INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ORGANIZAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO E TESTE DE ?DRONES? COMERCIAIS

PEDRO MIGUEL DO LAGO VIEIRA

setembro de 2019

POLITÉCNICO
DO PORTO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

ORGANIZAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO E TESTE DE "DRONES" COMERCIAIS

Pedro Miguel do Lago Vieira
1120656

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

POLITÉCNICO
DO PORTO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

ORGANIZAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO E TESTES DE "DRONES" COMERCIAIS

Pedro Miguel do Lago Vieira
1120656

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva.

2018
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

POLITÉCNICO
DO PORTO

JÚRI

Presidente
Doutora Sandra Cristina de Faria Ramos
Professor Adjunto, Departamento de Matemática, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador
Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador
Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá
Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente
Doutora Maria de Fátima de Almeida Ferreira
Professor adjunto Convidado, Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico do Porto

AGRADECIMENTOS

Quero começar por agradecer à minha família, por me darem a oportunidade de completar esta etapa do meu percurso académico.

Um agradecimento especial ao Doutor Francisco José Gomes da Silva, por ter aceite orientar este trabalho, sendo sempre incansável, tanto nos momentos bons e menos bons.

À administração da organização X Aerosystems, pela oportunidade, pelo acolhimento, pelo ambiente de trabalho sempre agradável e pela permanente disponibilidade.

Ao ISEP, mais concretamente ao Departamento de Engenharia Mecânica, por fornecerem as condições necessárias para a realização deste trabalho.

PALAVRAS CHAVE

Manutenção; Testes de voo; Adaptação de carrinha de transporte; Criação.

RESUMO

A nível mundial, o setor dos *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV's) tem estado em constante crescimento. Associado a este crescimento está o aumento da competitividade do mercado. No que se refere ao mercado, a competitividade não é a nível nacional, mas sim mundial, o que eleva o patamar de desenvolvimento das aeronaves. Perante esta realidade, é imprescindível ser eficaz em todos os aspetos, não só no desenvolvimento do UAV, mas também na otimização dos processos e da documentação. Neste sentido, é crucial promover a normalização dos processos e da documentação.

A dissertação aqui apresentada foi desenvolvida na empresa X Aerosystems, S.A. que, devido a sua juventude, é necessário implementar muitos processos e documentação que não existe e que obrigatoriamente tem de existir para preservar o futuro do projeto. Perante isto, foi estudada a otimização dos processos a realizar para os testes do avião, desde o transporte à organização de voos. A organização da manutenção do avião também foi um dos casos de estudo.

Perante este estudo é de realçar que, todos os casos que foram estudados foram implementados devido à grande importância e influencia que tinham no projeto. No que respeita aos testes de voo, foi implementado um processo de transporte do avião muito eficaz, que envolveu a personalização de uma carrinha para o efeito. Relativamente à documentação dos testes de voo, foi desenvolvido um livro com várias *checklists,* desde a montagem do avião à conclusão dos testes, com as várias tarefas a realizar ao longo de todos os testes de voo. Foi criado também um programa de voos de teste com os testes e procedimentos a realizar, para com isto garantir que tudo será testado de forma lógica e eficaz. Por fim, foi criado um cartão de voos de teste, para registar tudo o que acontece e influencia estes voos. Na manutenção, foi criado um programa que nos indica o que há a fazer em cada momento; para realizar a manutenção no momento certo foi necessário criar um documento de registo de serviço do avião (*Technical Log Book*), que regista as horas e ciclos de funcionamento do mesmo e tudo o que acontece a nível funcional durante os testes. Por fim, no capítulo de manutenção, foi implementado um cartão de trabalhos do avião para registar todos os trabalhos efetuados.

KEYWORDS

Maintenance; Flight test; Adaptation of transport van; Creation

ABSTRACT

The UAV sector worldwide has been constantly growing and this growth brought an increase in competition. The market competition is not on a national level, but on an international level, which leads to increased development baseline. With this said, it is indispensable being efficient not only on the UAV development, but on the process and documentation optimization. It is necessary to promote normalization of processes and documentation.

This thesis was developed on the company X AeroSystems, S.A., that due to its youth, it is necessary to implement multiple processes and documents that do not yet exist, and, that need to exist to preserve the future of the project. With this, an optimization of the processes for the plane's testing were studied, from the transportation to the flight planning. The plane's maintenance organization was also a case study.

In this study, it is necessary to stress that all the cases studied were implemented due to the importance and influence on the project. Regarding the fight tests, an extremely efficient plane transportation process, that involved a small truck for transportation, was implemented. Concerning the flight test documentation, a book with multiple checklists from the assembly to the conclusion of the tests with the multiple tasks to to be done during testing was created. A test flight program with the tests and procedures to be done was also created. These were done to guarantee that everything was tested efficiently and logically. To round it all up, a test flight card was created to register everything that happened and what might have affected the test flights. For the maintenance was created a maintenance program that alerts us at the exact moment that maintenance is needed. To do the maintenance at the right moment it was necessary to create a Technical Log Book, that registers the functioning hours and cycles of the plane as well as everything that happens at a functional level during testing. To finish the maintenance chapter a card with the plane works was implemented, where all the work done on the plane was registered.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

APR	Aproximação
CF	*Cruise flight*
CLB	*Climb*
CM	*Condition monitoring*
DOW	*Dry operation weight*
EFP	*Engine failure procedure*
FT	*Flight test*
GCS	*Ground control station*
GS	*Ground station*
GT	*Ground test*
HT	*Hard time*
IED	*Internal exchange of die*
L	*Landing*
NA	Não aplicável
OC	*On condition*
OED	*Outer exchange of die*
SMED	*Single minute exchange of die*
TaG	*Touch and go*
TLB	*Technical log book*
TO	*Take off*
TT	*Taxi test*
UAV	*Unmanned aerial vehicle*

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Flight Hours	Horas de voo
Flight Cycles	Ciclos de voo
Failure Finding	Falha encontrada
On Condition	Em condições
Discart	Descartar
Checklist	Lista de tarefas a cumprir
Assembly Intructions	Instruções de montagem
After Assembly Instructions	Após instruções de montagem
Daily Inspection	Inspeção diária
Prefligh	Pré voo
Preflight Hardware Checklist	Lista de peças de pré voo
Before Engine Start Checklist	Lista de tarefas a cumprir antes de ligar o motor
Before Take Off	Antes de descolar
After Take Off	Depois de descolar
Airspeed	Velocidade de voo
Configuration	Configuração
Systems	Sistemas
Day	Dia
Setup	Configuração
Hard Time	Tempo máximo de operação atingido
Procedure	Procedimento
Flight Phase	Fase de voo
Time	Tempo
G.Crew	Equipa de teste
Gsc Checklist	Lista de tarefas da estação de controlo
Wind	Vento
Wind Bearing	Direção do vento
Temperature	Temperatura
Humidity	Humidade
Aircraft Flightworthy	Número de série do avião
Payload Weight	Peso de carga
Fuel Weight	Peso de combustível
Total Weight	Peso total
Engine Start Time	Hora de ligar o motor
Take Off Time	Hora de descolagem

Take Off Velocity	Velocidade de descolagem
Landing Time	Hora de aterragem
Landing Distance	Distancia de aterragem
Landing Velocity	Velocidade de aterragem
Engine Stop Time	Hora de desligar o motor
Condition Monitoring	Monitorizar a condição
Rework	Reparar
Overhaul	Revisão total
Layout	Plano
Checklist	Lista de tarefas
Preflight Inspection	Inspeção antes de voo
Engine Start Checklist	Lista de tarefas para ligar o motor
After Take Off	Depois de descolar
Before Landing Checklist	Lista de tarefas antes de aterrar
Flight Test Program	Programa de voos de teste
Ground Test	Teste de solo
Flight Test	Teste de voo
Total Time	Tempo total
Temperature Range	Intervalo de temperatura
Velocity Range	Intervalo de velocidade
Altitude Range	Intervalo de altitude
Propeller	Hélice
Initial Fuel Volume	Volume inicial de combustível
Final Fuel Volume	Volume de combustível final
Net Fuel	Combustível gasto
Flight Test Results	Resultados de voos de teste
Aircraft Anomalies/Fauls	Falhas/Anomalias no avião
Technical Log Book	Livro de registo técnico
Aicraft Apresentation	Apresentação do avião
Maintenance Program	Programa de manutenção
Diretive On Time	Evoluções realizadas
Modifications	Modificações
Aicraft Work Card	Cartão de trabalhos do avião
Ground Control Station	Estação de controlo

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - METODOLOGIA ADOTADA NA DISSERTAÇÃO PARA CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS PELA ORGANIZAÇÃO 28
FIGURA 2 - ETAPAS CONCETUAIS DA METODOLOGIA SMED [1] 34
FIGURA 3 - OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO 38
FIGURA 4 - VISÃO GERAL DA MANUTENÇÃO 39
FIGURA 5 - MANUTENÇÃO PROGRAMADA *VS* MANUTENÇÃO NÃO PROGRAMADA 40
FIGURA 6 - EFEITO DE EFETUAR ALTERAÇÕES AO PROJETO INICIAL NOS INTERVALOS DE MANUTENÇÃO 40
FIGURA 7 - FIABILIDADE *VS* CUSTOS 41
FIGURA 8 - CONFIGURAÇÃO INICIAL DA CARRINHA 45
FIGURA 9 - PRINCIPAIS PONTOS NO PROJETO DE TRANSPORTE UAV 46
FIGURA 10 - CARRINHA NÃO ADAPTADA *VS* ADAPTADA 47
FIGURA 11 - DIAGRAMA DE PROJETO DA CARRINHA 48
FIGURA 12 - PRIMEIRO NÍVEL DE CARGA 49
FIGURA 13 - SEGUNDO NÍVEL DE CARGA 49
FIGURA 14 - TERCEIRO NÍVEL DE CARGA 50
FIGURA 15 - QUARTO NÍVEL DE CARGA 50
FIGURA 16 - CUSTO DE CARGA E DESCARGA UAV 52
FIGURA 17 - TEMPO DE CARGA E DESCARGA UAV 53
FIGURA 18 - NÍVEL 1 54
FIGURA 20 - NÍVEL 2 54
FIGURA 21 - NÍVEL 3 55
FIGURA 22 - NÍVEL 4 LATERAL ESQUERDA 55
FIGURA 23 - NÍVEL 4 LATERAL DIREITA 55
FIGURA 24 - ESQUEMA DE DIVISÃO *CHECKLIST* 62
FIGURA 25 - DIAGRAMA DE VOOS DE TESTE 64
FIGURA 26 - CAPA *CHECKLIST* DO AVIÃO SR 300-00 67
FIGURA 27 - *ASSEMBLY INSTRUCTIONS* 68
FIGURA 28 - *DAILY INSPECTION* 69
FIGURA 29 - *AFTER ASSEMBLY INSTRUCTIONS* 69
FIGURA 30 - *PREFLIGHT CHECKLIST* 70
FIGURA 31 - *BEFORE ENGINE START CHECKLIST* 71
FIGURA 32 - *BEFORE TAKE OFF CHECKLIST* 72
FIGURA 33 - *AFTER TAKE OFF CHECKLIST* 73
FIGURA 34 - PROGRAMA DE VOOS DE TESTE NO SOLO 74
FIGURA 35 - PROGRAMA DE TESTES DE VOO 75
FIGURA 36 - *FLIGHT TEST CARD* 76
FIGURA 37 - *FLIGT TEST CARD* PRIMEIRO NÍVEL 76
FIGURA 38 - *FLIGHT TEST CARD* SEGUNDO NÍVEL 77

FIGURA 39 - *FLIGHT TEST CARD* TERCEIRO NÍVEL 77
FIGURA 40 - *FLIGHT TEST CARD* PREENCHIDO 78
FIGURA 41 - *AIRCRAFT MAINTENANCE STATUS REPORT* 83
FIGURA 42 - DIAGRAMA *TECHNICAL LOG BOOK* (TLB) 84
FIGURA 43 - DIAGRAMA *AIRCRAFT WORK CARD* 85
FIGURA 44 - PROGRAMA DE MANUTENÇÃO - PÁGINA 1 86
FIGURA 45 - PROGRAMA DE MANUTENÇÃO - PÁGINA 2 87
FIGURA 46 - PROGRAMA DE MANUTENÇÃO - PÁGINA 2A 88
FIGURA 47 - PROGRAMA DE MANUTENÇÃO - PÁGINA 3 89
FIGURA 48 - PROGRAMA DE MANUTENÇÃO - PÁGINA 4 89
FIGURA 50 - *TECHNICAL LOG BOOK* - DIVIDIDO 90
FIGURA 51 - *TECHNICAL LOG BOOK* - PREENCHIDO 91
FIGURA 52 - CARTÃO DE TRABALHO DO AVIÃO 92
FIGURA 53 - CARTÃO DE TRABALHO DO AVIÃO PREENCHIDO 93

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ASPETOS IMPORTANTES DA METODOLOGIA SMED 35
TABELA 2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE MANUTENÇÃO 37
TABELA 3 - CONSIDERAÇÕES ENTRE MANUTENÇÃO PROATIVA E REATIVA 41
TABELA 4 - CUSTO DE ADAPTAÇÃO DA CARRINHA 51
TABELA 5 - CONCLUSÕES FASE AOS OBJETIVOS TRAÇADOS 97
TABELA 6 - RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO 98

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 27

1.1 Contextualização 27

1.2 Objetivos 28

1.3 Metodologia 28

1.4 Estrutura da dissertação 29

1.5 Empresa de acolhimento 29

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 33

2.1 SMED (*Single Minute Exchange Of Die*) 33
2.1.1 Enquadramento histórico 33
2.1.2 Metodologia SMED 34

2.2 Manutenção 35
2.2.1 Enquadramento histórico 35
2.2.2 Objetivos da manutenção 38
2.2.3 Tipos de manutenção 39

3 TRANSPORTE DE AVIÃO 45

3.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS 45

3.2 TEMPESTADE DE IDEIAS 46

3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO 46

3.4 PROJETO DE SOLUÇÕES 48

3.5 IMPLEMENTAÇÃO 53

4 ORGANIZAÇÃO DE TESTE DE VOO 59

4.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS 59

4.2 TEMPESTADE DE IDEIAS 59

4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO 60

4.4 PROJETO DE SOLUÇÕES 61

4.4.1 *Checklist* 61
4.4.2 Programa de voos de testes (*Flight test program)* 64
4.4.3 Cartão de voos de teste (*Flight test card)* 65

4.5 IMPLEMENTAÇÃO 67
4.5.1 Checklist 67
4.5.2 Programa de voos de teste 73
4.5.3 Cartão de voos de teste 76

5 MANUTENÇÃO 81

5.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS 81

5.2 TEMPESTADE DE IDEIAS 81

5.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO 82

5.4 PROJETO DE SOLUÇÕES 83
5.4.1 Programa de manutenção 83
5.4.2 *Technical Log Book* (TLB) 83
5.4.3 Cartão de trabalho do avião (*Aircraft Work Card*) 85

5.5 IMPLEMENTAÇÃO 86
5.5.1 Programa de manutenção 86
5.5.2 *Technical Log Book* (TLB) 90
5.5.3 Cartão de trabalho do avião (*AIRCRAFT WORK CARD*) 92

6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO 97

6.1 CONCLUSÕES 97

6.2 PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO 99

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO 103

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DA DISERTAÇÃO

1.5 EMPRESA ACOLHEDORA

1 INTRODUÇÃO

Com este trabalho pretende-se apresentar o trabalho realizado na X AeroSystems, iniciado em fevereiro de 2018 e com a duração de sete meses. Este projeto foi realizado no âmbito da unidade curricular Estágio/Projeto/Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

1.1 Contextualização

Os UAV's (veículos aéreos não tripulados) é um mercado em expansão a nível mundial, devido a elevada procura que há para estes equipamentos. As aeronaves não tripuladas vieram revolucionar a aviação, uma vez que cada vez mais este tipo de equipamentos é utilizado para a substituição dos dispendiosos aviões, helicópteros, ultraleves e, também, na substituição de meios terrestres em missões.

