introdução	5
2.2	Critical Software [1].....	5
2.3	Desde 1998 até aos dias de hoje.	6
2.4	Áreas de trabalho.....	7
2.5	Conclusão.....	9
3	Apresentação do veículo de lançamento	11
3.1	Introdução	11
3.2	Ariane 6 [2].....	11
3.3	Elementos do Ariane 6.....	12
3.4	Zona de lançamento	13
3.5	Conclusão.....	15
4	Contexto tecnológico e definição do problema	17
4.1	Introdução	17
4.2	Software de telemetria [3]	17
4.3	Configuração e missionização.....	21
4.4	Ambiente de <i>hardware</i>	23
4.4.1	Rede TTE.....	23
4.4.2	Controlador TTE	24
4.4.3	Computador de telemetria.....	25
4.4.4	METEOR.....	25
4.5	Relação com outros sistemas	26
4.5.1	Computador de telemetria.....	26
4.5.2	Sistemas externos	26
4.6	Definição do problema.....	27
4.7	Conclusão.....	29
5	Implementação do <i>software</i> de telemetria	31
5.1	Introdução	31
5.2	Linha temporal	32
5.2.1	Atividades de iniciação.....	33
5.2.2	Revisão de documentação.....	33
5.2.3	Implementação da ferramenta de testes.....	33

5.2.4	Implementação de testes	34
5.2.5	Execução de testes	34
5.2.6	Análise de resultados.....	34
5.2.7	Investigação de falhas.....	35
5.2.8	Análise de código fonte	35
5.3	Conclusão.....	35
6	Conclusão	37
	Bibliografia	41

Lista de Figuras

2.1	Logótipo da empresa Critical Software	5
3.1	Configurações do Ariane 6.....	12
3.2	Edifício de montagem do Ariane 6	13
3.3	Pórtico móvel do Ariane 6	14
3.4	Plataforma de lançamento do Ariane 6.....	15
4.1	Contexto do <i>software</i> de telemetria no sistema de aviação do Ariane 6	17
4.2	Máquina de estados finita.....	18
4.3	Decomposição e interfaces externas do <i>software</i> de telemetria.....	21
4.4	Descodificação de mensagens	22
4.5	Encapsulamento de fluxos de dados	24
5.1	Linha temporal do estágio	32

Lista de Acrónimos

ESA	European Space Agency
CSW	Critical Software
CNES	Centre National d'Études Spatiales
TMSW	Telemetry Software
TTE	Time-Triggered Ethernet
LMS	Launcher Management System
TMC	Telemetry Management Computer
AWS	Application Software
CCSDS	Consultative Committee for Space Data Systems
BCT	Basic Cyclic Task
OBIT	On-board Internal Time
CCN	Cluster Cycle Number
VIKI	Video Kit
VL	Virtual Link
DHCS	Data Holding Control System
MCAU	Multi Channels Acquisition Unit
FPGA	Field-Programmable Gate Array
CVI	Contrôle Visuel Immédiat
CVD	Contrôle Visuel Différé

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

O presente relatório terá como função o delineamento do trabalho e objetivos realizados no segundo semestre do ano escolar 2021/2022 ao serviço da empresa CSW, sendo executado no âmbito da unidade curricular Estágio em Engenharia Informática (14477) presente no plano curricular do mestrado de Engenharia Informática, da Universidade da Beira Interior.

1.2 Motivação

O plano delineado no decorrer do primeiro semestre foi pensado tendo em conta tanto o interesse da empresa como o interesse do autor em termos laborais e científicos.

O resumo do estágio académico executado no segundo semestre a cargo da empresa CSW, é parte integrante da execução do *software* de telemetria a ser integrado no veículo de lançamento Ariane 6 a cargo do cliente ESA agendado para o ano de 2022.

A principal motivação do autor passou pela integração num complexo projeto que lhe trouxe experiência crucial em alguns campos da área espacial que bastante interesse lhe despertam, potenciando assim a sua entrada em futuros projetos semelhantes quer na área espacial quer em qualquer outra área requerente de sistemas críticos.

A área espacial apresenta-se como uma área envolvente cada vez mais em crescimento que implica alguma destreza no manuseamento e entendimento quer de sistemas críticos quer de práticas de programação que incorporem uma estrutura robusta ao *software* desenvolvido tornando o seu estudo num enorme desafio cheio de complexidades e requerimentos de solução explorando assim o interesse e motivação do autor.

Pode também ser apresentada como principal motivação a oportunidade de poder trabalhar juntamente com os melhores especialistas da área espacial num dos maiores complexos tecnológicos da Europa ao lado de duas grandes empresas europeias num projeto de enorme envergadura mundial dando ao autor a possibilidade de estudo e aprendizagem das variadas componentes e dinâmicas de trabalho apresentadas ao longo do documento.

Integralmente foi também testado a falta de experiência do autor na área envolvente permitindo ao mesmo aprender e explorar novas matérias e práticas aumentando o seu reportório de trabalho em grande escala.

1.3 Objetivos

Os objetivos presentes na realização do trabalho definido foram repartidos tendo em conta os principais interessados no êxito da realização bem sucedida do mesmo.

A delineação dos objetivos tiveram em conta três atores importantes em quaisquer dos cenários podendo destacar o aluno, a empresa que este serviu e o cliente que a empresa serviu. Os objetivos traçados e propostos passaram pela correta integração do sistema de instanciação de testes, do sistema de simulação dos diferentes elementos integrantes do sistema de telemetria e do sistema de telemetria presente no veículo de lançamento Ariane 6.

Ao longo do documento será possível verificar que todo o contacto do autor com o projeto se baseia na criação de módulos de simulação, aprimoramento das ferramentas em contacto com a estrutura de testes e realização da cadeia completa de execução de testes. Foi porém, seu objetivo ganhar envolvimento no desenvolvimento dos diferentes processos que envolvem o TMSW por várias razões:

- A ideia de ter código bem escrito por si num veículo de lançamento espacial era vista como bastante interessante e apelativa.
- O manuseamento da linguagem em questão viria-se a mostrar uma mais valia pelas portas que iria abrir no que toca à sua participação em projetos semelhantes.
- O seu gosto por programação de linguagens de baixo nível daria uma clara vantagem na aprendizagem da mesma tornando assim bem mais acessível a aprendizagem dos constituintes por ela fornecidos.
- A melhor perceção do código a ser testado tornaria o seu trabalho de execução de testes bem mais facilitado.
- O melhor entendimento dos processos do ASW tornaria o seu trabalho em qualquer vertente do projeto bem mais eficiente e bem-sucedido.

Como objetivo mais pessoal o autor pretendia também absorver experiência e conhecimento requerentes e necessários à continuação da participação neste tipo de projetos.

Numa fase mais avançada do documento é pretendido apresentar todos os passos tomados na tentativa de atingir os objetivos apresentados passando estes por qualquer ação que tenha influenciado o resultado final, quer na vertente da empresa quer na vertente do autor.

É importante referir a possibilidade de existência de deficiência de informação em algumas das matérias discutidas ao longo do documento sendo a mesma explicada pela existência de um juramento de confidencialidade por parte do autor para com a empresa onde foi realizado o estágio académico relativamente a essas mesmas matérias.

1.4 Organização do documento

De modo a refletir o trabalho realizado, este documento encontra-se estruturado da seguinte forma:

- O primeiro capítulo – **Introdução** – apresenta o projeto, a motivação para a sua escolha, o enquadramento para o mesmo, os seus objetivos e a respetiva organização do documento.
- O segundo capítulo – **Apresentação da empresa** – irá detalhar a empresa onde foi executado o projeto em questão, escrutínio do mercado em que se encontra, modelo de negócios que utiliza e áreas específicas em que se encontra a trabalhar de momento.
- O terceiro capítulo – **Apresentação do veículo de lançamento** – irá detalhar o veículo de lançamento onde é pretendido integrar o *software* de telemetria criado assim como algumas das suas estruturas.
- O quarto capítulo – **Contexto tecnológico e definição do problema** – irá apresentar uma definição mais detalhada da estrutura do *software* de telemetria, do contexto tecnológico em que foi realizado o esforço e da definição das metas e problemas a tratar no decorrer do estágio académico.
- O quinto capítulo – **Implementação do *software* de telemetria** – irá apresentar em detalhe o percurso percorrido e as tarefas desenvolvidas ao longo do estágio académico.
- O sexto capítulo – **Conclusão** – apresenta conclusões obtidas ao longo da participação no estágio académico, algumas conclusões sobre o mesmo e algumas declarações finais acerca de qualquer constituinte presente na atividade envolvente.

Capítulo 2

Apresentação da empresa

2.1 Introdução

Neste capítulo será apresentada a empresa onde foi realizado o estágio e por consequência todo o trabalho e produto a ser demonstrado neste relatório. Irá ser detalhada a história da empresa, os mercados de trabalho em que se encontra e também os valores que defende na relação com empregados e clientes.

2.2 Critical Software [1]

Fundada em 1998, a CSW tem demonstrado a ambição de superar os mais exigentes desafios tecnológicos do mundo. Fornece sistemas e serviços de *software* para aplicações de segurança, missão e negócios críticos. Ajuda também a garantir que os seus clientes cumpram os mais exigentes padrões de qualidade em segurança de *software*, desempenho e fiabilidade. Apresenta soluções de gestão de dados que fornecem aos clientes informações necessárias para gerir os seus ativos e processos importantes, ajudando-os assim a alcançar um melhor desempenho comercial.