Este acentuado crescimento, como é normal, trouxe as suas vantagens e desvantagens a nível tecnológico. O desenvolvimento tem sido considerável, o que permite cada vez mais realizar operações que eram exclusivas da aviação geral. Isto permitiu à indústria aeronáutica reduzir custos de operação, diminuir o risco e chegar a novos mercados, através de novos tipos de operação.

Outro aspeto importante é o que diz respeito à aceitação social. Se, por um lado, existem enormes apoios ao estímulo e ao desenvolvimento da indústria, por outro, existe o receio da invasão da vida privada, através das funcionalidades destas aeronaves. Como tal, as autoridades de proteção de dados pessoais, em articulação com as autoridades aeronáuticas civis, deverão assumir um papel muito proativo nos próximos anos.

A nível regulamentar é necessário ter em atenção a elevada aceitação destas aeronaves. A indústria da aviação civil tem um histórico, no que refere à segurança, invejável por todas as indústrias, sendo, aliás, este o seu pilar principal. Tal nível de segurança foi possível atingir através de um sistema de regulamentação prescritivo com a associada supervisão. No entanto, o acelerado desenvolvimento tecnológico, bem como a solicitação de soluções regulamentares por parte da indústria e da sociedade civil quanto à operação específica de aeronaves não tripuladas, levou a que as autoridades que regulam e supervisionam este sistema sentissem a necessidade de alterar este paradigma. Deste modo, está a ser preparada uma mudança na base regulamentar europeia, passando-se de uma regulamentação prescritiva para uma

regulamentação baseada no risco da operação e em requisitos de segurança proporcionais à sua realização.

Perante esta regulamentação, este tipo de aeronaves está sujeito a uma série de testes e de documentação sobre o avião a comercializar. Com estas exigências é necessário submeter cada avião a um programa específico de testes e documentar todos as atividades realizadas no avião; seja de testes, de manutenção ou de alterações ao longo do desenvolvimento.

A dissertação apresentada é o resultado de um trabalho realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial, tendo sido realizado na X AeroSystems S.A. Com o avançar dos trabalhos e com a finalização do protótipo sentiu-se a necessidade de criar as condições para efetuar os testes do avião, tendo-se procedido a criação da forma de transporte do avião, instruções de montagem, documentação de registo de testes e de tarefas realizadas sobre o avião.

1.2 Objetivos

O trabalho desenvolvido na X Aerosystems incidiu na área de criação e otimização de processos e documentação, mais concretamente na área da organização de testes de voo e da manutenção do avião. Assim, como objetivos na área de voos e de manutenção, pretende-se:

- A preparação da carrinha de transporte do avião, de ferramentas e de equipamentos para testes de voo;
- A criação de procedimentos de montagem do avião e de inspeção;
- A realização de um programa de testes para o avião;
- A criação e implementação de documentação de registo de parâmetros e de resultados de testes;
- A criação e implementação de um programa de manutenção, de registos de operação do avião e de registos de trabalhos de manutenção realizados no avião.

1.3 Metodologia

Com vista ao cumprimento dos objetivos propostos pela organização, o trabalho desenvolvido, segue a metodologia apresentada na Figura 1:

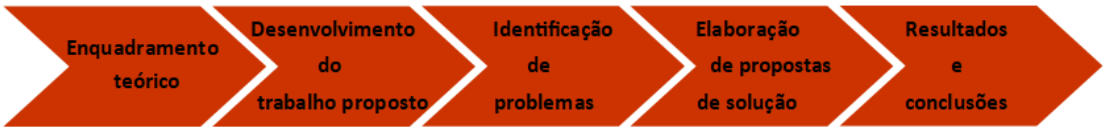


Figura 1 - Metodologia adotada na dissertação para cumprimento dos objetivos propostos pela organização

Por motivos de confidencialidade, ao longo do documento vão se encontrar imagens nas quais não será possível perceber o texto. Algumas das figuras encontram-se em inglês uma vez que, são apresentadas as imagens reais dos projetos e aplicações realizadas, isto porque, é regra da empresa todos os projetos e aplicações serem realizadas em inglês. Todas as imagens dos desenhos de projetos apresentados foram realizadas com o *software* Microsoft Visio.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação, com o tema "Organização de serviços de manutenção e testes de "drones" comerciais" encontra-se dividida em oito capítulos:

- **Primeiro capítulo — Introdução**
  Numa primeira fase, elabora-se a contextualização do trabalho e elabora-se e apresenta-se os objetivos propostos pela empresa, assim como a metodologia adotada para o cumprimento dos mesmos. Apresenta-se ainda a estrutura da dissertação e faz-se uma apresentação da organização de acolhimento;

- **Segundo capítulo — Revisão bibliográfica**
  Desenvolve-se o estado de arte sobre os vários conceitos relacionados com os temas de trabalho, nomeadamente o SMED (*Single Minute Exchange Of Die*) e manutenção;

- **Terceiro, quarto e quinto capítulos — Desenvolvimento**
  Identifica-se os problemas do caso de estudo, de seguida é apresentado a tempestade de ideias, projeto de soluções e por fim a implementação;

- **Sexto capítulo — Conclusões e propostas futuras**
  Por último, incluem-se as principais conclusões e apresenta-se propostas para trabalho futuro.

- **Bibliografia e anexos**
  A dissertação possui, ainda, o sétimo e oitavo capítulos: Bibliografia e Anexos, respetivamente.

1.5 Empresa de acolhimento

A X Aerosystems S.A. é uma organização que se dedica ao desenvolvimento e construção de aeronaves não tripuladas, tendo no momento uma aeronave em desenvolvimento com uma envergadura de asa de oito metros.

Todo o desenvolvimento do avião, desde a engenharia à construção, é feito por 8 dos colaboradores presentes nas suas instalações em Ponte de Lima.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SMED (SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE)

2.1.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

2.1.2 METODOLOGIA SMED

2.2 MANUTENÇÃO

2.2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

2.2.2 OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

2.2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SMED (*Single Minute Exchange Of Die*)

2.1.1 Enquadramento histórico

A metodologia SMED (*Single Minute Exchange Of Die*) foi concebida e desenvolvida ao longo das décadas de 50 e 60, por Shingeo Shingo, através da realização de consultoria a várias empresas japonesas [1].

A evolução desta metodologia ficou marcada por três grandes momentos. O primeiro ocorreu na empresa *Toyo Kogyo's Mazda*, em 1950, na cidade de Hiroshima [2]. Ao analisar a troca de matrizes de uma prensa, Shingo identificou e classificou como ***setup* interno** (IED – *Internal Exchange of Die*), o conjunto de operações que só podem ser realizadas com a máquina parada e como ***setup* externo** (OED – *Outer Exchange of Die*), o conjunto de operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Esta classificação e separação das operações aumentou a eficiência da prensa em 50%.

O segundo grande momento foi em 1957, desta vez na empresa *Mitsubishi Heavy Industries*, na cidade de Hiroshima, onde Shingo foi convidado para realizar uma análise ao processo produtivo. Dessa análise surgiu o conceito da duplicação de ferramentas para que o *setup* fosse realizado separadamente, o que originou um aumento de 40% na produtividade [1].

Por último, em 1969, na empresa *Toyota Motors Company*, existia uma prensa que necessitava de quatro horas para efetuar cada mudança de *setup*; comparativamente uma prensa similar na empresa *Volkswagen*, na Alemanha, apenas necessitava de duas horas [2]. Numa primeira fase, Shingo conseguiu reduzir esse tempo para noventa minutos, apenas com a definição de operações internas e externas, mas a direção da *Toyota* exigiu uma redução mais elevada. No seguimento desta exigência, surgiu o conceito de conversão do *setup* interno em *setup* externo e assim conseguiram reduzir o tempo de *setup* dos noventa minutos para apenas três minutos.

Posteriormente, este método foi implementado em todas as empresas do grupo *Toyota* e continuou a evoluir como uma das principais ferramentas do T*oyota Production System.* Com o despoletar da filosofia *Lean Thinking*, a metodologia SMED foi implementada com sucesso em diversas empresas um pouco por todo mundo.

2.1.2 Metodologia SMED

O SMED, segundo Shingo (1985) [1], é uma abordagem científica que tem como principal objetivo reduzir os tempos de *setup*, que pode ser aplicada em qualquer unidade industrial, qualquer máquina e qualquer processo.

O método deve ser aplicado faseadamente. É constituído por quatro etapas, que se encontram sintetizadas na Figura 2 e descritas de seguida.

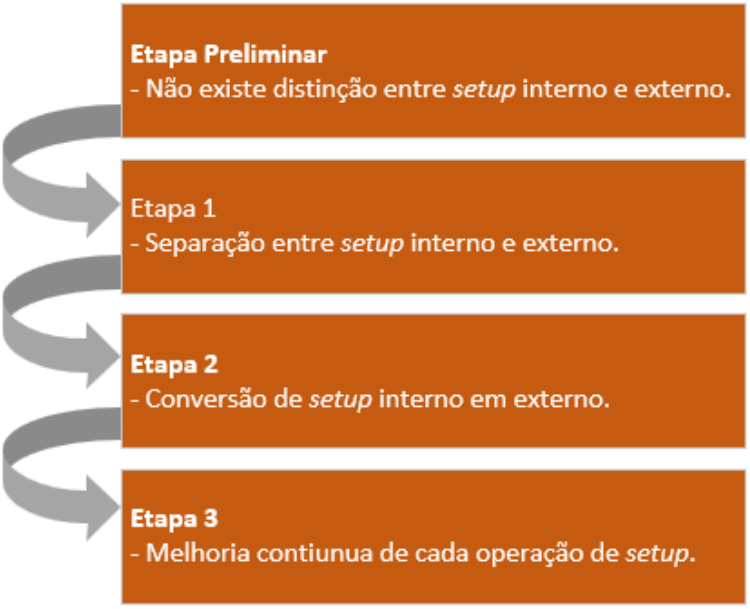


Figura 2 - Etapas concetuais da metodologia SMED [1]

- **Etapa preliminar:** Está etapa tem como objetivo realizar uma análise da situação atual, recolhendo informações relativas ao processo, às operações de *setup* realizadas e à medição dos respetivos tempos. Nesta fase é necessário envolver os operadores, uma vez que são eles que conhecem melhor os equipamentos e podem sugerir formas de melhorar o processo.
- **Etapa 1:** É considerada a etapa mais importante na implementação do SMED e consiste na classificação, separação e organização de todas as operações de *setup* como internas ou externas. Segundo Shingo [1], esta etapa é muito importante, pois pode contribuir para uma redução dos tempos de *setup* entre 30% - 50%.
- **Etapa 2:** Nesta etapa, torna-se essencial reavaliar todas as atividades e operações identificadas nas duas fases anteriores, verificar se alguma delas foi erradamente assumida como interna e reexaminar as suas verdadeiras funções, de forma a averiguar a possibilidade de converter alguma atividade de *setup* identificada como interna numa operação de *setup* externa [3].
- **Etapa 3:** Esta última etapa, tem como objetivo a melhoria em cada uma das operações elementares de *setup*, internas e externas. Apenas com a conversão

das operações internas em externas, dificilmente se conseguirão alcançar os tempos desejados de *setup* propostos pela metodologia SMED [1,2].

Na Tabela 1 estão descritos aspetos importantes a ter em consideração na metodologia SMED, apresentados por vários autores [4-11].

Tabela 1 - Aspetos importantes da metodologia SMED

Autor	Descrição
[4,5]	A separação correta de atividades internas e externas contribui para uma redução de tempo *setup;*
[6,7]	O método resultante do SMED deve ser registado, com o objetivo de promover o trabalho padrão e de servir de base para treinar e melhorar as equipas;
[8]	Um dos requisitos importantes para o sucesso do SMED é o de que todos saibam quem faz o quê e quando;
[9,10]	O trabalho em equipa é importante para que os benefícios da metodologia sejam capazes de progredir de forma eficaz;
[11]	A metodologia SMED é crucial para melhorar os processos de produção e a sua flexibilidade.

2.2 Manutenção

2.2.1 Enquadramento histórico

No século XVIII, a revolução industrial forneceu equipamentos sofisticados que permitiam grande capacidade de produção à indústria. Porém, estes avanços aumentaram os custos de inatividade, o que levou a indústria a ter necessidade de saber tirar o máximo de rendimento dos equipamentos. Isto implicou uma enorme evolução das técnicas de organização, planeamento e controle nas empresas [12].

Devido à grande pressão criada durante a Primeira Guerra Mundial sobre a indústria, foi necessário introduzir equipas especializadas em reparações corretivas. A manutenção sofreu uma grande evolução com a expansão da aviação nos anos 40, uma vez que foi necessário introduzir métodos preventivos, devido a ser muito difícil ou mesmo impossível resolver problemas durante o voo [13].

No início da aviação, eram os próprios pilotos que realizavam a manutenção dos aviões e os programas de manutenção baseavam-se na informação existente, assentando sobretudo em tarefas de manutenção corretiva.

Até à Segunda Guerra Mundial, a indústria não era baseada em processos mecanizados, o tempo do avião em *fora de serviço* devido a reparação não assumia grande importância e existia uma displicência relativamente à gestão de custos. A manutenção que se aplicava consistia, basicamente, em simples rotinas de manutenção, lubrificação e limpeza. Segundo o pressuposto de que todas as peças estariam sujeitas a desgaste natural, o que resultaria numa posterior diminuição dos níveis de segurança, todos os componentes estavam sujeitos a desmontagens e a substituições periódicas. Este tipo de manutenção preventiva denominava-se ***Hard Time*** **(HT)** [14]. A substituição do componente estava associada a intervalos de horas de voo (*Flight Hours),* ciclos de voo *(Flight Cycles)*, ou períodos estabelecidos por fabricante/operador [14].

Face a evolução da indústria aeronáutica, o impacto de um avião parado em reparação conduziu a uma mudança de filosofia de manutenção. Assumiu-se que falhas de equipamentos poderiam ser evitadas, o que conduziu à aplicação da manutenção preventiva. Ao contrário do **HT**, esta forma de atuar implicava a utilização de verificações temporárias, designando-se por ***On Condition*** **(OC)** [14]**.**

Na década de 60, os sistemas de controlo e o planeamento de manutenção ganham destaque, após verificar-se a existência de indicadores que representavam um baixo índice de fiabilidade dos reatores e também perante a constatação de inúmeras falhas durante a operação do avião. Cria-se então o conceito de ***Condition Monitoring*** **(CM),** o qual permite que a falha exista e que com ela seja possível retirar informações relevantes para agir sobre a mesma. Passa a existir uma monitorização constante da taxa de falhas, o que facilita o planeamento da manutenção [14].

Como clarificação para alguma confusão que possa existir se uma tarefa era OC ou CM, surge a necessidade de propor quatro tarefas básicas [14]:

- ***Failure Finding*** – Uma preocupação causada pela existência de falhas não detetáveis, caso não se fizesse nada para as encontrar;

- ***On Condition*** – Igual ao que já havia sido definido;

- ***Rework*** – Substitui parcialmente o HT e consiste no *overhaul* do componente;

- ***Discart*** – Substitui a restante parte do HT, passando pela simples remoção e substituição do componente.

Este processo de análise diminuiu de intensidade com o desenvolvimento da aviação [14]. Foram criados intervalos de manutenção, para realizar com mais perfeição as inspeções, reparações e revisões gerais dos sistemas, subsistemas e da estrutura das aeronaves, garantindo a sua fiabilidade e segurança. Os intervalos são determinados com base em simulações antes da primeira falha. Quando acontece esta falha os

intervalos de manutenção são revistos de forma a garantir a fiabilidade de todos os componentes pertencentes a aeronave [14].

O planeamento do processo de manutenção baseia-se em horas de voo ou ciclos realizados [14]. Numa primeira fase, para definir os planos de manutenção é usado *softwares* de simulação de componentes e testes aos provetes, assim como a experiência dos técnicos. Depois, ao longo dos testes da aeronave, vai-se ajustando o programa de manutenção com base nas falhas.

Na Tabela 2 são apresentadas algumas considerações importantes sobre a manutenção, segundo os diferentes autores [18-23].

Tabela 2 - Considerações sobre manutenção

Autor	Descrição
[18]	A manutenção é focada em preservar as capacidades funcionais dos equipamentos e sistemas de operação;
[19]	A manutenção consiste em garantir que os itens físicos continuem a fazer o que os usuários querem que eles façam;
[20]	A manutenção geralmente pode ser considerada como um conjunto de atividades necessárias para manter ativos físicos na condição operacional desejada, ou para restaurá-los para essa condição;
[21]	A ideia principal é passar da manutenção corretiva para a preventiva;
[22]	De acordo com a ISO13306:2010 a manutenção é definida como todas a operações necessárias para reter ou restaurar a capacidade de um equipamento para executar uma tarefa;
[23]	As atividades de manutenção visam aumentar a confiabilidade, segurança, disponibilidade e qualidade nas organizações, equipamentos e edifícios. Nas últimas décadas, a gestão da organização considerou o papel de manutenção como um “mal” necessário em termos de despesa e tempo.

2.2.2 Objetivos da manutenção

Os objetivos da manutenção devem ir de encontro ao que procuram as empresas proprietárias das aeronaves, sendo importante satisfazer pontos como a segurança, a qualidade, os custos e a produtividade [16].

O primeiro ponto, relativamente à segurança dos equipamentos, dos operadores e das pessoas é um ponto a ter sempre em atenção; não sendo este ponto uma exigência, não deixa de ser uma obrigação.

A qualidade é um objetivo importante quando chega a altura do cliente escolher o produto de uma determinada empresa em detrimento de uma concorrente. Por isso, é necessário dispor de todas as propriedades e características que satisfaçam as necessidades dos clientes, como por exemplo a ausência de defeitos, os melhores rendimentos e a inovação.

O custo é um dos aspetos muito importantes para o cliente. O cliente quer sempre os menores custos possíveis com a manutenção, a fim de otimizar os seus rendimentos.

No que se refere à produtividade, a substituição, a reparação, a lubrificação, o ensaio, a modificação, a calibração, a inspeção, a revisão, são vários exemplos das tarefas desempenhadas pela manutenção, coordenadas conforme as características do equipamento, sistemas ou instalação em questão [15].

Todos estes aspetos são difíceis de otimizar em simultâneo, mas esse é o objetivo da manutenção: encontrar um plano mais adequado e estruturado para operar com as melhores condições de qualidade, custo, produção e segurança. A Figura 3 ilustra os objetivos da manutenção.

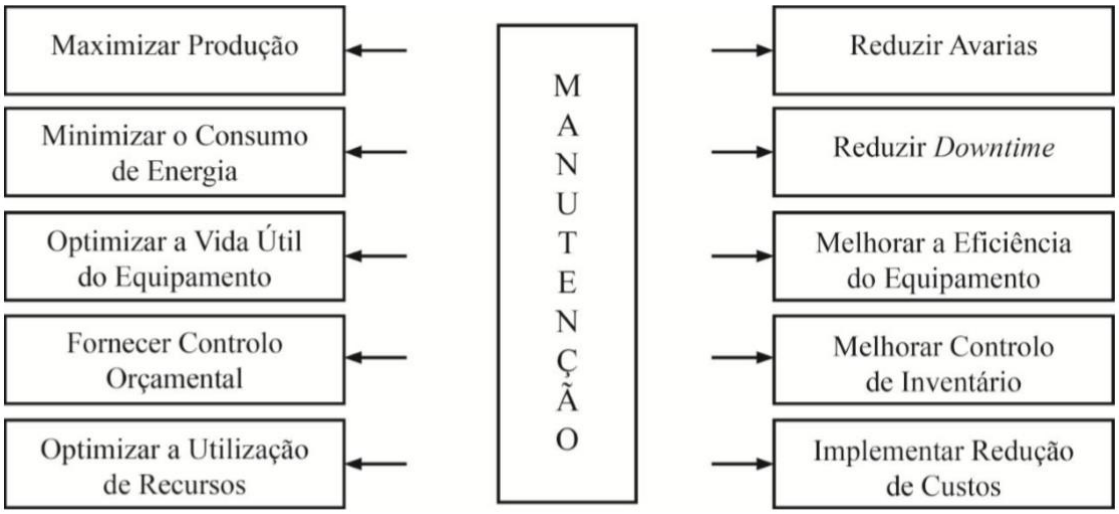


Figura 3 - Objetivos da manutenção

2.2.3 Tipos de manutenção

O conceito de manutenção é dividido em manutenção planeada e não planeada, como se verifica na Figura 4. A manutenção planeada é dividida em manutenção preditiva, preventiva, corretiva e de melhoria. A manutenção não planeada, acontece em situações de paragem do equipamento ou de emergência [17].

Figura 4 - Visão geral da manutenção

Normalmente, quando um sistema se desgasta abaixo do nível pré-estabelecido de fiabilidade, é necessário tomar algumas medidas corretivas, para que o nível de fiabilidade se mantenha nos valores em que os sistemas ou componentes foram fabricados; isto é, manter o nível original e o sistema operacional. Esta manutenção é denominada por preventiva. Este tipo de manutenção, normalmente, é realizado em intervalos pré-estabelecidos: diários, em cada voo, horas de voo ou a cada ciclo. O método apresentado anteriormente, no âmbito da aviação, é designado por manutenção planeada.

Porém, há situações em que há uma deterioração do sistema em serviço e do nível de fiabilidade abaixo do aceitável (curvas B e C da Figura 5) em momentos completamente imprevisíveis. Nestas situações, as ações de manutenção são referidas como não planeadas [14].

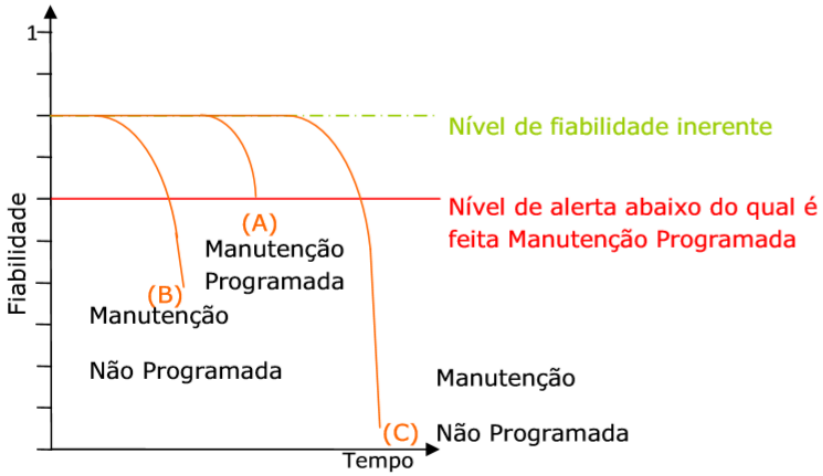


Figura 5 - Manutenção programada *vs* Manutenção não programada

A forma existente de aumentar a fiabilidade (curva A da Figura 6) é redesenhando e testando novos componentes ou sistemas. Ao redesenhar há a possibilidade de aplicar novos materiais ou novos processos de fabrico, o que poderá levar ao aumento da fiabilidade. Com os desenvolvimentos podem acontecer 3 situações (curva B, C e D da Figura 6).

Apesar da fiabilidade ter aumentado, a taxa de deterioração aumenta significativamente, o que se traduz na necessidade de uma intervenção antecipada (curva B da Figura 6). Na prática, a fiabilidade aumenta comparativamente à fiabilidade inicial, mas é necessário um maior número de ações de manutenção para manter esse nível de fiabilidade. Se a taxa de degradação for semelhante (curva c da Figura 6) ou menor (curva D da Figura 6), o intervalo de manutenção será aumentado e, consequentemente, a necessidade de manutenção preventiva diminui.

Estas últimas situações (C e D), levam-nos a questionar se a redução das ações de manutenção justificará o custo de projetar novas alterações.

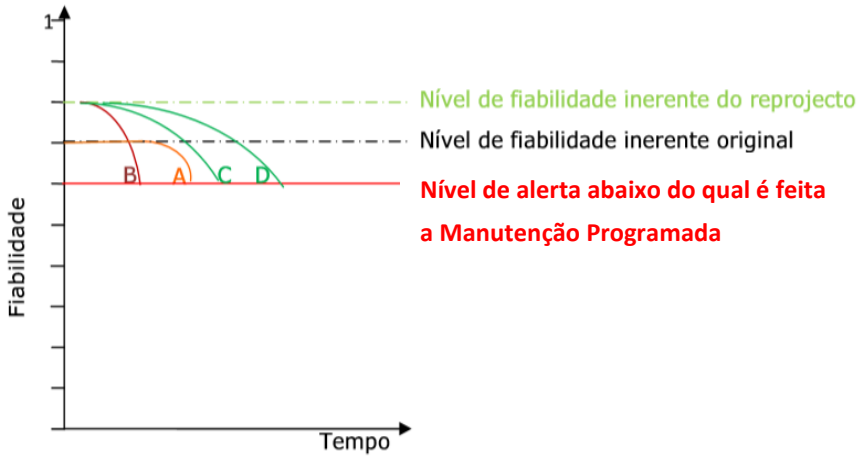


Figura 6 - Efeito de efetuar alterações ao projeto inicial nos intervalos de manutenção

Como referenciado anteriormente, um dos fatores com maior peso nas alterações de projetos, com base nas alterações de projeto, são o seu custo. Na Figura 7 é possível analisar a relação entre a fiabilidade e custo de alteração do projeto. A curva a vermelho, representa o custo de melhoria do projeto: quanto mais próximo da perfeição mais caro é o seu re-projeto e a sua execução. A curva a verde, é relativa à fiabilidade. A curva representa o aumento da fiabilidade, à medida que os esforços para introduzir melhorias se tornam mais precisos: quanto mais próximo da perfeição, mais difícil é obter uma melhoria na fiabilidade [14].

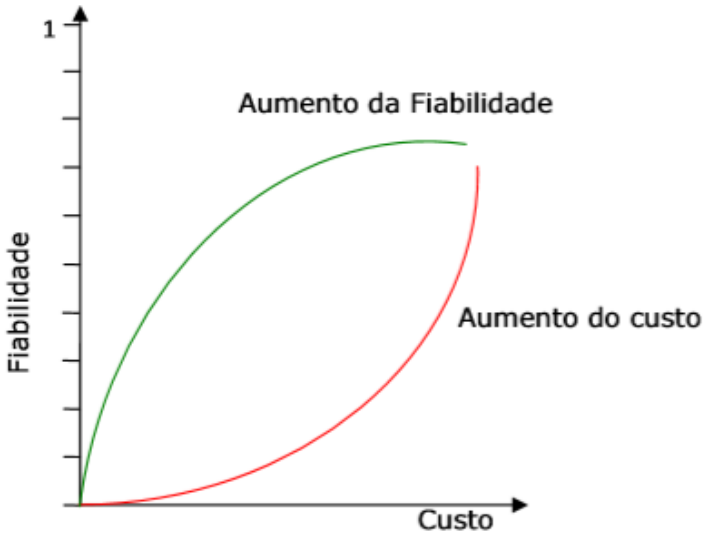


Figura 7 - Fiabilidade *vs* Custos

Na Tabela 3, são apresentadas algumas considerações entre a manutenção proativa e reativa.

Tabela 3 - Considerações entre manutenção proativa e reativa

Autor	Descrição
[24,25]	A manutenção proativa, pode ser definida como todas as operações relacionadas com a manutenção que são realizadas antes de ocorrer qualquer avaria; enquanto a manutenção reativa, é descrita como o ato de executar as referidas operações quando é detetada a avaria;
[26]	Alguns problemas de manutenção nas rotinas, foram identificados como falta de manutenção proativa, atividades de manutenção mal planeadas, falta de controlo e de conhecimento do programa de manutenção e práticas de manutenção preditiva.

DESENVOLVIMENTO – TRANSPORTE DE AVIÃO

3.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS
3.2 TEMPESTADE DE IDEIAS
3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO
3.4 PROJETO DE SOLUÇÕES
3.5 IMPLEMENTAÇÃO

3 TRANSPORTE DE AVIÃO

3.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

Inicialmente a empresa dispunha de uma carrinha normal, sem qualquer tipo de adequação para o transporte de avião, o que se verificou ser um processo de transporte muito demorado e pouco eficaz.

No que respeita ao transporte em si, e à consequente falta de organização do carregamento, a fixação do avião e do restante material a transportar por vezes não era feita de forma adequada e a carga cedia um pouco, o que aumentava o risco de dano no avião.

Figura 8 - Configuração inicial da carrinha

3.2 TEMPESTADE DE IDEIAS

Os problemas sentidos no transporte do avião, levou a uma reflexão sobre o que era necessário fazer para resolver o problema de eficácia deste processo. Para isso, foi reunida a equipa de engenharia da empresa que se centram na otimização deste processo, tendo sido discutidos os pontos principais a ter em atenção na resolução do problema, identificados na Figura 9.

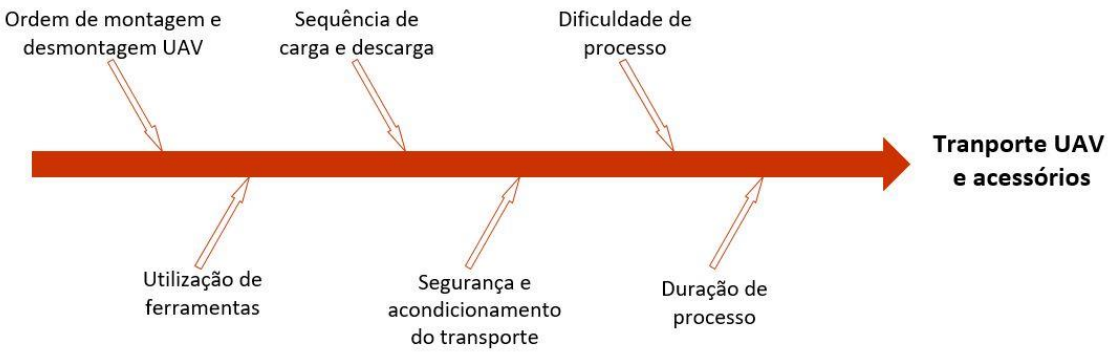


Figura 9 - Principais pontos no projeto de transporte UAV

Após a definição dos pontos principais a ter em conta na resolução do problema, foram identificadas duas áreas de melhoria: a primeira dizia respeito ao transporte de todos os componentes do avião, já que o avião é transportado desmontado; a segunda referia-se ao transporte de ferramentas, sistema de controlo do avião, material suplente e sistema de arranque do avião.

Relativamente à primeira parte, a solução encontrada consistiu em dividir a carrinha em quatro níveis: o nível inferior (nível do chão da carrinha) onde seria transportado o corpo central do avião; o segundo, o terceiro e o quarto níveis, onde seria transportado o restante material que compõe o avião, como por exemplo as asas.

No que à segunda parte diz respeito, o material seria acondicionado no espaço restante do nível em que é transportado o corpo central do avião e nas laterais da carrinha de transporte.

3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

A proposta estudada revelou-se viável devido aos baixos custos de implementação e à facilidade de execução. Além disso, era imperiosa a sua implementação, dados os riscos inerentes ao transporte da aeronave nas condições anteriores.

Esta implementação levará a uma redução muito significativa de tempo de carga. Prevê-se que este tempo passe a demorar apenas 25 minutos, em vez das duas horas anteriores.

O nível de eficácia de acomodação e segurança de transporte iria ter vantagens significativas, uma vez que todo o processo iria ser uniformizado, ou seja, cada componente teria um lugar específico e a sua fixação seria sempre realizada da mesma maneira. Assim, ficaria garantido que tudo funcionaria da mesma forma de todas as vezes que o processo fosse realizado.

Na Figura 10, é visível a simplificação do processo com esta implementação, comparativamente com a situação sem a adaptação.