Figura 2.1: Logótipo da empresa Critical Software

O desenvolvimento de projectos de sucesso possuintes de um impacto real na vida e nos negócios de milhões de pessoas assim como a ambição do foco na internacionalização e continuação do caminho para um futuro promissor e global torna a CSW numa empresa promissora que trabalha todos os dias para ultrapassar barreiras, criar um impacto no dia-a-dia das pessoas, e tornar o mundo num lugar mais seguro.

2.3 Desde 1998 até aos dias de hoje...

Após a fundação em 1998 a empresa cresceu rapidamente e começou a expandir-se para fora de Portugal, tendo lançado a primeira versão comercial do *software* csXception™ e sendo seleccionado pela ESA como caso de estudo para as pequenas e médias empresas europeias que actuavam no sector espacial.

Após alguns anos de actividade, tornou-se em 2003 na primeira empresa ibérica a receber a certificação de qualidade ISO 9001: 2000 TickIT. Recebendo de seguida a certificação NATO/AQAP 2110 e AQAP 150 e sendo ainda premiados com o CMMI-SE/SW Nível 3.

Foi ainda criada uma subsidiária no Reino Unido, realizada a abertura de escritórios em Lisboa e Porto e executada a criação de uma nova sede em Coimbra.

Em 2007 sendo os principais *testers* independentes de *software* para os projectos de missões espaciais da EarthCARE da ESA, contribuíram também para o alargamento do espaço Schengen na União Europeia.

Foram também abertos escritórios no Brasil, Moçambique e Angola, e criada a primeira *spin-off* da empresa:

- Critical Links.
- Critical Materials.
- Critical Health.
- Critical Manufacturing.

Sendo uma das poucas empresas do mundo com a certificação CMMI-SE/SW Nível 5, conseguiu trabalhar nalguns dos projectos mais importantes do mundo levando assim a um crescimento da empresa.

Teve a oportunidade de colaborar com uma grande variedade de empresas dignas de nota:

- AgustaWestland.
- EADS.
- Thales Alenia Space.
- Vodafone.
- Infineon.
- EDP.
- Enersis.
- CGD.

Software de telemetria do Ariane 6

- BCI.
- Unimed.
- AES.
- BPI.
- SIBS.
- mCel. UNITEL.
- Banco de Nova York.

Todo este sucesso levou, em 2011, à abertura de um novo escritório na Alemanha, ao lançamento de uma parceria com a Sauter Controls e à posição de uma das quinhentas empresas com crescimento mais rápido na Europa atribuída pela Business Week.



O constante crescimento até aos dias de hoje levou ao acolhimento de mais pessoas, à abertura de mais escritórios em diversos países, ao envolvimento em mais projectos e ao lançamento de novas empresas perfazendo mais recentemente num total de vinte anos de longevidade.

2.4 Áreas de trabalho

A empresa apresenta o envolvimento nalguns dos sectores mais exigentes, desenvolvendo soluções de *software* e serviços de engenharia para o suporte de sistemas críticos orientados à segurança, à missão e ao negócio de empresas.

Por todo o mundo, oferece aos seus clientes tecnologia em que podem confiar. No espaço, apresenta *software* que orbita a Terra vinte e quatro horas por dia, trezentos e sessenta e cinco dias por ano. Mais perto de casa, possui *software* que mantém os aviões a voar bem alto, torna os veículos mais seguros e alimenta redes de contadores inteligentes.

A diversidade de áreas de trabalho da CSW pode ser direccionada à integração de várias soluções tecnológicas. É possível destacar a especialidade da empresa em Cibersegurança,

Transformação Digital, Desenvolvimentos de Sistemas de *Software*, Gestão de Segurança e Serviço de Testes. Quaisquer destas soluções é enquadrada nas áreas de trabalho presentes na CSW:

- Aeroespço – Integração em projectos desde a descolagem até a aterragem com sucesso, garantindo que chegam ao destino final dentro do prazo.
- Automóvel – Parceria com a BMW Group resultando na Critical TechWorks, de maneira a revolucionar a forma como o mundo se move.
- Defesa e Segurança Nacional – Criação de sistemas que suportam operações de manutenção de paz, e busca e salvamento, desde o centro de operações até aos activos no terreno, incluindo soluções de treino e simulação.
- Dispositivos Médicos – Teste de *software* de dispositivos médicos e projecção de plataformas de dados para organizações de assistência médica em todo o mundo, garantindo que têm a melhor tecnologia disponível para realizar o seu trabalho.
- *Ecommerce* – Transformação das jornadas de compra em *ecommerce* usando tecnologias inteligentes para gerar informação capaz de mudar o jogo, criar experiências personalizadas e ajudar a melhorar os resultados das empresas, colocando sempre o cliente no centro.
- Energia – Desenvolvimento e validação de soluções de infraestrutura inovadoras a nível nacional e disponibilização no mercado de produtos de teste de dispositivos inteligentes muito completos.
- Espaço – Desenvolvimento de *software* poderoso, seguro e económico quer seja necessário para observar a Terra ou tenha como destino Marte.
- Ferroviário – Desenvolvimento, teste e certificação de sistemas embebidos, tendo em conta os padrões mais elevados de integridade e segurança.
- Governo – Criação de sistemas que suportam as funções do governo, facilitando a liderança de quem está à frente destas instituições.
- Serviços Financeiros – Parceria com empresas cujo objetivo seja o aperfeiçoamento das áreas financeiras, utilizando soluções tecnológicas de ponta.
- Telecomunicações – Auxílio de empresas na organização das suas ordens de trabalho, permitindo as mesmas ampliar os ciclos de vida das suas tecnologias.

2.5 Conclusão

A disponibilidade e a rapidez na oferta de auxílio por parte da CSW tornou possível aliar a oportunidade de trabalhar num projeto de tão alta envergadura com a possibilidade de realizar o estágio académico necessário à obtenção do grau de mestre. É também de destacar a ajuda fornecida pelos elementos da CSW quer no tratamento de burocracias relacionadas com o estágio académico quer na aprendizagem dos mais variados constituintes presentes no trabalho realizado no estágio académico. O ambiente saudável e acolhedor demonstrado ao longo do estágio torna a CSW numa empresa ideal tanto no âmbito de primeiro emprego como no âmbito de estágio académico oferecendo a possibilidade de presença em projetos de alta envergadura e de obtenção de experiência e conhecimento alavancados pelo seu vasto historial em diversas áreas de engenharia.

Capítulo 3

Apresentação do veículo de lançamento

3.1 Introdução

Será apresentado no presente capítulo uma explicação detalhada sobre o veículo de lançamento de destino do *software* de telemetria realizado no estágio acadêmico detalhado neste documento. Para além dos componentes do veículo de lançamento irão ser também apresentados detalhes sobre as estruturas auxiliares ao lançamento, data de lançamento e local de lançamento.

3.2 Ariane 6 [2]

O novo veículo de lançamento europeu intitulado de Ariane 6, será capaz de executar uma larga variedade de missões. Estará disponível em duas versões dependendo da performance desejada pelo comprador.

A primeira versão será intitulada de Ariane 62 e terá as seguintes características:

- Existência de dois propulsores.
- Possibilidade de lançamento de quatro mil e quinhentos quilogramas de carga para órbita de transferência geoestacionária ou dez mil e trezentos quilogramas para baixa órbita terrestre.

A segunda versão será intitulada de Ariane 64 e terá as seguintes características:

- Existência de quatro propulsores.
- Possibilidade de lançamento de onze mil e quinhentos quilogramas de carga para órbita de transferência geoestacionária ou vinte mil e seiscentos quilogramas para baixa órbita terrestre.

Com uma altura de sessenta metros, o Ariane 6 irá pesar quase novecentas toneladas quando lançado com a carga total, nomeadamente o equivalente a um avião e meio de passageiros Airbus A380.

No desenvolvimento do Ariane 6, a ESA irá trabalhar juntamente com mais de seiscentas empresas em treze países europeus, incluindo trezentos e cinquenta pequenas e médias empresas, contratadas pela ArianeGroup.

Enquanto isso, a agência espacial francesa, prepara as instalações de lançamento na base de lançamento espacial europeia em Guiana Francesa estando o primeiro voo planeado para o segundo trimestre de 2022.

O Ariane 6 terá a flexibilidade de lançar tanto cargas leves e pesadas para uma larga variedade de órbitas tendo como finalidade a observação da Terra, telecomunicação, meteorologia, ciência e navegação.

3.3 Elementos do Ariane 6

A estrutura do Ariane 6 está compreendida em três fases, dois ou quatro propulsores anexados como já vimos anteriormente, a estrutura inferior e a estrutura superior do veículo.

A estrutura inferior do Ariane 6 composta por impulsadores de foguetes sólidos impulsiona o Ariane 6 para a primeira fase de voo, entregando cento e trinta e cinco toneladas de impulso em vácuo. Esta fase é alimentada pelo combustível líquido Vulcain 2.1, e ainda dois ou quatro propulsores P120C anexados para fornecer impulso adicional na decolagem.