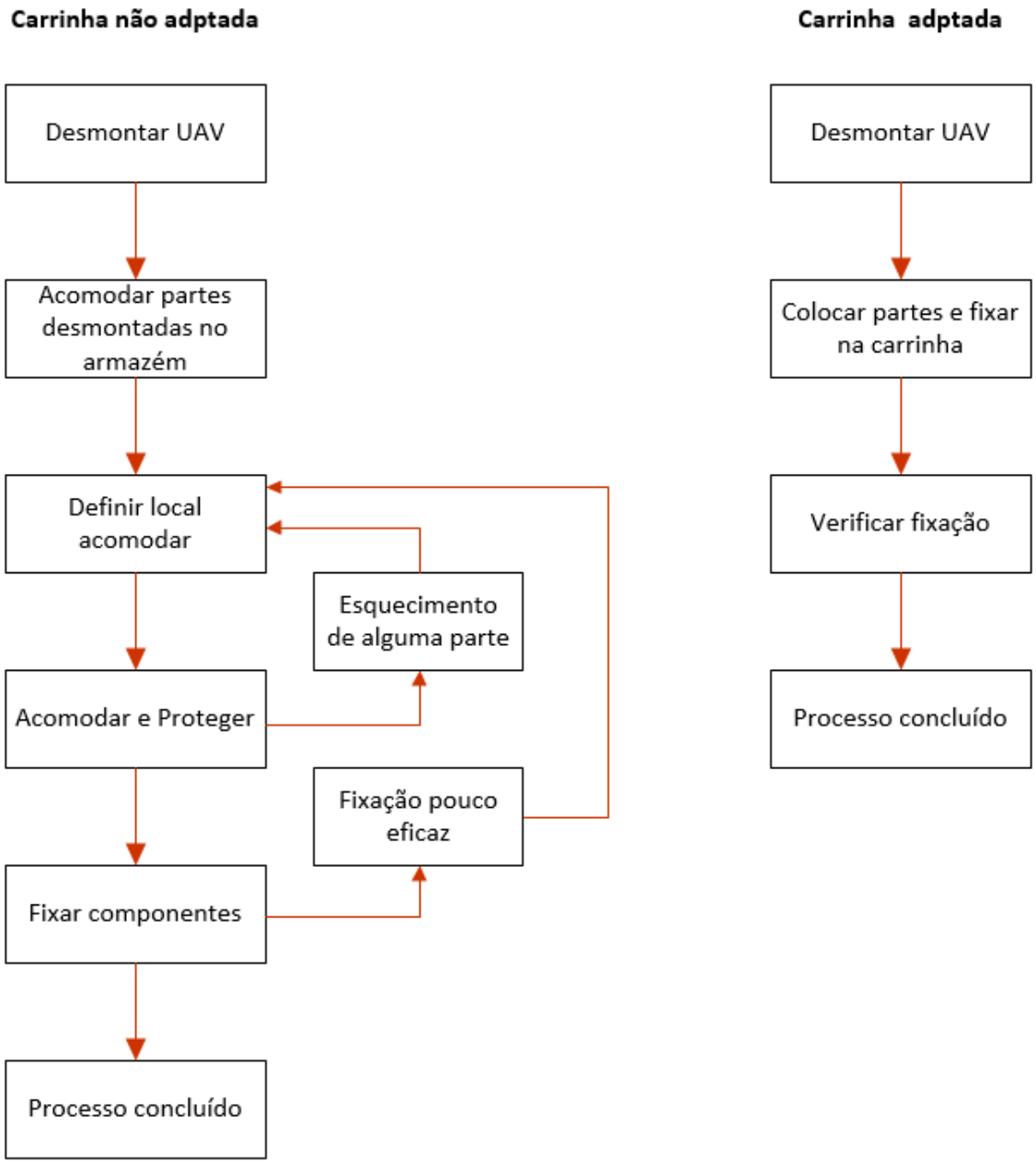


Figura 10 - Carrinha não adaptada *vs* adaptada

3.4 PROJETO DE SOLUÇÕES

No projeto das implantações a aplicar, começou-se por fazer um estudo do espaço disponível na secção de carga da carrinha. Seguidamente a esta análise, teve-se em conta a sequência de montagem e de desmontagem do avião.

A sequência de montagem e de desmontagem do avião levou a definir a ordem e os espaços onde se acomodam os componentes que pertencem ao avião. Para um bom aproveitamento destes espaços foram criados *layouts* para cada espaço de acomodação.

Como referido anteriormente, o espaço foi dividido em quatro níveis, como apresentado na Figura 11: o primeiro nível, a contar do topo da carrinha, leva os primeiros componentes a desmontar do avião; de seguida, o segundo e terceiro níveis, levam os restantes componentes do avião, todos eles pela respetiva ordem de desmontagem.

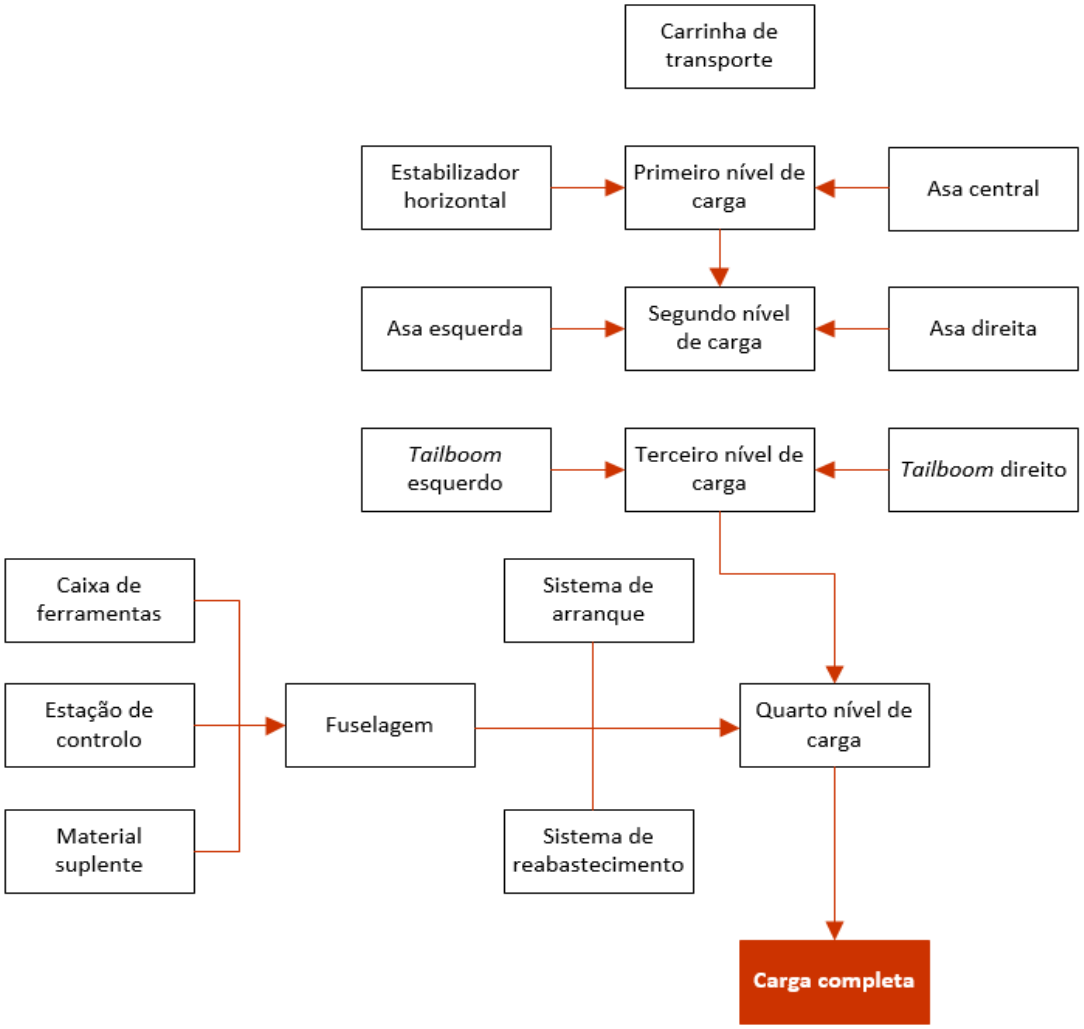


Figura 11 - Diagrama de projeto da carrinha

Estes três níveis foram construídos com recurso a barras de madeira feitas por medida para os espaços da carrinha e camuflados por esponjas, para que não se danifique a estrutura dos componentes.
A escolha da madeira para o fabrico das barras, foi feita devido ao seu baixo peso e facilidade de trabalho comparado com outros matérias.

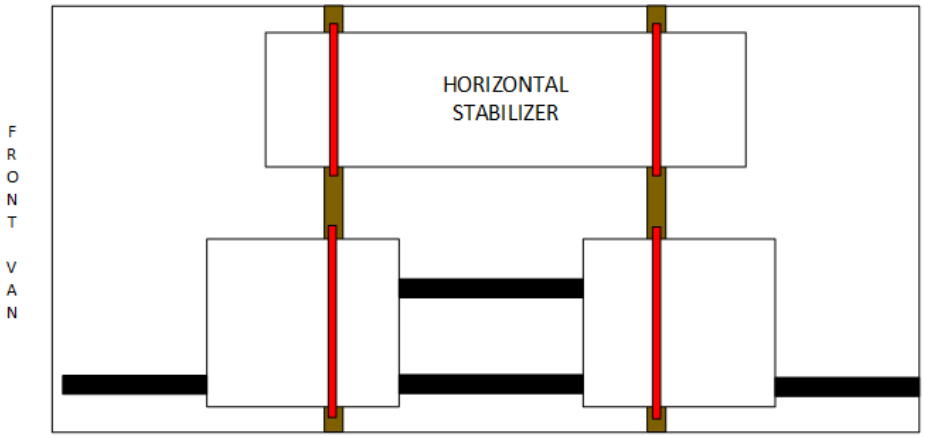


Figura 12 - Primeiro nível de carga

- ***Horizontal stabilizer*** – Estabilizador horizontal
- ***Center wing*** – Asa central
- ***Front van*** – Frente da carrinha

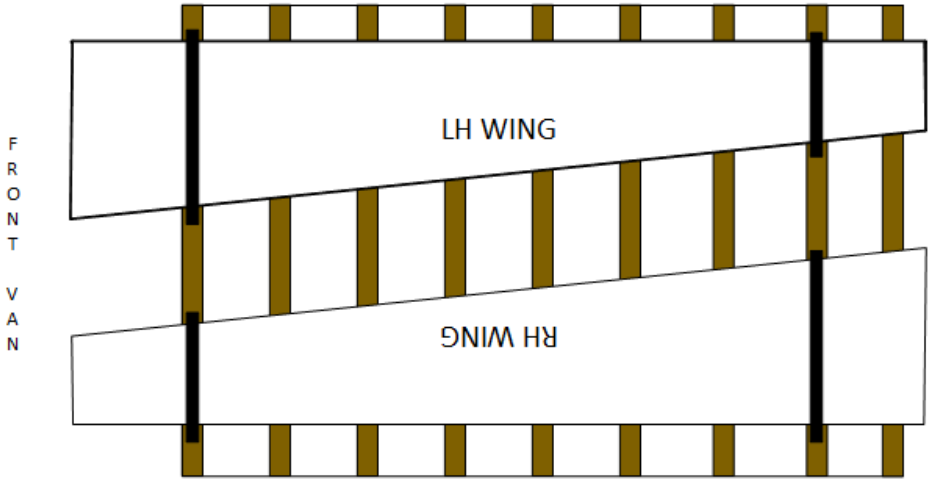


Figura 13 - Segundo nível de carga

- ***Lh wing*** – Asa esquerda
- ***Rh wing*** – Asa direita
- ***Front van*** – Frente da carrinha

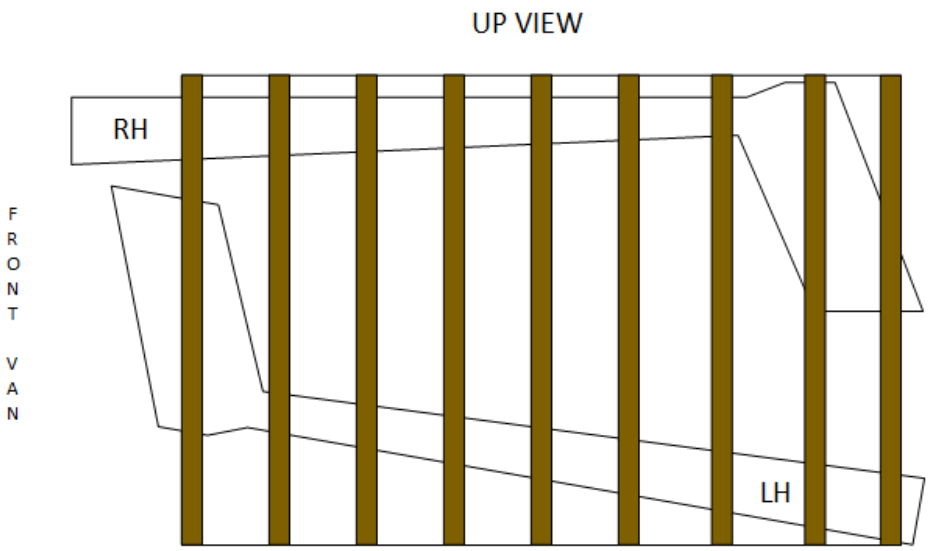


Figura 14 - Terceiro nível de carga

- ***Lh*** – *Tailboom* esquerdo
- ***Rh*** – *Tailboom* direito
- ***Front van*** – Frente da carrinha
- ***Up view –*** Vista de cima

O quarto e último nível, é o nível onde vai ser acomodada a parte central do avião, as ferramentas e os materiais necessários para a manutenção e controlo do avião. O seguinte *layout* da Figura 15 é fundamental estar bem organizado, uma vez que tem que se ter em conta o processo de descarregamento do avião. É importante que só se descarregue o que é necessário descarregar para a utilização e montagem do avião, assim como garantir que todo o material restante fica bem acomodado, para evitar riscos de danos supervenientes.

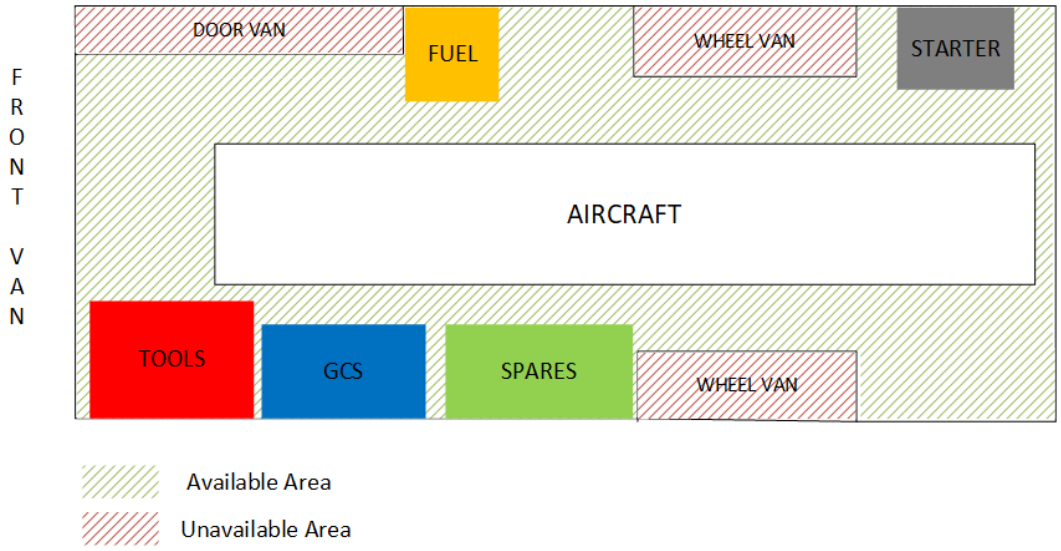


Figura 15 - Quarto nível de carga

- ***Fuel*** – Gasolina
- ***Front van*** – Frente da carrinha
- ***Door van –*** Porta da carrinha
- ***Wheel van –*** Roda da carrinha
- ***Starter –*** Sistema de arranque do avião
- ***Aircraft –*** Avião
- ***Spares –*** Peças suplentes
- ***GCS –*** Estação de controlo do avião
- ***Tools*** - Ferramentas

Todos os níveis são devidamente identificados na carrinha, quer pelos espaços criados especificamente para cada componente, quer pelos *layouts* afixados na carrinha. Cada espaço está dotado de cintas de aperto pré-fixas com o devido tamanho e encaixe para que a fixação seja rápida e eficaz. Com este sistema, garantimos uma redução de tempo muito grande.

Para uma fácil acomodação das ferramentas, as mesmas são transportadas no carrinho específico de ferramentas. Ao nível de material suplente e de manutenção do avião, foi estudado um compartimento composto por cinco caixas. Cada caixa identificada, incorporada uma lista para se verificar se todo o material necessário é transportado. Com este sistema de caixas garantimos que a acomodação e fixação são eficazes, assim como reduzimos o tempo de carga e de descarga em vários minutos.

Na adaptação da carrinha o custo é baixo, não só porque é necessário pouco material, mas também porque o custo do material é reduzido. Como o material é já comprado todo acabado e pronto a ser instalado, o custo de mão de obra é também baixo, uma vez que são apenas necessárias 8 horas de trabalho de um colaborador. Na Tabela 4, é apresentado o custo detalhado da adaptação.

Tabela 4 - Custo de adaptação da carrinha

Custos de adaptação (€)	
Madeira	28,68
Esponjas	11,97
Cintas	42,3
Parafusos	7,99
Fechos *click*	38,92
Caixas de arrumação	75
Mão de Obra	64
Total	**268,86**

A redução de custos com adaptação de cada processo de carga e descarga do avião em comparação com a carrinha sem adaptação é bastante considerável, uma vez que representa uma redução de cerca de 84% dos custos, passando de um custo inicial de 82,5€ para 13,4€, como podemos verificar na Figura 16.

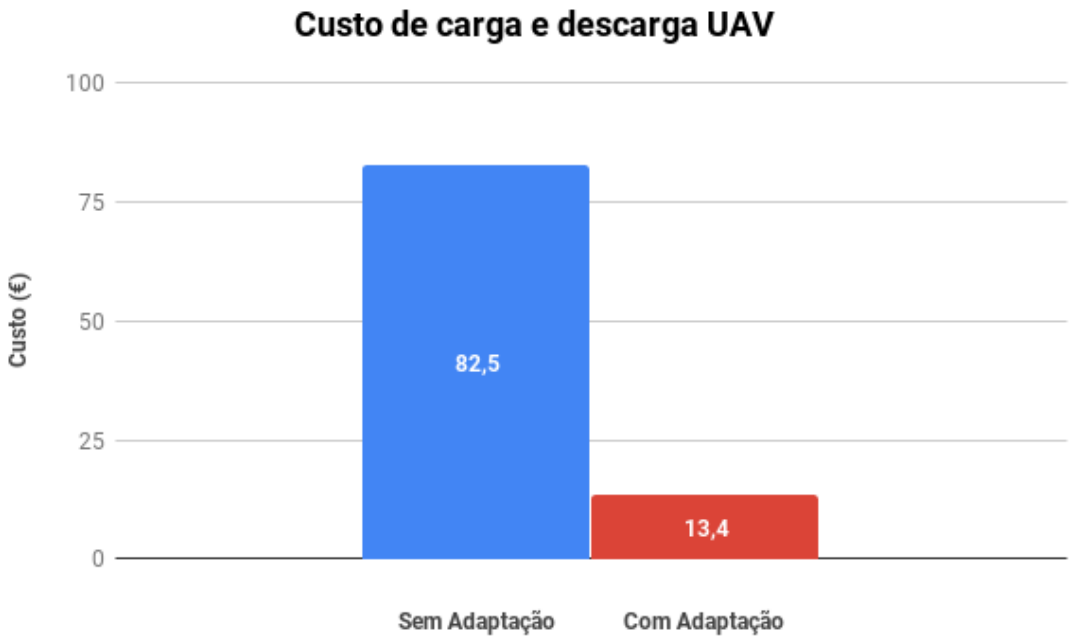


Figura 16 - Custo de carga e descarga UAV

- **Custo sem adaptação**
  Carga: 3 (operários) x 10 (€/hora) x 2 (horas) = 60€
  Descarga: 3 (operários) x 10 (€/hora) x 0,75 (horas) = 22,5€
  Total = Carga + descarga = 82,5€

- **Custo com adaptação**
  Carga: 2 (operários) x 10 (€/hora) x 0,42 (horas) = 8,4€
  Descarga: 2 (operários) x 10 (€/hora) x 0,25 (horas) = 5
  Total = Carga + descarga = 13,4€

Comparando os custos de adaptação da carrinha com a redução de custos de carga e de descarga, podemos concluir que a poupança que se verifica no processo de carga e descarga em 4 vezes paga o investimento de adaptação da carrinha.

Na Figura 17, podemos verificar os ganhos a nível de tempo que obtemos com a adaptação. Relativamente ao processo de carga, os ganhos são na ordem do 79,2%, isto é, o tempo é reduzido de 120 minutos para 25 minutos; no que respeita ao processo de descarga, os ganhos são na ordem dos 67%, passando o tempo de descarga de 45 minutos para 15 minutos.

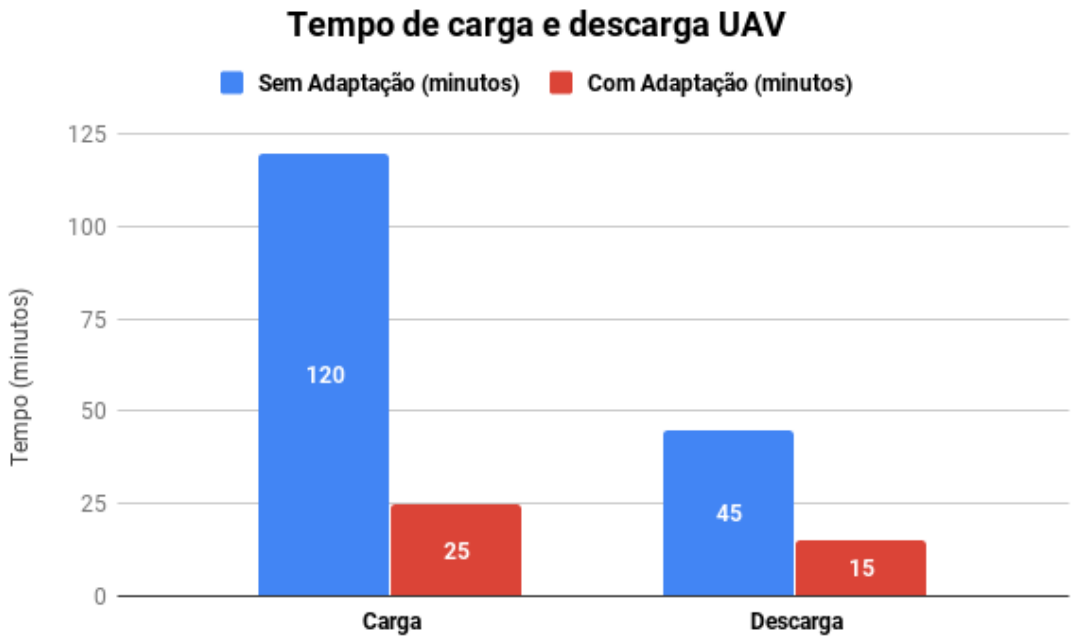


Figura 17 - Tempo de carga e descarga UAV

Na fase de desenvolvimento do avião está prevista uma sessão de testes por mês. De cada vez que há testes, acontece o equivalente a dois processos de carga e de descarga. Nestas circunstâncias, analisando os dados de poupança com adaptação, é possível verificar uma poupança anual de 1.658,4€.

3.5 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação desta solução decorreu com o baixo custo esperado, devido ao pouco material usado e ao facto de o mesmo material não ter sido muito dispendioso. Os custos de mão de obra também foram relativamente baixos, por terem sido necessários apenas dois dias úteis para a realização desta adaptação.

A implementação correspondeu às expetativas iniciais, uma vez que a redução do tempo de carga e de descarga foram notórias.

A redução do tempo do carregamento foi notória, já que o tempo de carregamento passou de cerca de 2 horas para 25 minutos.

Abaixo seguem as imagens da sequência de montagem da carrinha, nas quais segue a explicação de cada etapa realizada.

A Figura 8, representa a carrinha exatamente como ela se encontrava originalmente, sem nenhuma alteração.

Na implementação do primeiro nível, como indicado no projeto, foram colocadas duas traves de madeira, fixadas nos buracos já existentes na carrinha. De seguida, adicionaram-se as esponjas de proteção nos locais de contacto com a asa central e com o estabilizador horizontal. Por fim, foram colocadas as cintas e os fechos de fixação, como podemos verificar na Figura 18.

Figura 18 - Nível 1

A segunda etapa foi semelhante à primeira; no entanto, envolveu a colocação de mais traves de madeira, com dois objetivos: a) suportar o peso extra das duas asas do avião, que se encontram na parte superior das traves; b) suportar o peso dos dois *tail booms* colocados na parte inferior das mesmas. Os restantes passos foram iguais aos do nível 1, correspondendo à colocação de esponjas, cintas e fechos.

Figura 19 - Nível 2

O nível 3, foi o de execução mais simples, uma vez que se aproveitaram as traves de madeira do nível 2 e só foi necessário colocar esponjas, cintas e fechos, como podemos ver na Figura 20.

Figura 20 - Nível 3

Por fim, o nível 4 correspondeu à colocação nas paredes laterais da carrinha das cintas de fixação e dos fechos para acomodar todo o material apresentado no *layout,* como podemos ver nas duas figuras seguintes.

Figura 21 - Nível 4 lateral esquerda

Figura 22 - Nível 4 lateral direita

DESENVOLVIMENTO – ORGANIZAÇÃO DE TESTE DE VOO

4.1 INDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS
4.2 TEMPESTADE DE IDEIAS
4.3 ANALISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO
4.4 PROJETO DE SOLUÇÕES
4.5 IMPLEMENTAÇÃO

4 ORGANIZAÇÃO DE TESTE DE VOO

4.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

Aquando da construção do protótipo, é necessário a efetuar testes para provar o conceito e verificar se tudo funciona normalmente, ou se há alguma anomalia e correspondente necessidade de alterar componentes no protótipo, para depois se poder avançar para a produção do avião para venda.

Com a necessidades de testes e posterior análise dos acontecimentos, é necessário criar documentação que relate tudo o que seja fundamental para a análise e que permita chegar a conclusões relativas aos resultados dos testes.

Sendo uma empresa nova, com um produto a ser desenvolvido, não há suportes para realizar esta organização de voos. Assim sendo, é necessário desenvolver um trabalho a partir do zero.

4.2 TEMPESTADE DE IDEIAS

A organização dos testes de voo engloba tudo, desde a montagem do avião, à verificação do avião, ao planeamento de testes e à recolha de resultados. Para análise deste problema foi reunida a equipa de engenharia e o piloto do UAV.

Na análise conjunta foram definidos os parâmetros necessários para conseguir uma boa organização de voo. Relativamente à preparação do avião para um voo é necessária uma *checklist* que permita verificar a adequação de procedimentos nos seguintes momentos:

- Montagem
- Inspeção após montagem
- Inspeção diária
- Pré voo
- Antes de ligar o motor
- Antes da descolagem
- Após descolagem

Para que os testes sejam realizados com sucesso e sem dúvidas no momento de operação, é necessário criar um programa de testes com os seguintes parâmetros:

- Local de teste
- Procedimentos

- Fase de voo
- Altitude de voo
- Velocidade de voo
- Dia
- Tempo

Há a necessidade de criar documentação para reportar tudo o que acontece nos testes. É necessário definir quais as informações necessárias a reter. É, pois, necessário registar:

- Horas de início e de fim de testes
- Condições meteorológicas
- Operadores
- Carga de saída
- Objetivos de teste
- Distancia percorrida
- Duração de teste
- Altitude de teste
- Resultado de testes
- Registo de anomalias ou falhas no avião.

4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

A viabilidade da implementação é indiscutível e imprescindível, uma vez que a documentação de testes é absolutamente importante para se poder fazer uma análise de resultados e tomar decisões.

No mundo da aviação é obrigatório registar tudo. Como tal, os testes não são exceção. Além disso, são parte fundamental no desenvolvimento do produto. Com estes registos de testes funcionais e de voo é possível registar tudo o que de bom e de menos bom ocorre durante os testes e que permitirá no final desenvolver soluções para resolver os problemas encontrados.

A documentação não é só importante para registar problemas, mas também para se poder ter um histórico de todo o desenvolvimento que é fundamental para a documentação final e para se poder mostrar os resultados dos testes de que o avião foi alvo aos futuros clientes, bem como para efetuar futuras certificações.

4.4 PROJETO DE SOLUÇÕES

A elaboração da documentação teve por base a necessidade de registo das informações constantes dos parâmetros nela definidos. Neste sentido, a mesma foi pensada para ser simples e de fácil compreensão, para permitir efetuar as tarefas com eficácia e clareza, bem como registar com qualidade e com detalhe o máximo de informação num curto espaço de tempo.

A documentação foi dividida em três partes:

- a primeira parte é referente à orientação da preparação do avião, a ***checklist***;
- a segunda parte é a documentação relativa aos objetivos do teste e procedimentos dos mesmos, o ***flight test program***;
- a terceira parte, corresponde ao registo de informações de voos e de operadores, o ***fligt test card***.

4.4.1 *Checklist*

A primeira parte consiste na criação de um livro com as informações dos passos a realizar, para colocar o avião pronto para operação. Cada passo referido no livro tem de ser efetuado, caso contrário não é possível realizar o passo seguinte.

O livro da *checklist* do avião tem que estar num formato de fácil manuseamento e tem que ser de material resistente à sujidade e ao clima, uma vez que vai ser usado na montagem do avião e durante a sua operação.

A *checklist* do avião é dividida em fases de utilização e por ordem cronológica. Na Figura 23 está esquematizada a divisão da mesma.