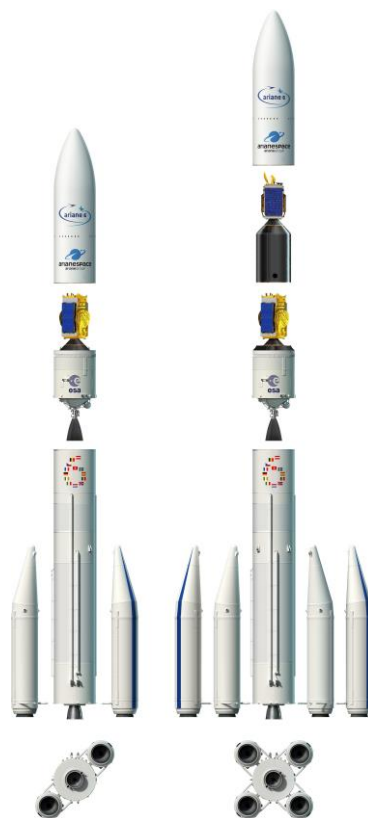


Figura 3.1: Configurações do Ariane 6

Software de telemetria do Ariane 6

A estrutura superior é alimentada pelo engenho carregável Vinci alimentado por oxigénio e hidrogénio líquido, o que permite ao Ariane 6 alcançar uma variedade de órbitas numa única missão para que mais carga possa ser entregue. A estrutura superior irá tipicamente ocupar várias tentativas para alcançar as órbitas desejadas e após separação da carga irá ocorrer uma tentativa final para desorbitar a estrutura superior reduzindo assim os destroços espaciais. A capota em forma de ogiva no topo do Ariane 6 apresenta cinco metros e quatro décimos de diâmetro e é feita em composto de fibra de carbono-polímero curado em forno industrial e apresenta-se disponível em dois tamanhos, catorze e vinte metros. O objetivo da capota será proteger satélites de problemas termais, acústicos e aerodinâmicos na ascensão ao espaço.

3.4 Zona de lançamento

Como já foi referido anteriormente no presente documento, o Ariane 6 será lançado da base de lançamento espacial europeia em Guiana Francesa na América do Sul.

O complexo de lançamento cobre cento e setenta hectares, com edifícios localizados em dezoito hectares. A base está localizada a dezassete quilómetros da cidade de Kourou e a quatro quilómetros da plataforma de lançamento do Ariane 5, minimizando assim as restrições de segurança de voo para trajectórias de lançamento a este e a norte.

As estruturas principais incluem o edifício de montagem do veículo de lançamento, o pórtico móvel e a plataforma de lançamento.

O edifício de montagem do veículo de lançamento apresenta-se como uma estrutura de vinte metros de altura, cento e doze metros de comprimento e quarenta e um metros de largura, estando localizado a um quilometro da zona de lançamento. É utilizado para a integração horizontal e preparação antes do transporte para a zona de lançamento.



Figura 3.2: Edifício de montagem do Ariane 6

O pórtico móvel apresenta-se como uma estrutura móvel metálica de noventa metros de altura pesando oito mil e duzentas toneladas quando totalmente equipado que se desloca em trilhos. O pórtico móvel é equipado com plataformas auxiliares no acesso ao veículo de lançamento para integração à plataforma de lançamento. Armazena e protege o Ariane 6 até este ser retraído antes do lançamento.



Figura 3.3: Pórtico móvel do Ariane 6

A plataforma de lançamento apresenta-se com vinte e nove metros de profundidade e duzentos metros de largura formada com aproximadamente cento e sessenta e oito metros cúbicos de cimento. É composto por uma mesa de lançamento de aço de setecentas toneladas que suporta o Ariane 6. Na descolagem, defletores de aço afunilam as plumas de fogo produzidos pelo Ariane 6 para túneis de exaustão enterrados sob a mesa de lançamento. A plataforma de lançamento possui ainda quatro mastros de protecção contra raios e uma torre de água conduzida para sistemas de inundação.



Figura 3.4: Plataforma de lançamento do Ariane 6

3.5 Conclusão

A apresentação em detalhe dos constituintes verificados neste capítulo torna a perceção do que será discutido e detalhado nos seguintes capítulos bem mais exequível. A informação executada neste capítulo, ainda que válida e necessária, serve apenas de contexto para a explicação e validação do *software* de telemetria realizado no estágio académico a ser apresentado neste documento.

Capítulo 4

Contexto tecnológico e definição do problema

4.1 Introdução

Neste capítulo será executada a apresentação do contexto tecnológico dos constituintes trabalhados. Será realizada uma explicação detalhada dos constituintes e requerimentos que, na opinião do autor, apresentam uma importância significativa na disposição do produto final. Esta apresentação de contexto irá auxiliar a definição do problema permitindo assim desenvolver e analisar problemas e objetivos tratados no estágio acadêmico.

4.2 Software de telemetria [3]

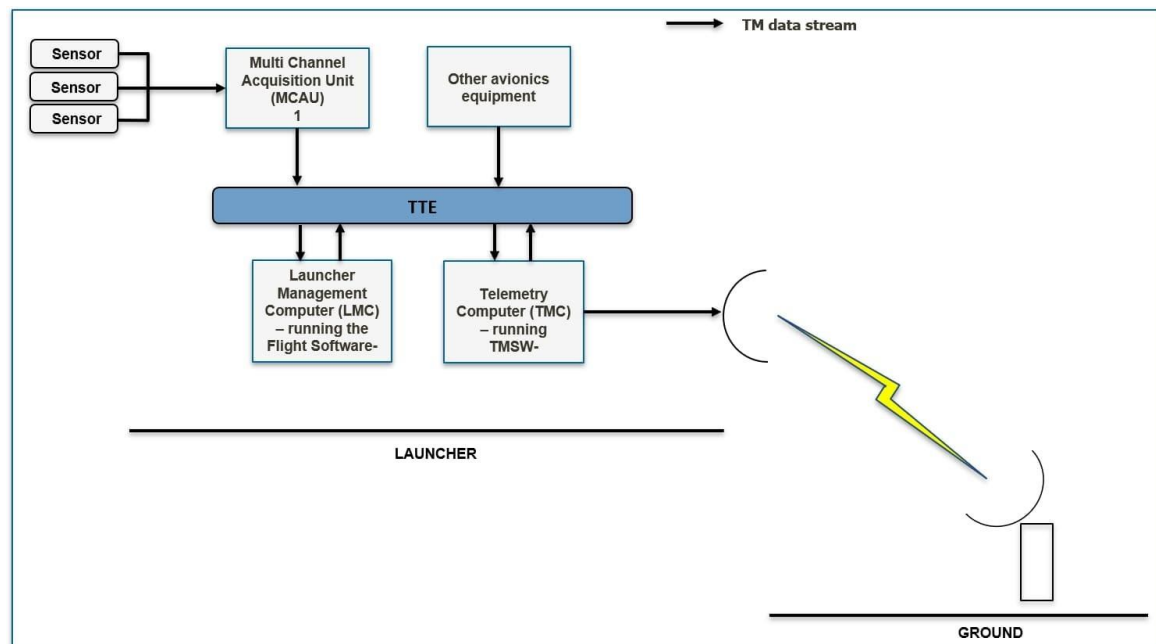


Figura 4.1: Contexto do software de telemetria no sistema de aviação do Ariane 6

O TMSW, a ser desenvolvido em Ada 2012 auxiliado por componentes da biblioteca AS-TRAL¹, é implantado no TMC que por sua vez se encontra hospedado no sistema principal de aviação localizado no módulo superior de propulsão líquida do Ariane 6. A sua principal

¹O uso desta biblioteca aponta à redução de risco de desenvolvimento e ao aumento de comodidade com o programa LMS. Todas as abstrações de *hardware* e a responsabilidade de executar a tarefa principal que irá programar o AWS são assim da biblioteca em questão.

função é agregar os dados provenientes de todos os equipamentos de aviação formatando de seguida os mesmos de acordo com os padrões definidos pelo CCSDS e enviando finalmente os mesmos para uma estação terrestre.

A comunicação é baseada na tecnologia determinística TTE² tornando o TMC num dispositivo final incluído na rede TTE e conectado aos restantes equipamentos de aviação. O LMS é o cérebro do lançador e para além de enviar os dados de telemetria para uma estação terrestre irá também fornecer outros pedaços de informação ao TMSW.

O TMSW inclui duas principais componentes na sua estrutura, o ASW e a biblioteca de baixo nível ASTRAL:

- ASW – implementa as principais funções do TMSW, filtra uma larga quantidade de dados gerados por diferentes sensores e equipamentos do TTE, produz uma ligação de telemetria de largura de banda limitada construída por pacotes CCSDS e adapta os planos de telemetria para cada fase de voo considerando as respectivas limitações de largura de banda.
- Livraria de baixo nível ASTRAL – inclui um conjunto de componentes que fornecem serviços de baixo nível como o agendamento em tempo real do ASW, manipulação dos serviços TTE, abstracção do acesso ao *hardware*, fornece acesso transparente à carga de dados do TTE através de pré-configurados fluxos de dados. É também responsável pela execução da principal tarefa do TMSW e do agendamento da activação das tarefas do ASW.

O ASW é decomposto em vários processos cíclicos e acíclicos. O processamento cíclico é activado em períodos compatíveis com o BCT cujo período iguala cinco milissegundos. A gestão do BCT e activação dos processos é feita por uma máquina finita de estados. Esta máquina decide que processos são activados em cada modo e gere os modos de transição. Cada dispositivo DHCS, incluindo o TMC, seguirão uma sequência de inicialização que irá começar pela inicialização do controlador TTE seguida da inicialização da ASTRAL e finalizando com a inicialização do ASW.