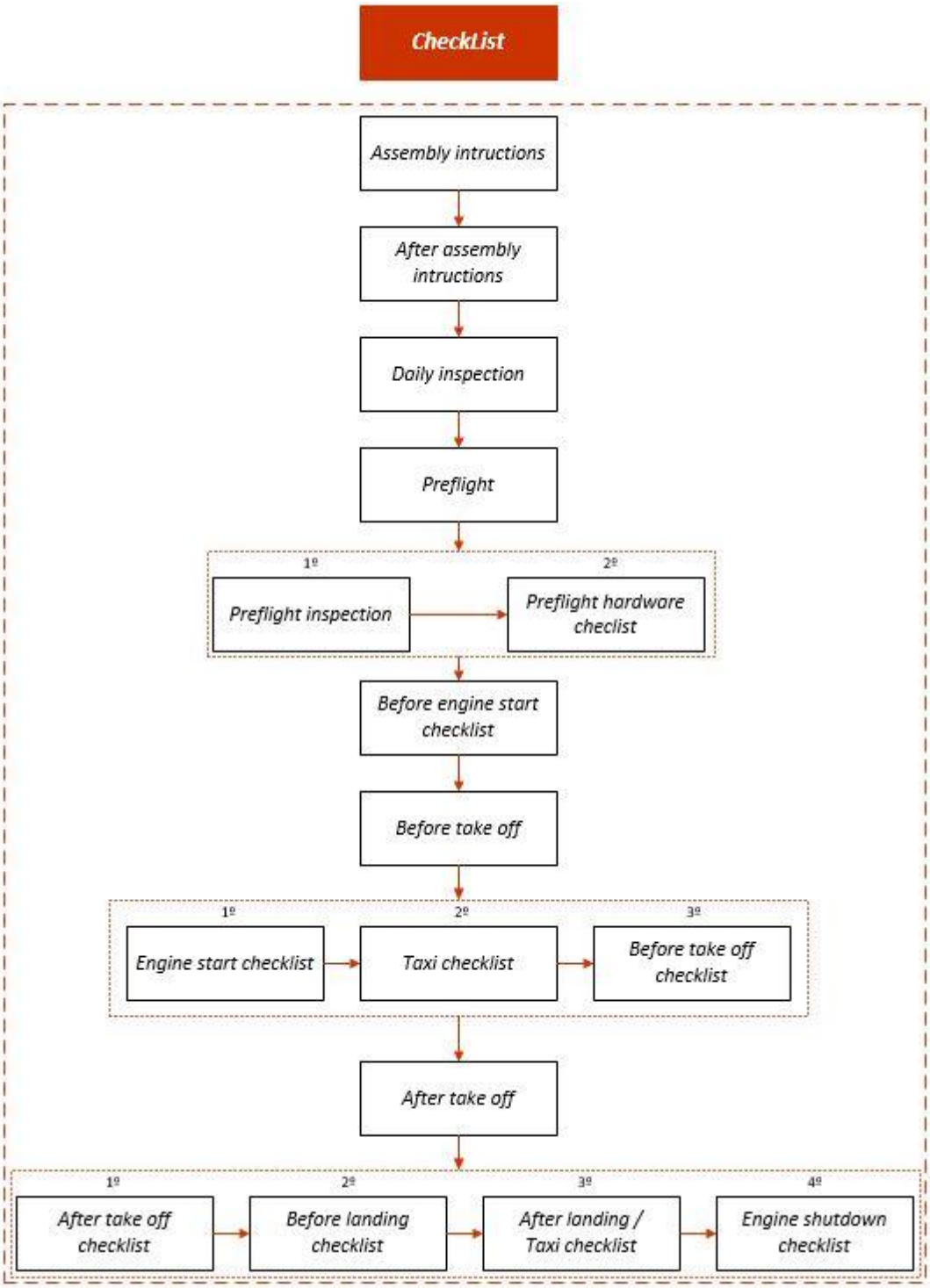


Figura 23 - Esquema de divisão *checklist*

A *checklist,* como apresentado na Figura 23, está dividida em sete partes:

- ***Assembly intructions* (Instruções de montagem)**: Como o próprio nome indica, são detalhados todos os passos e tarefas necessários para a montagem do avião, a realizar por ordem;
- ***After assembly instructions* (Instruções após montagem)**: Instruções de tarefas a realizar para dar por concluída a montagem do avião. Estas tarefas consistem em bloquear tudo o que sejam peças móveis utilizadas na montagem do avião (pinos, parafusos e etc.), bem como fechar e selar todas as tampas das zonas de trabalho. Esta *checklist* é das mais importantes, uma vez que é quando se verifica se tudo está bem montado e corretamente fixado, para garantir que nada falhe na utilização do avião;
- ***Daily inspection* (Inspeção diária)**: A inspeção diária consiste numa série de inspeções a componentes, às fixações e à estrutura do avião, que determinam se o avião está apto para serviço. Todas as inspeções são realizadas por uma ordem predefinida. Nessa ordem, se algum ponto estiver em falha, não se pode avançar para o seguinte sem a correção do ponto em questão.
- ***Preflight* (Pré voo)**: Esta *checklist* está dividida em duas partes. A primeira parte, a *preflight inspection,* que está relacionada com a inspeção ao avião antes do voo, sendo realizadas as tarefas e inspeções finais para a operação do avião; a segunda parte, a *preflight hardware checklist,* é a lista para se verificar se todo o material necessário está operacional para se poderem efetuar testes. É necessário verificar, por exemplo, a funcionalidade do extintor, do sistema de combustível e do sistema de arranque do avião;
- ***Before engine start checklist* (*Checklist* antes de ligar o motor)**: Tarefas e inspeções a realizar antes de se colocar o motor em funcionamento. Para que o motor possa ser ligado, é necessário que todas a tarefas e inspeções tenham sido efetuadas, sem exceções.
- ***Before take off* (Antes da descolagem)**: Antes do avião se fazer à pista para levantar voo, é necessário realizar as tarefas e inspeções de três *checklists*: a primeira a prosseguir os procedimentos descritos é a *engine start checklist,* que diz respeito às tarefas e inspeções a realizar no momento de ligar o motor; de seguida, a *taxi checklist*, define as inspeções e intervenções a realizar no momento em que o avião está pronto a descolar do solo; por fim, a última *checklist* a cumprir antes de o avião fazer a descolagem, é a *before take off checklist,* que corresponde às informações a verificar no momento em que se vai iniciar a descolagem da pista.
- ***After take off* (Depois da descolagem)**: No momento após a descolagem, na preparação da aproximação à pista para aterragem e depois de aterrar, é necessário cumprir os procedimentos de quatro *checklists.* A primeira, a realizar no momento após a descolagem, é a *after take off checklist,* que exige a verificação dos parâmetros do avião monitorizados no solo, para verificar se tudo está a funcionar corretamente nos sistemas. A segunda, a *before landing checklist,* consiste na preparação da aterragem e na aterragem. A terceira, é a

after landing / taxi checklist, que é realizada depois de o avião ter efetuado a aterragem em segurança. Por fim, a *engine shutdown checklist,* que é efetuada com o avião já imobilizado em segurança: Desliga-se o motor e procede-se a todas as tarefas de inspeção após voo, assim como a recolha de dados do voo para analise.

4.4.2 Programa de voos de testes (*Flight test program)*

Os programas de testes são elaborados com base nos sistemas, conceitos e objetivos a provar, para que seja possível avaliar o desempenho do avião e dos seus sistemas e concluir se está apto para operar e produzir ou se é necessário fazer alterações.

Para a elaboração do programa de testes (*flight test program*), será elaborado um *template* para que todos os testes sejam planeados sempre com as mesmas etapas, para facilitar a compreensão. Na Figura 24, podemos ver em diagrama como será elaborado o programa de testes.

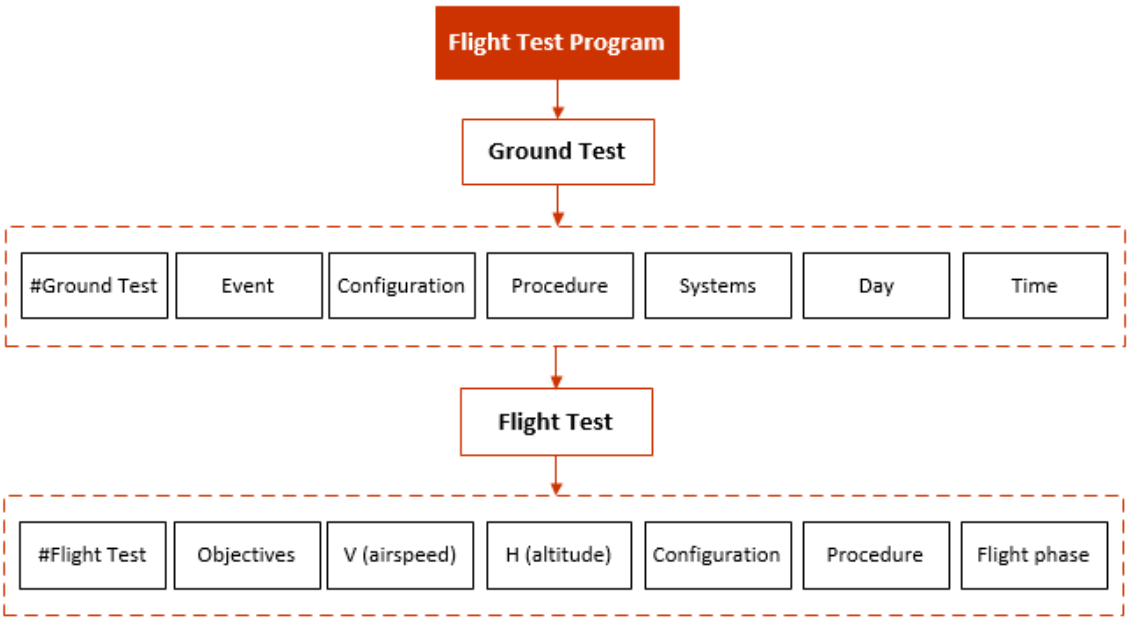


Figura 24 - Diagrama de voos de teste

Os testes, como podemos ver no diagrama da Figura 24, estão divididos em duas fases: a primeira fase corresponde aos testes no solo (*ground test*), isto é, aos testes realizados na placa ou na pista; a segunda fase é dedicada aos testes de voo e inclui todas as manobras em voo.

Os parâmetros a definir tanto nos testes de solo como nos de voo são idênticos, o que facilita muito o design do programa de testes. De seguida, será explicado cada um dos parâmetros necessários para ambos os testes.

- ***#Ground test* (Teste de solo) / *#Flight test* (Teste de voo):** Numeração dos testes com as iniciais do tipo de teste, como por exemplo ET-1 (*Engine Test* 1), GT-1 (*Ground test* 1) e FT-1 (*Flight test* 1);
- ***Event* (evento):** Denominação de teste a realizar, como por exemplo *Engine Test – Run Up* (Teste de motor – Rodar o motor) e *Flight test* (Voo de teste);
- ***Airspeed* (velocidade de voo):** Velocidade a que o avião tem de voar durante o teste;
- ***Altitude:*** Altitude que é exigida no momento de teste ao avião;
- ***Configuration* (Configuração):** Estado do motor na fase de testes, ou seja, se o motor está ligado ou desligado;
- ***Procedure* (Procedimento):** Procedimentos a seguir para realizar o teste;
- ***Flight phase* (Fase de voo):** Fase de voo a realizar o teste, como por exemplo teste de solo, teste de taxi ou teste de estação de controlo;
- ***Systems* (Sistemas):** Sistemas a utilizar;
- ***Day* (Dia):** O número do dia a que se realiza o teste como por exemplo, dia 1, dia 2 e etc.;
- ***Time* (Tempo):** Altura do dia que se realiza o teste como por exemplo, de manhã e de tarde.

4.4.3 Cartão de voos de teste (*Flight test card)*

O cartão de voos de teste é uma ferramenta imprescindível para o desenvolvimento do protótipo, uma vez que se regista tudo o que tem influência no desempenho do avião.

Devido à importância que o documento tem, é necessário que seja de fácil compreensão e preenchimento, para que não existam dúvidas nem falhas de registo durante o teste.

Por esse motivo, o documento vais ser dividido em 3 partes: a primeira parte, será preenchida no momento antes de se iniciar o test; a segunda parte, será preenchida no decorrer do teste; a terceira, e última parte, é preenchida no final do teste.

A primeira é a parte com mais dados a anotar no cartão de voos de teste, sendo estes os seguintes dados a reter:

- ***Flight Test*:** Número de teste de voo;
- ***Date:*** Date de voo de teste;
- ***Time:*** Hora de teste de voo;
- ***Airfield:*** Local de testes de voo;
- ***Airframe checklist complete:*** Confirmação que a *checklist* do avião foi cumprida;
- ***Pilot in command:*** Piloto responsável por o voo;
- ***GCS operator:*** Operador responsável pela estação de controlo do avião;
- ***Flight director:*** Diretor e responsável de teste de voos;
- ***G.crew:*** Equipa de trabalho em voo;

- ***GCS checklist complete:*** Confirmação que a *checklist* da estação de controlo foi cumprida;
- ***Wind velocity:*** Velocidade do vento
- ***Wind bearing:*** Direção do vento;
- ***Temperature:*** Temperatura ambiente;
- ***Humidity:*** Humidade do ar;
- ***Aircraft flightworthy:*** Número de série do avião em voo;
- ***DOW:*** Peso do avião vazio;
- ***Payload weight:*** Peso de carga em voo;
- ***Fuel weight:*** Peso do combustível à descolagem;
- ***Total weight:*** Peso total do avião à descolagem;
- ***Flight test objectives:*** Objetivos do voo de teste;

Relativamente à segunda parte, que é preenchida durante o voo, está mais focada nos parâmetros de *performance,* pelo que permite retirar inúmeras conclusões sobre o protótipo, como por exemplo avaliar os consumos do motor, a refrigeração do motor e a sustentação do avião. Para isso é necessário reter os seguintes parâmetros:

- ***Engine start time:*** Hora do arranque do motor;
- ***Take off time:*** Hora de descolagem do avião;
- ***Take off velocity:*** Velocidade de descolagem do avião do solo;
- ***Landing time:*** Hora de aterragem;
- ***Landing distance:*** Distancia até imobilizar o avião;
- ***Landing velocity:*** Velocidade de aterragem;
- ***Engine stop time:*** Hora que se desliga o motor;
- ***Total time:*** Tempo total de voo;
- ***Temperature Range:*** Intervalo de temperatura do motor durante o voo;
- ***Velocity Range:*** Intervalo de velocidade de voo;
- ***Altitude range:*** Intervalo de altitude de voo;
- ***Propeller:*** Dimensão de hélice usado no voo;
- ***Initial fuel volume:*** Volume de combustível inicial;
- ***Final fuel volume:*** Volume de combustível final;
- ***Net fuel:*** Combustível gasto.

Por fim, a última é das partes mais importantes deste documento. Apesar de haver só dois parâmetros a responder, é onde vão ser registados os resultados do teste e as anomalias e falhas encontradas. Assim sendo, os pontos a preencher são os seguintes:

- ***Flight test results*****:** Resultados do teste de voo;
- ***Aicraft anomalies/Faults:*** Anomalias encontradas e falhas.

4.5 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação destas soluções foi simples e bem-sucedida, para isso, foi necessário explicar às equipas de trabalho como se procede ao preenchimento correto dos documentos de suporte.

Esta implementação já foi colocada em prática e tem sido uma mais-valia na documentação do avião, na ajuda à resolução de problemas e no apoio a novos desenvolvimentos na melhoria dos diversos componentes.

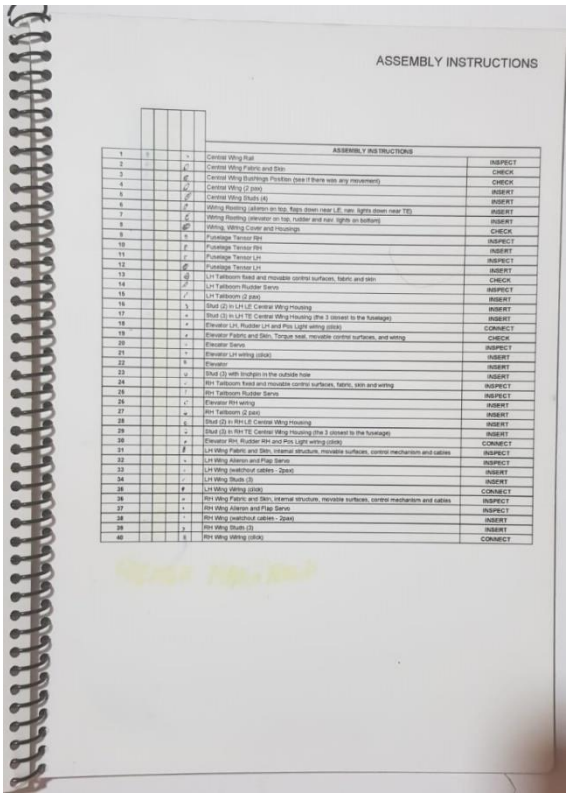
4.5.1 Checklist

Na elaboração da *checklist* foi necessário desenvolver um conhecimento profundo de todo o avião e dos seus componentes. Ao nível do manuseamento, foi criado um livro em tamanho A5 com resistência à humidade e com a possibilidade de escrever notas e posteriormente as poder apagar. Todo o livro foi pensado com base numa lógica temporal ordenada dos acontecimentos.

A capa deste livro (Figura 25), foi criada para ser facilmente identificada, com uma fotografia do avião, com a identificação da *checklist* e com o modelo e o número do avião. Neste caso, o avião é o 00, por ser um protótipo.

Figura 25 - Capa *checklist* do avião SR 300-00

Como referido anteriormente, a *checklist* foi pensada de forma cronológica dos acontecimentos. Por isso, a primeira página (Figura 26) é dedicada à montagem do avião (*assembly intructions*). Para realizar esta *checklist* foi necessário estudar o processo de montagem do avião e quais os passos mais eficazes a realizar para uma montagem eficaz e rápida.



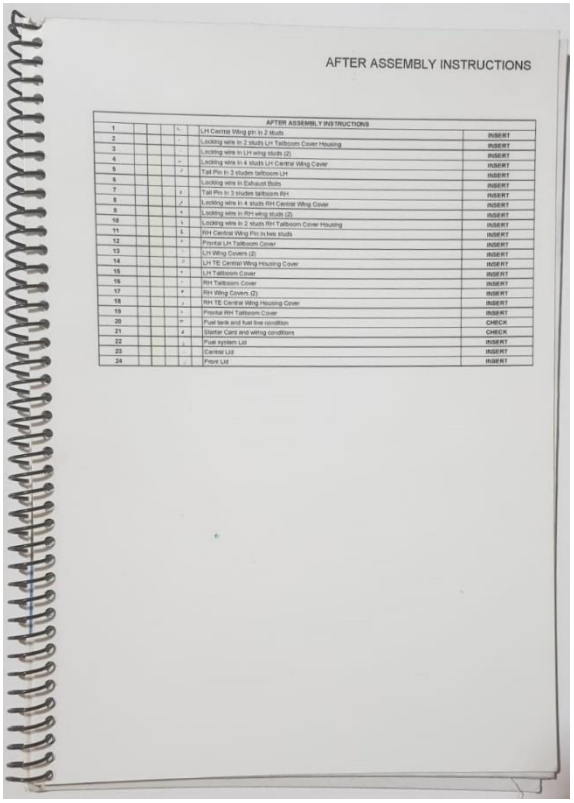
ASSEMBLY INSTRUCTIONS

					ASSEMBLY INSTRUCTIONS	
1					Central Wing Rail	INSPECT
2					Central Wing Fabric and Skin	CHECK
3					Central Wing Bushings Position (see if there was any movement)	CHECK
4					Central Wing (2 pax)	INSERT
5					Central Wing Studs (4)	INSERT
6					Wiring Routing (aileron on top, flaps down near LE, nav. lights down near TE)	INSERT
7					Wiring Routing (elevator on top, rudder and nav. lights on bottom)	INSERT
8					Wiring, Wiring Cover and Housings	CHECK
9					Fuselage Tensor RH	INSPECT
10					Fuselage Tensor RH	INSERT
11					Fuselage Tensor LH	INSPECT
12					Fuselage Tensor LH	INSERT
13					LH Tailboom field and movable control surfaces, fabric and skin	CHECK
14					LH Tailboom Rudder Servo	INSPECT
15					LH Tailboom (2 pax)	INSERT
16					Stud (2) in LH LE Central Wing Housing	INSERT
17					Stud (3) in LH TE Central Wing Housing (the 3 closest to the fuselage)	INSERT
18					Elevator LH, Rudder LH and Pos Light wiring (click)	CONNECT
19					Elevator Fabric and Skin, Torque seal, movable control surfaces, and wiring	CHECK
20					Elevator Servo	INSPECT
21					Elevator LH wiring (click)	INSERT
22					Elevator	INSERT
23					Stud (2) with linchpin in the outside hole	INSERT
24					RH Tailboom field and movable control surfaces, fabric, skin and wiring	INSPECT
25					RH Tailboom Rudder Servo	INSPECT
26					Elevator RH wiring	INSERT
27					RH Tailboom (2 pax)	INSERT
28					Stud (2) in RH LE Central Wing Housing	INSERT
29					Stud (3) in RH TE Central Wing Housing (the 3 closest to the fuselage)	INSERT
30					Elevator RH, Rudder RH and Pos Light wiring (click)	CONNECT
31					LH Wing Fabric and Skin, internal structure, movable surfaces, control mechanism and cables	INSPECT
32					LH Wing Aileron and Flap Servo	INSPECT
33					LH Wing (without cables - 2pax)	INSERT
34					LH Wing Studs (3)	INSERT
35					LH Wing Wiring (click)	CONNECT
36					RH Wing Fabric and Skin, internal structure, movable surfaces, control mechanism and cables	INSPECT
37					RH Wing Aileron and Flap Servo	INSPECT
38					RH Wing (without cables - 2pax)	INSERT
39					RH Wing Studs (3)	INSERT
40					RH Wing Wiring (click)	CONNECT

Figura 26 - *Assembly instructions*

A segunda página (Figura 28) é uma conclusão da montagem do avião (*After assembly instructions)*, ou seja, depois do avião estar completamente montado é necessário:

- Bloquear os pinos de fixação, para que não saiam com as vibrações do funcionamento da aeronave e comprometam a sua segurança e integridade;
- Inspecionar cabos elétricos;
- Inspecionar linha de combustível;
- Fechar todas as tampas e selar para que nada se solte do avião e comprometa a segurança do mesmo e de todo o meio envolvente.

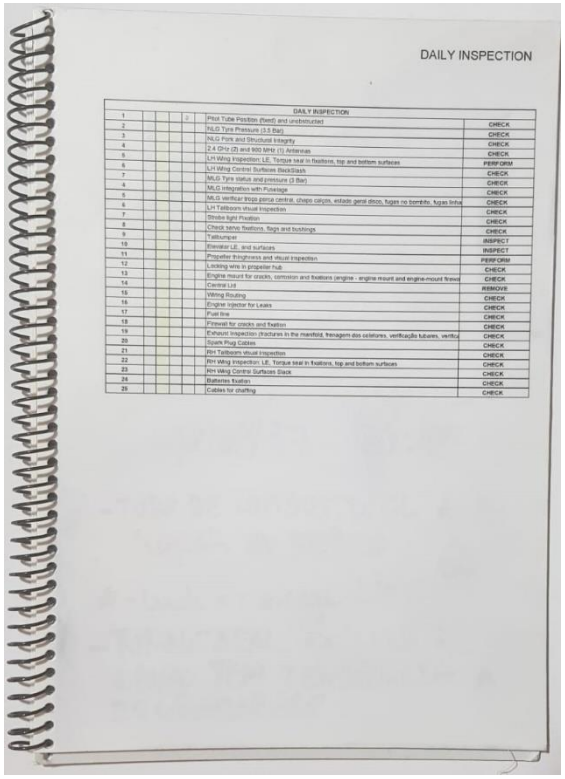


AFTER ASSEMBLY INSTRUCTIONS

AFTER ASSEMBLY INSTRUCTIONS						
1				\	LH Central Wing pin in 2 studs	INSERT
2				-	Locking wire in 2 studs LH Tailboom Cover Housing	INSERT
3					Locking wire in LH wing studs (2)	INSERT
4				-	Locking wire in 4 studs LH Central Wing Cover	INSERT
5				-	Tail Pin in 3 studes tailboom LH	INSERT
6					Locking wire in Exhaust Bolts	INSERT
7				x	Tail Pin in 3 studes tailboom RH	INSERT
8				/	Locking wire in 4 studs RH Central Wing Cover	INSERT
9				x	Locking wire in RH wing studs (2)	INSERT
10				x	Locking wire in 2 studs RH Tailboom Cover Housing	INSERT
11				x	RH Central Wing Pin in two studs	INSERT
12				-	Frontal LH Tailboom Cover	INSERT
13					LH Wing Covers (2)	INSERT
14				-	LH TE Central Wing Housing Cover	INSERT
15				-	LH Tailboom Cover	INSERT
16				-	RH Tailboom Cover	INSERT
17				x	RH Wing Covers (2)	INSERT
18				/	RH TE Central Wing Housing Cover	INSERT
19				-	Frontal RH Tailboom Cover	INSERT
20				-	Fuel tank and fuel line condition	CHECK
21				x	Starter Cord and wiring conditions	CHECK
22				/	Fuel system Lid	INSERT
23					Central Lid	INSERT
24					Front Lid	INSERT

Figura 28 - *After assembly instructions*

A terceira página (Figura 27) diz respeito aos passos a realizar para a inspeção diária ao avião (*Daily inspection*). Esta inspeção é realizada diariamente nos dias de teste e por vezes duas vezes ao dia, uma no início do dia de teste e outra ao meio do dia de testes.



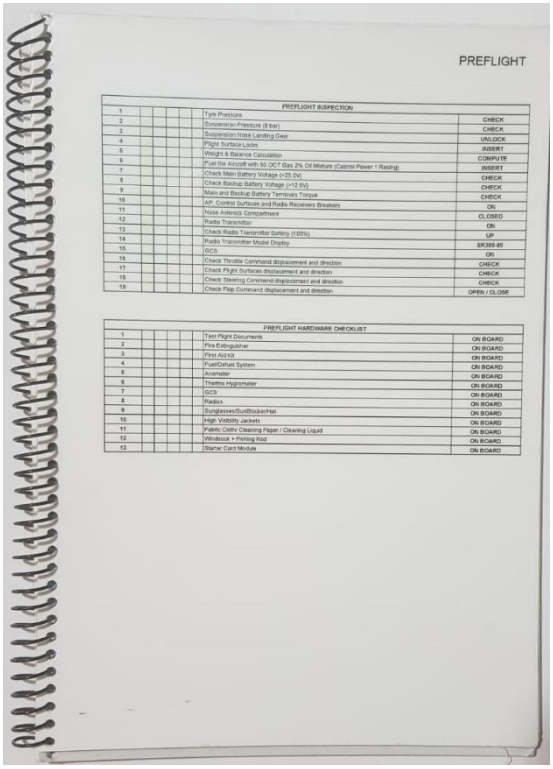
DAILY INSPECTION

DAILY INSPECTION						
1				\	Pitot Tube Position (fixed) and unobstructed	CHECK
2					NLG Tyre Pressure (3.5 Bar)	CHECK
3					NLG Fork and Structural Integrity	CHECK
4					2.4 GHz (2) and 900 MHz (1) Antennas	CHECK
5					LH Wing Inspection LE, Torque seal in fixations, top and bottom surfaces	PERFORM
6					LH Wing Control Surfaces Back/Slack	CHECK
7					MLG Tyre status and pressure (3 Bar)	CHECK
4					MLG Integration with Fuselage	CHECK
5					MLG verificar linga parca central, chapo carcas, estado geral disco, fugas no bombito, fugas linha	CHECK
6					LH Tailboom visual Inspection	CHECK
7					Strobe light Position	CHECK
8					Check servo fixations, flags and bushings	CHECK
9					Tailbumper	INSPECT
10					Elevator LE, and surfaces	INSPECT
11					Propeller thickness and visual inspection	PERFORM
12					Locking wire in propeller hub	CHECK
13					Engine mount for cracks, corrosion and fixations (engine - engine mount and engine-mount firewa	CHECK
14					Central Lid	REMOVE
15					Wiring Routing	CHECK
16					Engine Injector for Leaks	CHECK
17					Fuel line	CHECK
18					Firewall for cracks and fixation	CHECK
19					Exhaust Inspection (fractures in the manifold, fenagem dos colatores, verificação tubares, verifica	CHECK
20					Spark Plug Cables	CHECK
21					RH Tailboom visual Inspection	CHECK
22					RH Wing Inspection LE, Torque seal in fixations, top and bottom surfaces	CHECK
23					RH Wing Control Surfaces Slack	CHECK
24					Batteries fixation	CHECK
25					Cables for chafing	CHECK

Figura 27 - *Daily inspection*

Por uma questão prática, a inspeção é ordenada no sentido anti-horário e com o começo no nariz do avião.

A quarta página (Figura 29) é dedicada às tarefas pré-voos (*preflight*). Esta página, tem por objetivo verificar se está tudo operacional para a fase de voo. As tarefas realizadas foram divididas em duas *checklists*, uma para tudo o que envolve os componentes do avião e sistemas de controlo (*preflight inspection*) e outra para confirmar se todo o material necessário está operacional (*preflight hardware checklist*).



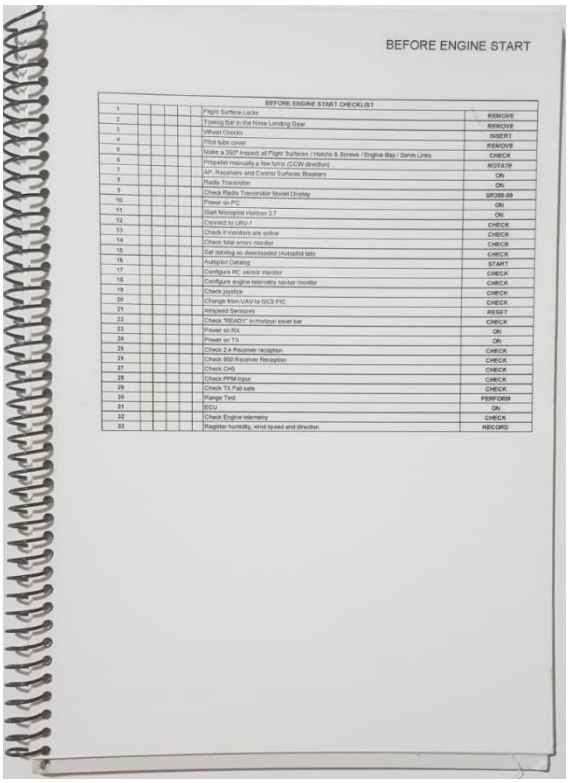
PREFLIGHT

PREFLIGHT INSPECTION						
1					Tyre Pressure	CHECK
2					Suspension Pressure (8 bar)	CHECK
3					Suspension Nose Landing Gear	UNLOCK
4					Flight Surface Locks	INSERT
5					Weight & Balance Calculation	COMPUTE
6					Fuel the Aircraft with 95 OCT Gas 2% Oil Mixture (Castrol Power 1 Racing)	INSERT
7					Crack Main Battery Voltage (>25.0V)	CHECK
8					Check Backup Battery Voltage (>12.5V)	CHECK
9					Main and Backup Battery Terminals Torque	CHECK
10					AP, Control Surfaces and Radio Receivers Breakers	ON
11					Nose Avionics Compartment	CLOSED
12					Radio Transmitter	ON
13					Check Radio Transmitter Battery (100%)	UP
14					Radio Transmitter Model Display	SR389-80
15					GCS	ON
16					Check Throttle Command displacement and direction	CHECK
17					Check Flight Surfaces displacement and direction	CHECK
18					Check Steering Command displacement and direction	CHECK
19					Check Flap Command displacement and direction	OPEN / CLOSE

PREFLIGHT HARDWARE CHECKLIST						
1					Test Flight Documents	ON BOARD
2					Fire Extinguisher	ON BOARD
3					First Aid Kit	ON BOARD
4					Fuel/Defuel System	ON BOARD
5					Anemoter	ON BOARD
6					Thermo Hygrometer	ON BOARD
7					GCS	ON BOARD
8					Radios	ON BOARD
9					Sunglasses/SunBlocker/Hat	ON BOARD
10					High Visibility Jackets	ON BOARD
11					Fabric Cloth/ Cleaning Paper / Cleaning Liquid	ON BOARD
12					Windsock + Fishing Rod	ON BOARD
13					Starter Cart Module	ON BOARD

Figura 29 - *Preflight checklist*

A quinta página (Figura 30) é relativa às verificações e tarefas a realizar no momento antes de ligar o motor (*before engine start*). Nesta fase, fazem-se as últimas verificações das superfícies de controlo, a verificação da hélice e ligam-se os sistemas de avião.