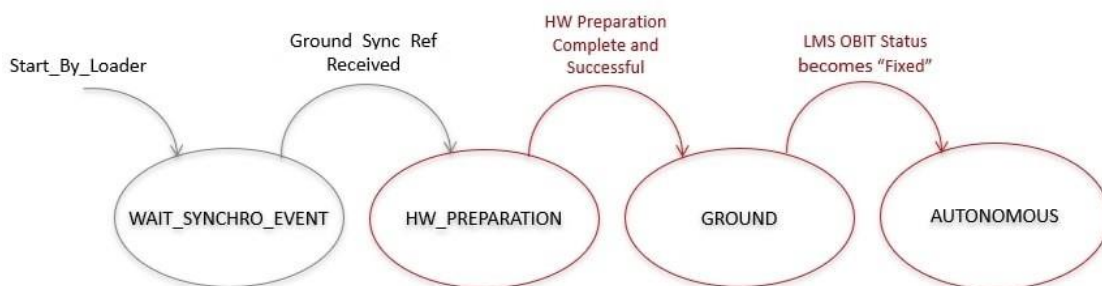


Figura 4.2: Máquina de estados finita

²A maioria das comunicações serão executadas através de pacotes Ethernet de até mil e quinhentos *bytes*.

O TMSW é operacional em três dos quatro modos³ apesar de nenhum dos processos ASW ser activado quando no modo de espera sincronizada. A gestão dos modos e transições e activação dos processos como uma função de modo é executada pela máquina finita de estados. Esta máquina finita de estados irá actuar como a principal maestra do TMSW não sendo implementada com base em componentes da ASTRAL.

Os processos presentes no ASW podem ser enumerados de seguida:

- **TMSW HANDLE TIME** – gere o OBIT e o CCN do TMSW fornecidos pela ASTRAL. O CCN é um contador incremental de ciclos⁴ enquanto que o OBIT se apresenta como a referência temporal do TMSW que é sincronizado com o OBIT do LMS na inicialização do TMSW antes do voo.
- **TMSW HW PREPARATION** – responsável pela preparação do constituinte de *hardware* METEOR, baseado em memória instantânea, antes da mudança de modo do TMSW para modo terrestre. Em cada inicialização do constituinte de *hardware* é executada uma limpeza de memória para assegurar um estado limpo. O sucesso na execução da tarefa descrita é transmitido ao TTE como dados de monitorização aumentando assim a visibilidade de algum problema de *hardware* e fornecendo assim a informação de quando executar a mudança de modo para modo terrestre. Caso a preparação falhe, o processo deve parar e o modo do TMSW não deverá mudar para modo terrestre.
- **CHANGE TM PLAN** – este processo é dividido em dois processos distintos, **TMSW CHANGE TM PLAN GROUND** e **TMSW CHANGE TM PLAN AUTONOMOUS**, usados respectivamente em modo terrestre e modo autónomo. Ambos os processos são responsáveis por gerir as transições das fases de voo e fornecerem o identificador de fase de voo aos restantes processos. O identificador de fase de voo irá permitir a cada processo aceder aos dados de missionização correctos correspondentes à fase de voo actual.
- **TMSW FU TM MONITORING** – a maioria dos fluxos de dados usados para gerar os pacotes CCSDS são originados por outro equipamento e são recebidos pelo TTE, porém, alguns destes fluxos de dados são gerados pelo próprio TMSW. Este processo agrega os dados que compõe o TMSW como fluxo de dados de entrada ao processo **TMSW FILTER TTE DATA** para serem enviados para uma estação terrestre pelo TTE.
- **TMSW FILTER TTE DATA** – apresenta-se como a função principal do TMSW sendo este processo responsável pela filtragem dos fluxos de dados de entrada a partir do TTE de acordo com os planos de telemetria, adicionando telemetria do TMSW e alocando os mesmos a pacotes de saída. Os fluxos de dados são agrupados em pacotes de acordo com as suas características, tipo, prioridade e periodicidade.

³WAIT SYNCHRO-HW PREPARATION-GROUND-AUTONOMOUS

⁴A tarefa de ciclo básico do sistema está definida em cinco milissegundos obrigando a que todos os processos devam ser activados num período que seja múltiplo desse tempo.

- **TMSW FILTER VIKI DATA** – processo responsável por filtrar as mensagens de entrada do sistema VIKI de acordo com os planos de telemetria alocando as mesmas a pacotes de saída. As mensagens VIKI são enviadas pelo TTE e apresentam a prioridade mais baixa possível.
- **SEND TM PACKET** – este processo é dividido em dois processos distintos, **TMSW SEND CVI PACKET** e **TMSW SEND CVD PACKET**, é responsável pela construção dos pacotes CCSDS utilizando a informação fornecida pelo **TMSW FILTER TTE DATA** transmitindo depois os mesmos para o transmissor de telemetria ou guardando os mesmos na memória instantânea dependendo da visibilidade entre o lançador e as estações terrestres. Quando nenhuma estação é visível, todos os pacotes são guardados na memória, caso contrário são enviados para o transmissor de telemetria. Pacotes em transbordamento são sempre enviados para a memória instantânea enquanto que os restantes tipos são enviados para o transmissor de telemetria.
- **TMSW COMPUTE VISIBILITY** – este processo irá periodicamente verificar a visibilidade entre o lançador e as estações terrestres disponíveis consoante o plano de voo actual. O processo recebe dados de navegação do lançador por uma mensagem TTE originada pelo LMS e tem também acesso aos dados de todas as estações terrestres consideradas pelo plano de voo actual.
- **TMSW CHANGE MCAU FORMAT** – processo responsável pelo envio do comando de mudança de formato, podendo ocorrer em cada transição de fase de voo.
- **TMSW COMMAND VIKI** – processo responsável pelo envio de comandos ao sistema VIKI, podendo ocorrer em cada transição de fase de voo.
- **TMSW CONFIGURE HW** – processo responsável pelo envio de comandos de configuração a diversos constituintes de *hardware*, incluindo diversos constituintes de configuração. À medida que o lançador se vai distanciando das estações terrestres é necessário um ajuste do ritmo de saída de telemetria de acordo com os parâmetros de missionização pré-definidos.

Um aspecto importante do TMSW é a habilidade de ser personalizado de forma a cooperar com as diferentes variantes do lançador Ariane 6 e com os diferentes perfis de missão. A personalização do TMSW inclui configuração e missionização de dados.

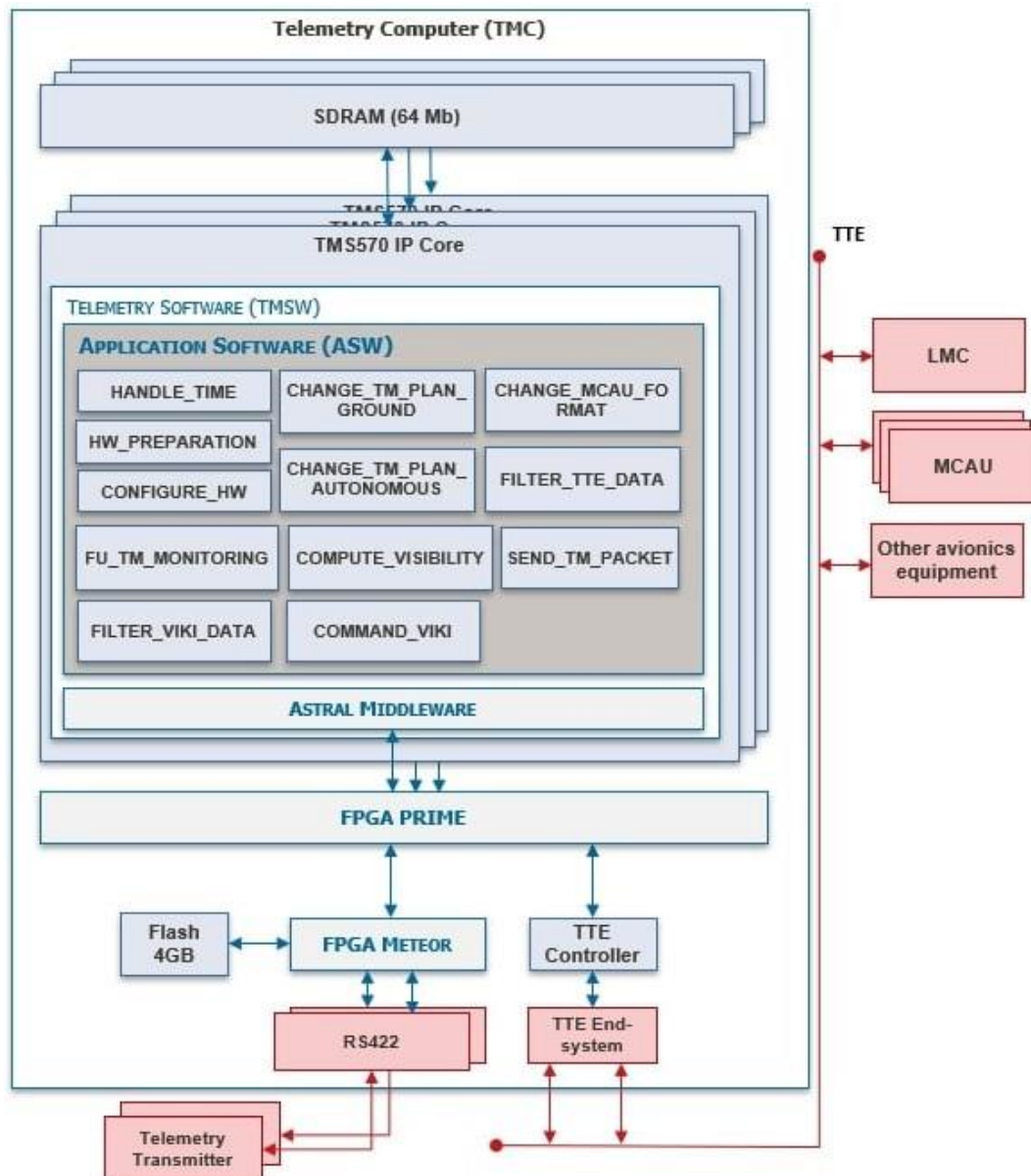


Figura 4.3: Decomposição e interfaces externas do *software* de telemetria

4.3 Configuração e missionização

O TMSW irá operar num contexto de aplicação crítica de segurança, o que requer uma flexibilidade significativa em termos de configurabilidade para que possa cooperar com as variantes do lançador, diferentes perfis de missão e até acomodar mudanças e evoluções de outros sistemas produtores de telemetria a serem geridos pelo TMSW. O TMSW irá incluir dois tipos de personalizações:

- Configuração – apresenta-se constante por natureza e é relacionada na maior parte das vezes com cada um dos processos do AWS.
- Missionização – apresenta-se personalizável para cada missão e inclui a descrição da rede TTE, endereços virtuais e os correspondentes formatos que permitem a decomposição das mensagens TTE em fluxos de dados. Inclui também todos os aspetos relacionados com a personalização específica da missão, incluindo, fases de voo e os correspondentes critérios de transição, os dados a serem gerados em cada fase de voo e a largura de banda disponível em cada fase de voo.

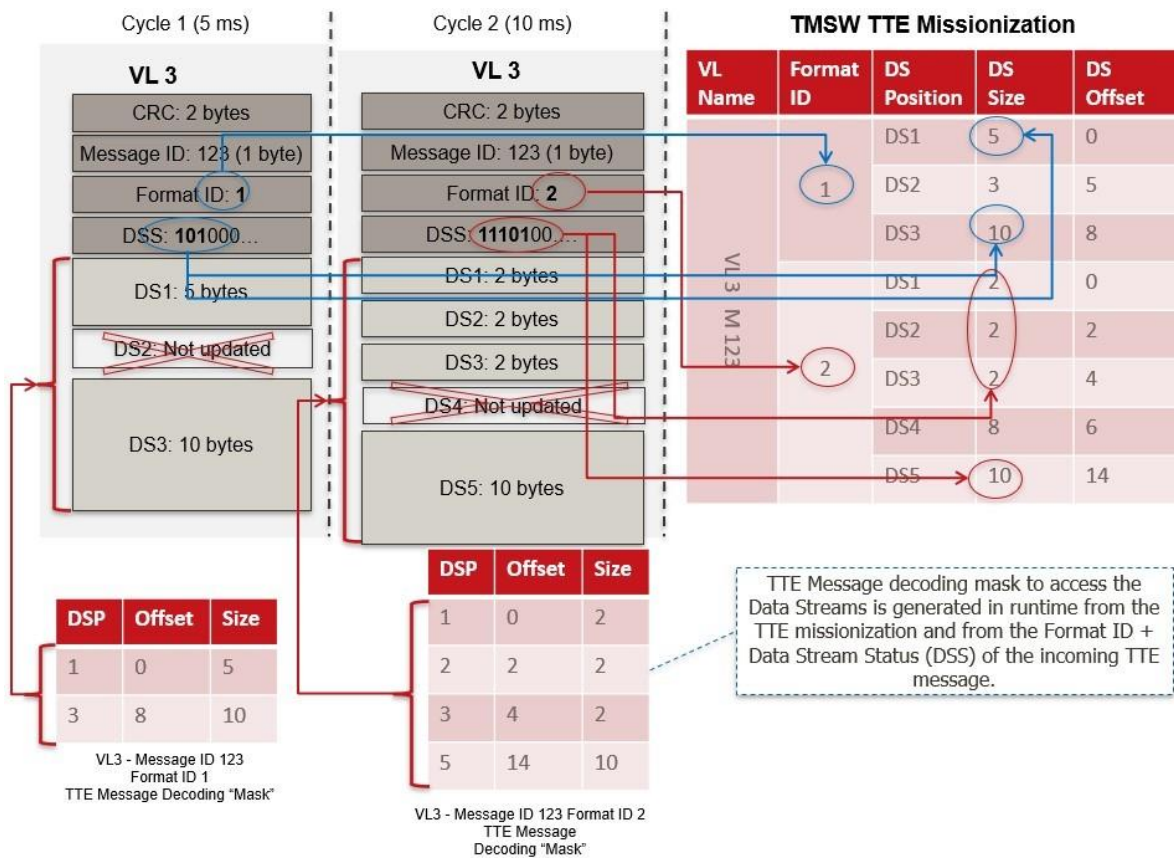


Figura 4.4: Descodificação de mensagens

É importante referir de que a missionização se apresenta, por natureza, mais dinâmica e sujeita a alterações quando comparada com a configuração. A missionização é dividida em dois blocos principais:

- Mapeamento TTE DHCS – a descrição das mensagens TTE usa a configuração ASTRAL e expande cada descrição de mensagem.
- Planos telemétricos de missionização – descrevem as características do TMSW a serem aplicadas a cada fase de voo, incluindo a filtragem TTE, largura de banda, estações

Software de telemetria do Ariane 6

terrestres a serem usadas no **TMSW COMPUTE VISIBILITY** e comandos a serem enviados.

O Mapeamento TTE DHCS permite a entrega de mensagens TTE decodificadas, de acordo com o formato DHCS, aos processos requisitantes. Inclui a missionização dos endereços virtuais, assim como os formatos das correspondentes mensagens recebidas e a forma de como podem ser decompostas em fluxos de dados. Um dado VL pode conter várias mensagens em diferentes formatos cujo conteúdo irá ser decodificado de forma diferente. O Mapeamento TTE DHCS juntamente com o cabeçalho DHCS da mensagem TTE permitirá ao TMSW entender como decodificar a mensagem para que possa aceder a fluxos de dados específicos. O conceito de missionização é usado no TMSW para que possa ser executada a personalização de algumas variáveis do TMSW que mudam de missão para missão dependendo das variantes do lançador.

4.4 Ambiente de *hardware*

Os principais aspectos relacionados com a componente de *hardware* são o TTE e o computador de telemetria.

4.4.1 Rede TTE

O TTE é uma tecnologia de rede que utiliza agendamento de horário para fornecer comunicação determinística em tempo real através da Ethernet. Foi desenhado especialmente para aplicativos em tempo real seguros e altamente disponíveis integrando de forma transparente componentes de rede Ethernet. Segurança e redundância são mantidas ao nível da rede sem a necessidade do envolvimento de outras aplicações. O tráfego TTE é definido em termos de endereços virtuais e mensagens TTE. Um VL é composto pelo endereço de destino e o endereço fonte dos pacotes de Ethernet enquanto que as mensagens TTE correspondem aos dados presentes nos pacotes Ethernet.

Uma mensagem TTE DHCS pode ter até mil e quinhentos *bytes* encapsulando até sessenta e quatro fluxos de dados. Um fluxo de dados representa a identidade com que o TMSW irá lidar para executar a filtragem dos dados de telemetria e a produção de pacotes de telemetria. Cada fluxo de dados é definido por um dado identificador de acordo com o formato da mensagem TTE e vinculada a um identificador de posição do fluxo de dados, que irá conter a mensagem.

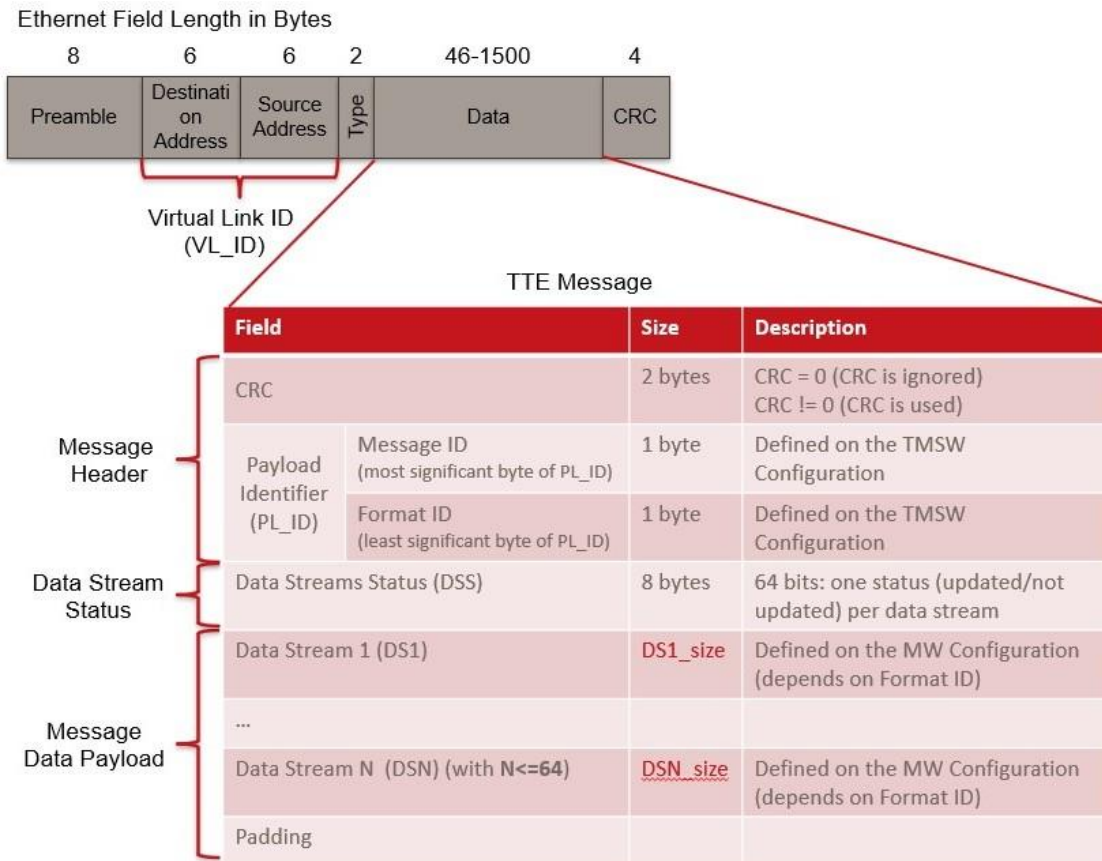


Figura 4.5: Encapsulamento de fluxos de dados

Do ponto de vista do TMSW, cada fluxo de dados relacionado com telemetria é tratado como uma caixa preta, filtrado e empacotado como blocos de dados, ao contrário dos fluxos de dados relacionados com funções do TMSW que necessitam de informação funcional específica. O campo que representa o estado do fluxo de dados especifica se algum dos sessenta e quatro fluxos de dados foram actualizados ou não no ciclo actual.

4.4.2 Controlador TTE

A utilização do TTE implica que diferentes equipamentos na rede sejam configurados de acordo com certos requerimentos. Estes requerimentos definem como os diferentes DHCS conectados à rede TTE devem ser manuseados. O TMC e o LMC agem como dispositivos DHCS significando que o TMSW e o LMS podem ser carregados nos respectivos dispositivos da rede TTE. Cada dispositivo DHCS deve seguir a sequência de inicialização para activar os respectivos constituintes. A rede de baixo nível e a sequência de inicialização são fornecidas pelo controlador TTE.

Software de telemetria do Ariane 6

4.4.3 Computador de telemetria

O TMC é baseado em arquitectura com redundância tripla contendo três núcleos, onde é executado o TMSW e o sistema de votação baseado em FPGA. Cada núcleo irá executar o TMSW incluindo o ASW e irá contactar com os seguintes componentes externos:

- Controlador TTE - responsável pela recepção de mensagens TTE.
- Transmissor de telemetria - acessível através de um FPGA que será também responsável por gerar pacotes CCSDS.
- Memória instantânea - acessível através de um FPGA.

Existem vários FPGA no TMC sendo o mais relevante para o TMSW a METEOR que é responsável por gerar pacotes CCSDS e por contactar com a memória instantânea e com o transmissor de telemetria.

4.4.4 METEOR

Quando é falado em ambiente de *hardware* é importante dar relevância à METEOR⁵, visto que representa a principal interface de saída do TMSW. O processo **SEND TM PACKET** irá gerar dois tipos de pacotes, CVI⁶ e CVD⁷, que serão encapsulados no CCSDS. O TMSW irá gerar pacotes CVI e CVD, de acordo com o formato predefinido, que serão depois enviados para o FPGA, que por sua vez os irá agrupar e gerar os pacotes CCSDS. É importante referir de que:

- Cada pacote CVD apresenta um formato CCSDS com cabeçalho primário, cabeçalho secundário e campo de dados.
- O FPGA irá necessitar de ser configurado pelo TMSW para receber informação necessária para preencher o cabeçalho primário do pacote CCSDS.
- Um pacote CVI ou CVD pode ser dividido pelo FPGA em mais do que um pacote CCSDS. Este facto é transparente ao TMSW que apenas irá produzir os pacotes CVI e CVD com um dado limite de tamanho.
- O FPGA é responsável por preencher os primeiros dois *bytes* do cabeçalho secundário CCSDS. Este cabeçalho contém a versão do cabeçalho secundário, comprimento e um apontador para o cabeçalho do primeiro pacote CVI.

⁵Constituinte de *hardware* responsável por gerar os pacotes CCSDS recorrendo a um FPGA.

⁶*Contrôle Visuel Immédiat* ou Controlo visual em tempo real.

⁷*Contrôle Visuel Différé* ou Controlo Visual Diferido.

4.5 Relação com outros sistemas

O TMSW irá comunicar com diferentes sistemas e componentes através de interfaces, sendo estas abstraídas pela biblioteca ASTRAL.

4.5.1 Computador de telemetria

As interfaces físicas do TMC incluem o FPGA e o controlador TTE:

- FPGA - por sua vez encapsula as interfaces com diferentes componentes:
 - METEOR – apresenta-se como a principal estrutura de saída do TMSW. Tendo como função gerar os diferentes pacotes de telemetria.
 - Memória instantânea – é utilizada por certos processos para guardar pacotes que não possam ser transmitidos de imediato, seja por causa de transbordamento de memória ou por não existir visibilidade com nenhuma estação terrestre presente no plano de voo actual.
 - Transmissor de telemetria – no fim da cadeia de telemetria está o transmissor de telemetria que será configurado pelo TMSW onde todos os comandos serão enviados como pacotes Ethernet acabando no transmissor.
- Controlador TTE – fornece a interface responsável por comunicar com a rede TTE para a recepção e envio de mensagens TTE e fluxos de dados.

4.5.2 Sistemas externos

As interacções do TMSW com outros sistemas fora do TMC serão executadas através da rede TTE. O TMSW receberá e enviará mensagens TTE de e a outros sistemas:

- Estação terrestre – enquanto em modo terrestre, o TMSW, irá aceitar mensagens através do TTE que indiquem qual o plano de telemetria a utilizar.
- Equipamento genérico – o TMSW receberá mensagens TTE contendo telemetria em forma de fluxos de dados para que sejam filtrados, empacotados e transmitidos.

Software de telemetria do Ariane 6

- LMS – para além de receber mensagens de telemetria TTE, o TMSW recebe do LMS mensagens funcionais específicas TTE que necessitam de ser interpretadas para que a extracção de informação relevante ao TMSW possa acontecer. Os fluxos de dados vindos do LMS são fornecidos por um canal primário por defeito, porém, caso os dados sejam inválidos é activado um canal secundário com o mesmo efeito.
- MCAU – em adição às mensagens de telemetria TTE, o TMSW, irá mandar ao MCAU comandos encapsulados em mensagens TTE. Os comandos de mudança de formato do MCAU são despoletados pelas mudanças do plano de telemetria correspondente às transições de fase de voo.
- VIKI - o TMSW receberá mensagens do VIKI contendo telemetria a ser enviada para estações terrestres e enviará comandos ao VIKI para indicar o seu modo de operação. A telemetria recebida do VIKI necessitará de ser processada de uma maneira diferente dos restantes sistemas de telemetria visto que não é compatível com o DHCS.

4.6 Definição do problema

O problema a resolver pode ser discutido como uma formulação de necessidades por parte do que já foi desenvolvido até à entrada do autor no projeto. Um problema é visto como algo que já existe retratado de forma negativa, um carro que não anda, um avião que não descola ou até mesmo o Ariane 5⁸. São projetos que, apesar de já estarem desenvolvidos, apresentam falhas e deficiências na realização da tarefa para o qual foram desenhados. É justo dizer que, apesar da entrada do autor no projeto apenas ter acontecido em Setembro, já consegue ter alguma perceção do que se justifica como um problema ou não no projeto em questão. Alguns dos constituintes já desenvolvidos apresentam certos inconvenientes, como qualquer *software* desenvolvido, que podem ter impacto no resultado final para o qual foram desenhados. O autor trabalhou maioritariamente, até à data, em testes de telemetria desenvolvidos com base em requerimentos desenhados numa fase inicial do projeto. A fase de testes está dividida por campanhas, descritas pela versão do *hardware* de telemetria fornecido pela Ariane e apresenta dois modos, um modo de *debug* onde os testes são avaliados e investigados perante alguma anomalia e um modo onde os testes da campanha são todos executados automaticamente e sem paragens ou no *hardware* de telemetria ou num simulador também fornecido pela Ariane. O processo na criação de cada teste pode ser descrito em alguns passos:

- Leitura e estudo do procedimento de testes escrito perante certos requerimentos.

⁸Alusão ao veículo de lançamento antecedente ao Ariane 6 que não apresentou grande sucesso na sua descolagem.

- Programação do procedimento de testes utilizando a ferramenta criada ao longo do decorrer do projeto. A tarefa da ferramenta é produzir os ficheiros de entrada a ser entregues ao compilador fornecido pela Ariane.
- Produção dos ficheiros de missionização necessários à execução de cada teste no *hardware* de telemetria.
- Compilação do binário por parte do compilador fornecido pela Ariane a correr no *hardware* de telemetria.
- Execução do teste no *hardware* de telemetria.
- Verificação e investigação do sucesso dos resultados obtidos.

Após o exame da tarefa de execução de testes enunciada na enumeração anterior é fácil verificar de que existe um grande processo que envolve várias ferramentas onde qualquer erro pode despoletar uma cadeia de problemas apenas verificados no fim da execução do teste no *hardware* de telemetria. Tendo em conta de que apenas será possível assumir e tratar os problemas causados pelas ferramentas desenvolvidas pela CSW, é tornado evidente a necessidade de refinamento e aperfeiçoamento das ferramentas que apresentam impacto no resultado final dos testes:

- Adquirir um melhor entendimento de qualquer teste a tratar.
- Aperfeiçoar o procedimento de qualquer teste a ser tratado.
- Aperfeiçoar a ferramenta de produção de ficheiros de entrada ao *hardware* de telemetria.
- Produção de um método mais eficaz na execução do processo completo de um teste diminuindo assim o tempo de execução em cada teste.

Sendo a área de testes a área técnica em que o autor se irá focar na maior parte do tempo não se torna na área exclusiva para a qual este irá contribuir sendo a área do desenvolvimento uma parte desse foco. Estando o projeto já numa parte avançada da sua execução faltam ainda alguns processos requerentes de atenção, adicionando assim aos problemas enunciados anteriormente:

- Adquirir um melhor entendimento dos diferentes processos a tratar.
- Programação de processos ainda não programados.
- Avaliação de processos já programados e possível melhoramento ou ajuste dessa programação.

Software de telemetria do Ariane 6

Após a avaliação das duas áreas técnicas onde o autor irá, na sua perspectiva, oferecer mais auxílio resta assim pensar e elaborar uma forma de colmatar as deficiências e tarefas designadas nas áreas em questão da maneira mais eficiente.

4.7 Conclusão

Após a contextualização técnica do trabalho desenvolvido, da especificação das áreas técnicas em que o autor esteve envolvido, da apresentação do estado de arte no âmbito do que foi realizado e da enunciação dos problemas tratados no decorrer do estágio ficam assim reunidas as condições para que possa ser apresentado o plano de trabalho delineado de forma a atacar os problemas enunciados da melhor maneira tendo como objetivo a obtenção dos melhores resultados possíveis nos diferentes âmbitos do projeto.

Capítulo 5

Implementação do *software* de telemetria

5.1 Introdução

O decorrer do estágio remonta ao dia nove de Setembro, dia de entrada do autor na empresa em questão, até ao dia trinta e um de Agosto, data de finalização das tarefas previstas para o projeto executado.

Neste capítulo será feita uma explicação detalhada desses doze meses apresentando como foco as tarefas e dificuldades a que o autor foi exposto. Esta explicação será executada em linha temporal onde cada fase presente nestes doze meses possa ser detalhada individualmente oferecendo assim uma melhor percepção ao leitor.

O trabalho desenvolvido não passou apenas pelo desenvolvimento do *software* descrito mas também pelo desenvolvimento de ferramentas de teste e simulação que se demonstraram auxiliares no fornecimento de um bom funcionamento ao produto final.

O plano de ataque adotado no alcance das metas definidas passou maioritariamente por continuar o trabalho que o autor tinha vindo a realizar a partir da sua entrada no projeto. A presença do autor no projeto iniciada em Setembro de 2021 permitiu ao mesmo a oportunidade de desempenhar certas tarefas, que englobam a maior parte dos objetivos traçados inicialmente:

- Estudo e leitura dos constituintes de aprendizagem do projeto.
- Treino e estudo das duas linguagens principais presentes no documento.
- Assimilação das diferentes ferramentas em contacto com a estrutura de testes.
- Influência ativa nas diferentes ferramentas em contacto com a estrutura de testes.
- Aprimoramento das diferentes ferramentas em contacto com a estrutura de testes.
- Produção de módulos de simulação a utilizar nas diferentes ferramentas em contacto com a estrutura de testes.
- Produção ativa de testes de *software* com a finalidade de serem reproduzidos no *hardware* de telemetria disponibilizado pela Ariane.
- Execução ativa de testes no *hardware* de telemetria disponibilizado pela Ariane nas instalações da ESA em França.
- Contacto e entendimento do processo completo de execução de testes.

5.2 Linha temporal

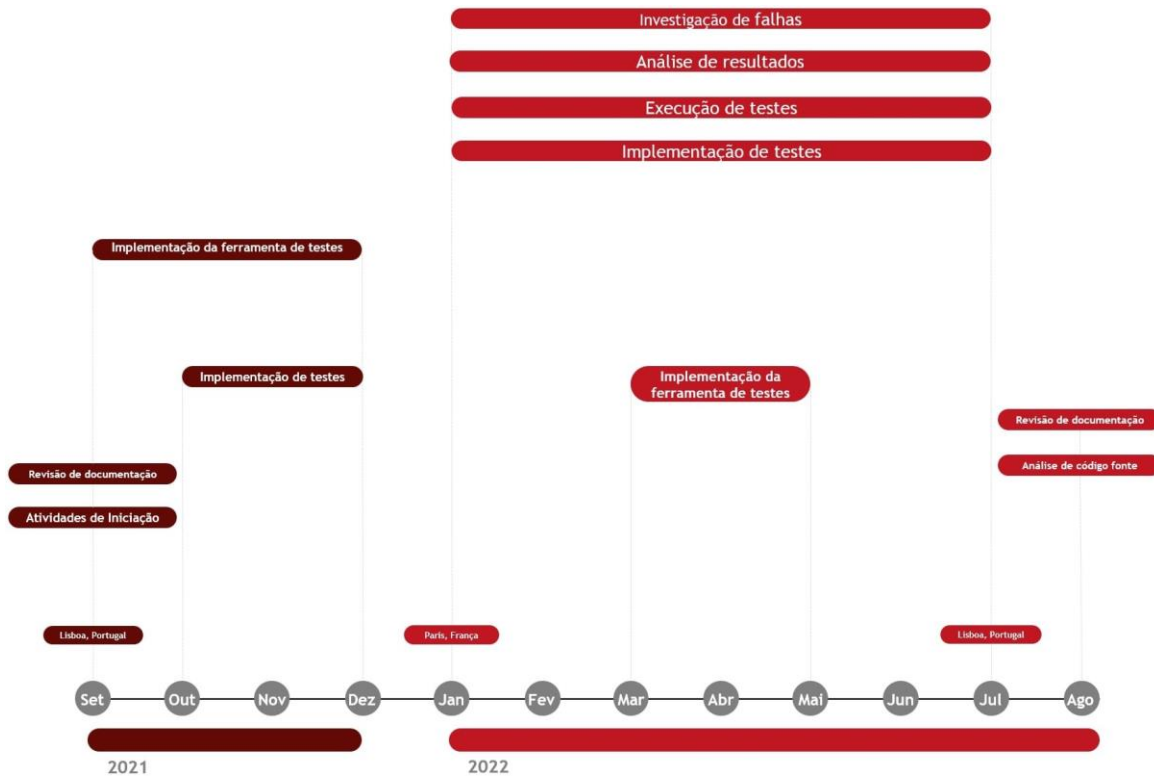


Figura 5.1: Linha temporal do estágio

O estágio em questão beneficiou das mais variadas dinâmicas permitindo assim ao autor entrar em contacto com ambientes e ensinamentos propícios à aprendizagem e gestão de todo o tipo de dificuldades e desafios. O decorrer do estágio pode ser resumido em algumas fases e tarefas desempenhadas pelo autor:

1. Atividades de iniciação.
2. Revisão de documentação.
3. Implementação da ferramenta de testes.
4. Implementação de testes.
5. Execução de testes.
6. Análise de resultados.

Software de telemetria do Ariane 6

7. Investigação de falhas.
8. Análise de código fonte.

O desempenho de algumas das tarefas referidas anteriormente apresentava certas condições na sua execução, condições essas que foram sempre atendidas pelo autor.

5.2.1 Atividades de iniciação

As atividades de iniciação permitiram ao autor observar as dinâmicas e regras requeridas no projeto quer na parte de validação quer na parte de desenvolvimento. Com uma duração de quase um mês baseou-se na leitura de documentos redigidos na fase inicial do projeto com a descrição detalhada das mais variadas vertentes do projeto. Permitiu ao autor um primeiro contacto com o projeto dando mais transparência ao que seria esperado do mesmo.

5.2.2 Revisão de documentação

A leitura de um determinado documento em qualquer fase do projeto precede automaticamente da sua revisão para que possa ser melhorada a sua qualidade de forma incremental aumentando assim a probabilidade de deteção de quaisquer erros.

Esta tarefa foi desempenhada pelo autor no decorrer de outras tarefas do início ao fim do projeto sendo uma atividade corrente no dia-a-dia do mesmo.

5.2.3 Implementação da ferramenta de testes

A ferramenta de testes fornece de forma automática, consoante algumas definições de teste, os documentos a serem alimentados ao sistema de execução para que este possa retornar o resultado consoante a configuração desses mesmos documentos.

A necessidade de constantes alterações por parte da ferramenta deu ao autor uma maior perceção da configuração e funcionamento da mesma, permitindo assim intervir na sua melhoria e detetar erros de forma mais rápida em qualquer das fases de execução de testes.

A implementação da ferramenta de testes esteve presente ao longo de todo o projeto dando ao autor oportunidades na tão desejada ambição de participar como desenvolvedor no âmbito do projeto, ainda que numa ferramenta utilizada apenas na fase de testes.

5.2.4 Implementação de testes

A implementação de um teste baseia-se inicialmente na leitura, compreensão e consolidação do mesmo para que possam ser entendidas as suas finalidades, o correto comportamento que este irá gerar e realizar possivelmente uma revisão para perceber possíveis falhas ou complementos. Para finalizar o teste é realizada uma configuração a determinadas constantes de forma programática, para que possam ser gerados os documentos necessários pela ferramenta de testes para depois serem alimentados ao sistema de execução, podendo este ser um simulador ou uma peça real de *software*.

É da responsabilidade do engenheiro de testes detetar e implementar qualquer mudança ou erro que este ache apropriado discutindo sempre a mudança com o engenheiro principal do projeto.

5.2.5 Execução de testes

Apesar de teoricamente podermos classificar o processo de execução de testes desde a implementação do teste até a análise e investigação dos resultados, iremos apenas classificá-lo como a ação de executar cada teste no sistema de execução baseando-se a mesma no seguinte:

1. Compilação do binário gerado pela ferramenta de testes.
2. Envio do binário e documentos gerados para a máquina de execução de testes.
3. Execução do teste numa das plataformas de teste disponíveis.
4. Certificação do sucesso na execução do teste.

As ferramentas necessárias à compilação e envio do binário foram também executadas pela equipa de validação do projeto tendo o autor a certa altura contribuído para as mesmas na mesma medida em que contribui para a ferramenta de testes.

É importante referir de que a execução desta fase, por critérios de segurança, apenas se tornou possível de realizar nas instalações da Ariane em Paris, tornando necessária a deslocação do autor à cidade do amor.

5.2.6 Análise de resultados

A análise do sucesso de um teste é medido consoante as regras impostas pela ficha técnica de requisitos desse mesmo teste que visa testar, por norma, uma componente específica do *software*.

Software de telemetria do Ariane 6

Esta fase pode ser dividida com a fase de investigação de falhas no caso de insucesso e é aplicada apenas nos testes de *software*.

A ação prestada pelo autor na fase de análise de resultados baseava-se na certificação de sucesso ou insucesso do teste em questão. Caso fosse provado que o insucesso do teste se devia a uma deficiência no código fonte esta teria que ser reportada para que a equipa de desenvolvimento a pudesse resolver, caso contrário teria que ser iniciada a fase de investigação de falhas.

5.2.7 Investigação de falhas

A fase de investigação de falhas é iniciada de cada vez que é encontrado um problema no processo mecânico de execução de testes resultante de alguma deficiência presente nas ferramentas já mencionadas ou na implementação do teste em questão.

A natureza do problema demonstra-se a mais importante de determinar visto que reduz em grande escala o terreno de investigação reduzindo por consequência o tempo necessário à solução do problema. Caso o erro encontrado se situe em *software* ou *hardware* prestado pela Ariane este deverá ser reportado ao engenheiro responsável pela componente onde se situa o erro.

5.2.8 Análise de código fonte

A fase de análise de código fonte foi verificada em testes de análise cujo teor não era possível de provar recorrendo ao processo habitual de testes. A prova era feita recorrendo a capturas de tela e excertos retirados dos requerimentos de *software*.

Esta análise foi também executada ocasionalmente em alguns testes de sistema durante a fase de investigação de falhas de forma a acelerar esse mesmo processo.

5.3 Conclusão

Todas as atividades prestadas na âmbito do projeto estão inseridas na linha de trabalho da área de validação.

É correto admitir que todo o trabalho desenvolvido teve impacto direto no produto final através do campo de validação e ainda que não tenha sido produzido trabalho na área de desenvolvimento fica a convicção de que tal seria possível pelo conhecimento adquirido ao longo do projeto.

O autor beneficiou de orientação por parte do orientador distinguido pela CSW ao longo de todas as fases de trabalho em que o mesmo esteve envolvido.

Software de telemetria do Ariane 6

As diferentes fases do projeto foram executadas entre Lisboa e Paris devido ao protocolo de segurança imposto pela Ariane oferecendo o acesso aos sistemas de execução de testes apenas dentro das suas instalações. O autor acabou assim por ter a oportunidade de trabalhar num dos maiores complexos tecnológicos da Europa em relação à área espacial.

Capítulo 6

Conclusão

Podemos considerar o estágio realizado pelo autor como uma epopeia repleta de complexidades e desafios cuja recompensa se mostrou bastante valiosa. Nos doze meses em que decorreu o estágio o autor teve a oportunidade de experimentar diferentes ambientes de trabalho e de trabalhar ao lado da presença de grandes profissionais da área espacial que sempre se demonstraram disponíveis na passagem de conhecimento e ajuda.

Os objetivos delineados inicialmente no plano de trabalho irão servir de métrica para avaliar assim o sucesso do estágio executado podendo dar uma maior visão do que foi ou não bem conseguido pelo autor. Entre o trabalho executado em Lisboa e Paris desde as atividades de iniciação até à execução de testes em *hardware* espacial o autor teve o prazer de se deparar com problemas e desafios que elevaram a sua capacidade crítica no pensamento e resolução dos mesmos adicionando assim aos vários benefícios obtidos pelo mesmo neste estágio académico:

- Contacto com um grande leque das mais variadas ferramentas no decorrer do estágio.
- Participação num projeto de grandes dimensões presente numa área de grande importância científica e em grande crescimento.
- Trabalho e contacto com duas empresas de grande dimensão.
- Absorção de importante conhecimento através do contacto com as diferentes vertentes do projeto.
- Contacto, tutoria e conhecimento fornecidos pelos competentes elementos da CSW.

O aperfeiçoamento das ferramentas envolvidas em cada teste tornou-se vital para o sucesso do projeto trazendo assim robustez e facilidade na deteção de erros no código já executado. A grandeza tanto do número de ferramentas como na constituição de cada uma delas torna a aprendizagem e o contacto com as mesmas no maior aliado em busca do aperfeiçoamento referido anteriormente. Foi possível aplicar este conceito a outros problemas e desafios apresentados anteriormente, dando ao autor um papel importante na celeridade e bom funcionamento do projeto ao longo da sua participação contribuindo com ideias e desenvolvendo melhorias em diferentes componentes do projeto.

Como já mencionado anteriormente toda a contribuição do autor em relação ao projeto se deveu a trabalho executado na área de validação pelo que foi um dos objetivos principais inicialmente delineados aumentar o número de elementos do projeto impactados pela presença

do autor maximizando assim a sua contribuição na visão geral do projeto. Objetivos esses que se conformavam na presença do autor na fase de desenvolvimento do projeto para que fosse possível um maior entendimento em relação ao projeto em questão. É justo afirmar que tais objetivos não conseguiram ser confirmados principalmente pelo requerimento da presença do autor a tempo inteiro na componente de validação retirando assim a possibilidade de iniciação de formação na área de desenvolvimento.

Foram também delineadas métricas vitais na categorização do sucesso do estágio permitindo assim classificar o mesmo tendo em conta certos elementos. Estes elementos são apresentados como uma auto-avaliação executada pelo autor marcando assim as métricas que na sua opinião foram obtidas com sucesso:

- ✓ O nível de destreza presente na posse do autor no fim do estágio em relação ao âmbito do projeto, experiência e métricas de trabalho, a ser demonstrada na discussão do projeto.
- × Envolvimento do autor num maior leque de áreas presentes no projeto, preferivelmente na área de validação.
- ✓ O parecer dado pelos envolventes do estágio, sendo estes docentes da CSW e da Universidade da Beira Interior, em relação à prestação e comportamento do autor.
- ✓ Relatório escrito a relatar toda a experiência e trabalho desenvolvido no decorrer do segundo semestre na empresa em questão.
- ✓ Apresentação executada no fim do estágio a docentes da Universidade da Beira Interior como produto final do estágio.

Apesar de o autor não ter completado todas as métricas apresentadas inicialmente, por motivos alheios ao mesmo, este considera o resultado final do estágio académico como sendo bastante favorável e proveitoso tendo dado ferramentas necessárias e fundamentais num dos principais objetivos estabelecidos inicialmente, a obtenção de experiência na área espacial. Com esta consolidação, o autor, terá uma maior facilidade em futuros projetos espaciais que lhe sejam designados.

O autor teve em si tudo o que precisou para completar e superar quaisquer barreiras que pudessem eventualmente surgir, fossem essas exceções não documentadas, erros de *hardware* ou até mesmo o frio arrebatador de França.

O estágio realizado a cargo da CSW como aluno de mestrado da UBI tendo como alvo a execução do TMSW, constituinte importante do veículo de lançamento Ariane 6 e propriedade da ESA, revelou-se como bastante frutífero para o futuro laboral e teórico do autor dando ao mesmo experiência e tutoria fornecidos pelos melhores profissionais da área espacial da Europa.

O desempenho, dedicação e sacrifício prestados ao longo do estágio académico valeram ao autor as mais honrosas críticas, a colocação num próximo projeto espacial e consequentemente a melhoria substancial das condições e benefícios de trabalho prestados pela empresa.

Software de telemetria do Ariane 6

O autor apresenta como ambição continuar a causar impacto na área espacial e lutar para conseguir superar qualquer desafio que possa surgir, até um dia colocar os pés na Lua.

“A small step for a man, a giant leap for mankind.”

Neil Armstrong

Bibliografia

- [1] Critical Software. (2022) Nós somos a critical software. [Online]. Available: <https://www.criticalsoftware.com/> vii, 5
- [2] European Space Agency. (2022) Ariane 6. [Online]. Available: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Ariane_6 vii, 11
- [3] ArianeGroup, “Ariane 6 telemetry software, tmsw srs,” no. 10, p. 213, 2018. vii, 17