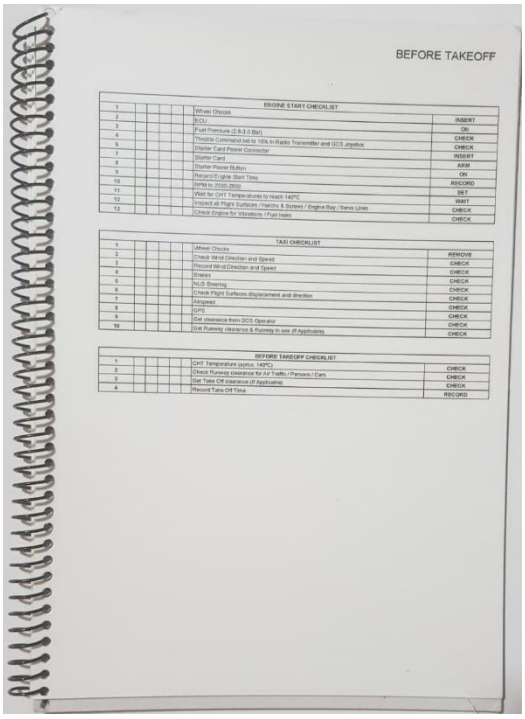


BEFORE ENGINE START

BEFORE ENGINE START CHECKLIST							
1						Flight Surface Locks	REMOVE
2						Towing Bar in the Nose Landing Gear	REMOVE
3						Wheel Chocks	INSERT
4						Pitot tube cover	REMOVE
5						Make a 360º trapezi all Flight Surfaces / Hatchs & Screws / Engine Bay / Servo Links	CHECK
6						Propeller manually a few turns (CCW direction)	ROTATE
7						AP, Receivers and Control Surfaces Breakers	ON
8						Radio Transmitter	ON
9						Check Radio Transmitter Model Display	SR300-00
10						Power on PC	ON
11						Start Mission Horizon 3.7	ON
12						Connect to UAV-1	CHECK
13						Check if monitors are online	CHECK
14						Check fatal errors monitor	CHECK
15						Set datalog as downloaded (Autopilot tab)	CHECK
16						Autopilot Datalog	START
17						Configure RC sensor monitor	CHECK
18						Configure engine telemetry sensor monitor	CHECK
19						Check joystick	CHECK
20						Change from UAV to GCS PIC	CHECK
21						Airspeed Sensores	RESET
22						Check "READY" in Horizon lower bar	CHECK
23						Power on RX	ON
24						Power on TX	ON
25						Check 2.4 Receiver reception	CHECK
26						Check 900 Receiver Reception	CHECK
27						Check CHG	CHECK
28						Check PPM input	CHECK
29						Check TX Fail safe	CHECK
30						Range Test	PERFORM
31						ECU	ON
32						Check Engine telemetry	CHECK
33						Register humidity, wind speed and direction	RECORD

Figura 30 - *Before engine start checklist*

A sexta página (Figura 31) é referente as tarefas realizadas antes de o avião efetuar a descolagem (*before takeoff*). Esta página contém três *checklists:* a primeira é realizada no momento em que se liga o motor e indica-nos os procedimentos relativos ao arranque do motor (*engine start checklist*); a segunda é realizada no momento em que o avião realiza o *taxi*, ou seja, o caminho até à pista de descolagem, confirmando-se a pista está livre para descolagem, bem como a velocidade e direção do vento; por fim, a última *checklist* deste ponto refere-se ao momento de descolagem, sendo verificado se os parâmetros estão conforme o pré-estabelecido.



BEFORE TAKEOFF

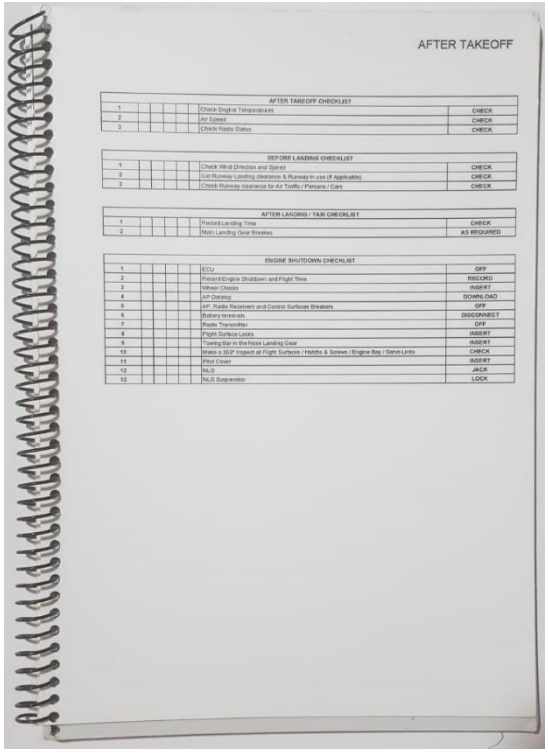
ENGINE START CHECKLIST						
1					Wheel Chocks	INSERT
2					ECU	ON
3					Fuel Pressure (2.8-3.0 Bar)	CHECK
4					Throttle Command set to 10% in Radio Transmitter and GCS Joystick	CHECK
5					Starter Card Power Connector	INSERT
6					Starter Card	ARM
7					Starter Power Button	ON
8					Record Engine Start Time	RECORD
9					RPM to 2500-2600	SET
10					Wait for CHT Temperatures to reach 140ºC	WAIT
11					Inspect all Flight Surfaces / Hatchs & Screws / Engine Bay / Servo Links	CHECK
12					Check Engine for Vibrations / Fuel Halts	CHECK
13						

TAXI CHECKLIST						
1					Wheel Chocks	REMOVE
2					Check Wind Direction and Speed	CHECK
3					Record Wind Direction and Speed	CHECK
4					Brakes	CHECK
5					NLG Steering	CHECK
6					Check Flight Surfaces displacement and direction	CHECK
7					Airspeed	CHECK
8					GPS	CHECK
9					Get clearance from GCS Operator	CHECK
10					Get Runway clearance & Runway in use (if Applicable)	CHECK

BEFORE TAKEOFF CHECKLIST						
1					CHT Temperature (aprox. 140ºC)	CHECK
2					Check Runway clearance for Air Traffic / Persons / Cars	CHECK
3					Get Take Off clearance (if Applicable)	CHECK
4					Record Take Off Time	RECORD

Figura 31 - *Before take off checklist*

Por fim, a última página (Figura 32) é relativa às tarefas e verificações a realizar depois da descolagem (*after take off*). As tarefas foram dividias em quatro *checklists*: a primeira a realizar é a do momento após a descolagem (*after take off checklist*), em que são verificados os dados do avião, como por exemplo a telemetria e a velocidade; de seguida, realizam-se as verificações necessárias para a preparação da aterragem (*before landing checklist*), sendo verificados todos os aspetos que influenciam o processo de aterragem, como por exemplo a velocidade e a direção do vento; logo após a aterragem realiza-se a terceira *checklist* (*after landing/taxi checklist*), que consiste em registar a hora de aterragem e em imobilizar o avião; por fim, realiza-se a última *checklist* (*engine shutdown checklist*) que nos fornece os procedimentos para desligar o motor e as tarefas finais a realizar para recolher o avião para o hangar.



AFTER TAKEOFF

AFTER TAKEOFF CHECKLIST							
1						Check Engine Temperatures	CHECK
2						Air Speed	CHECK
3						Check Radio Status	CHECK

BEFORE LANDING CHECKLIST							
1						Check Wind Direction and Speed	CHECK
2						Get Runway Landing clearance & Runway in use (If Applicable)	CHECK
3						Check Runway clearance for Air Traffic / Persons / Cars	CHECK

AFTER LANDING / TAXI CHECKLIST							
1						Record Landing Time	CHECK
2						Main Landing Gear Breakes	AS REQUIRED

ENGINE SHUTDOWN CHECKLIST							
1						ECU	OFF
2						Record Engine Shutdown and Flight Time	RECORD
3						Wheel Chocks	INSERT
4						AP Datalog	DOWNLOAD
5						AP, Radio Receivers and Control Surfaces Breakers	OFF
6						Battery terminals	DISCONNECT
7						Radio Transmitter	OFF
8						Flight Surface Locks	INSERT
9						Towing Bar in the Nose Landing Gear	INSERT
10						Make a 360º Inspect of Flight Surfaces / Hatchs & Screws / Engine Bay / Servo Links	CHECK
11						Pitot Cover	INSERT
12						NLG	JACK
13						NLG Suspension	LOCK

Figura 32 - *After take off checklist*

4.5.2 Programa de voos de teste

O programa de voos de teste foi desenhado de forma a que os testes fossem progredindo do mais básico ao mais complexo, com o objetivo de ir testando primeiro o mais geral e de prosseguir até ao mais pequeno pormenor.

Com o evoluir dos testes e do avião, o programa de voos vai-se alterando e adaptando ao que é necessário testar. Para uma fácil compreensão de todos os programas de voo foi desenvolvido um *template* base para todos os testes.

O *template* está desenhado em forma de tabela, com os campos necessários a ter de ser preenchidos, para que os testes ocorram ponto por ponto, sem nenhuma duvida ou omissão.

Na Figura 33, podemos ver um exemplo de um programa de testes do avião no solo.

No programa de testes representado na Figura 33 podemos ver quatro testes definidos para serem realizados no solo. Todos os testes estão numerados e identificados, como podemos ver na primeira coluna (ET-1, ET-2, Et-3 e GT-1), que tem as inicias do teste a realizar e o número de teste. Na coluna seguinte vem descrito o teste a realizar (*Engine Test – Run up* e *Ground test*) e, como estamos a falar de um teste de solo, não são aplicadas as duas colunas seguintes que respeitam a velocidade e a altitude. A quinta coluna indica-nos se o motor é para estar ligado ou desligado. A coluna seguinte é a mais importante de todas, pois é onde estão referidos os procedimentos para realizar o teste. A sétima e oitava colunas, nos testes de solo, não são de grande importância, porque se referem à fase de voo em que se realiza o teste e os sistemas usados. Nas últimas duas colunas, é indicado em que dia do programa de testes é realizado esse teste e em que fase do dia. Neste exemplo, os testes a realizar são no primeiro dia de testes e durante a manhã.

SR300-01 Flight Test Program

TO	Take Off	AFCS	Automatic Flight Control System
CLB	Climb	GS	Ground Station
CF	Cruise Flight	GC	Ground Crew
APR	Approach	TT	Taxi Test
L	Full Stop Landing	GT	Ground Test
TaG	Touch & Go	FT	Flight Test
FDAS	Flight Data Acquisition System	EFP	Engine Failure Procedure

Ground Tests

# Ground Test	Event	V (airspeed)	h (alt)	Configuration	Procedure	Flight Phase	Systems	Day	Time
ET - 1	Engine Test - Run Up								
		N/A	0 m	Engine ON	a. Run the engine for 3-5 minutes at the 2400 - 2800 rpm or wait for the CHT temprature to reach at lest 140ºC or more.	GT	N/A	1	Morning
		N/A	0 m	Engine ON	b. Run the engine for 5 minutes @ Idle	GT	N/A	1	Morning
ET - 2	Engine Test - Run Up								
		N/A	0 m	Engine ON	a. Run the engine for 5 minutes between 0% to 50 %	GT	N/A	1	Morning
		N/A	0 m	Engine ON	b. Run the engine for 5 minutes between 0% to 50 %	GT	N/A	1	Morning
ET - 3	Engine Test - Run Up								
		N/A	0 m	Engine ON	b. Run the engine for 5 minutes between 0% to 100 % (check for optimal engine tuning)	GT	N/A	1	Morning
		N/A	0 m	Engine ON	b. Run the engine for 5 minutes between 0% to 100 % (check for optimal engine tuning)	GT	N/A	1	Morning
GT-1	Ground Test								
		N/A	0 m	Engine OFF	Aircraft (RX) & Pilot (TX) 750 meters apart. (0º Degrees)	GT	N/A	1	Morning
		N/A	0 m	Engine OFF	Aircraft (RX) & Pilot (TX) 750 meters apart. (45º Degrees)	GT	N/A	1	Morning
		N/A	0 m	Engine OFF	Aircraft (RX) & Pilot (TX) 750 meters apart. (90º Degrees)	GT	N/A	1	Morning
		N/A	0 m	Engine OFF	Aircraft (RX) & Pilot (TX) 750 meters apart. (135º Degrees)	GT	N/A	1	Morning

Figura 33 - Programa de voos de teste no solo

Na continuação do programa de testes de voo, na Figura 34, é apresentado um exemplo do programa de testes de voos, que tem o mesmo formato da figura anterior, devido ao facto do documento ser o mesmo e dos testes em causa fazerem parte da sequência de testes.

Flight Tests									
Flight Test #	Objectives	V (airspeed)	h (alt)	Configuration	Procedure	Flight Phase	Systems	Day	Time
FT-1	Test Flight/ First Pilot Training.								
		N/A	> 100 m	Engine ON	a. Takeoff & Climb to cruise flight.	TO & CLB	N/A	2	Morning
		N/A	>300 m	Engine ON	b. Make first runway circuit at safe altitude.	CF	N/A	2	Morning
		N/A	>300 m	Engine ON	c. In the second runway circuit, align the aircraft with the center of the runway.	CF	N/A	2	Morning
		N/A	>50 m	Engine ON	d. In the third runway circuit, align the aircraft with the center of the runway and make a descent to decision altitude, full power and go around.	APR	N/A	2	Morning
		N/A	0 m	Engine ON	e. In the fourth runway circuit, align the aircraft with the center of the runway and make a descent to decision altitude, proceed with full stop landing.	APR & L	N/A	2	Morning
FT-2	Test Flight/ First Pilot Training.								
		N/A	> 100 m	Engine ON	a. Takeoff & Climb to cruise flight.	TO & CLB	N/A	2	Morning
		N/A	>300 m	Engine ON	b. Make first runway circuit at safe altitude.	CF	N/A	2	Morning
		N/A	>300 m	Engine ON	c. In the second runway circuit, align the aircraft with the center of the runway.	CF	N/A	2	Morning
		N/A	>50 m	Engine ON	d. In the third runway circuit, align the aircraft with the center of the runway and make a descent to decision altitude, full power and go around.	APR	N/A	2	Morning
		N/A	0 m	Engine ON	e. In the fourth runway circuit, align the aircraft with the center of the runway and make a descent to decision altitude, proceed with full stop landing.	APR & L	N/A	2	Morning
FT-3	Test Flight/ Pilot Training.								
		N/A	> 100 m	Engine ON	a. Takeoff & Climb to cruise flight.	TO & CLB	N/A	2	Afternoon
		N/A	>300 m	Engine ON	b. Make first runway circuit at safe altitude.	CF	N/A	2	Afternoon
		N/A	>300 m	Engine ON	c. Make little ascents and descents.	CF	N/A	2	Afternoon
		N/A	>300 m	Engine ON	d. Make two "8 figures" around the runway circuit.	CF	N/A	2	Afternoon
		N/A	>50 m	Engine ON	e. Make three Touch&Go's.	TaG	N/A	2	Afternoon

Figura 34 - Programa de testes de voo

No programa de testes em que se realizam voos, como na Figura 33, podemos verificar que começam a ser exigidos testes com altitudes pré-estabelecidas, para garantir a segurança. A nível de velocidades, não são ainda especificadas, uma vez que este programa se refere apenas aos primeiros testes e ainda estão a ser estudadas as velocidades que o avião tem que praticar nas diferentes fases de voo.

Em comparação com os testes no solo, podemos verificar que este programa de testes já apresenta várias fases de voo que especificam o momento em que se realizam os procedimentos de teste. No primeiro teste de voo, por exemplo, temos as quatro fases básicas de voo: descolagem (TO), voo a velocidade cruzeiro (CF), aproximação à pista (APR) e aproximação e aterragem (APR & L). Pelo mesmo motivo de não estarem especificadas as velocidades, os sistemas também não estão, devido ao facto de a equipa estar a recolher dados para decidir que sistemas utilizar.

Outra diferença, relativamente ao exemplo da Figura 33, é que estes testes já ocorrem no segundo dia de testes: os dois primeiros testes deste dia são realizados na parte da manhã e o terceiro teste é realizado da parte da tarde.

Este programa de testes tem obrigatoriamente de ser estudado e compreendido por todos os intervenientes antes de se começarem os testes e cada um tem de estar completamente focado em cumprir a sua tarefa, sem nenhuma falha.

4.5.3 Cartão de voos de teste

O cartão de voos de teste foi implementado num formato simples de uma folha A4 na horizontal, com todos os parametros necessários a registar para que posteriormente seja possivél fazer uma análise de testes e criar um registo dos voos do avião. Na Figura 35 podemos ver um cartão de teste de voo.

FLIGHT TEST CARD

Flight Test # :		Pilot in Command:		Wind [m/s]		DOW [kg]	
Date:		GCS Operator:		Wind Bearing [Degrees]		Payload Weight [kg]	
Time:		Flight Director:		Temperature [°C]		Fuel Weight [kg]	
Airfield:		G.Crew:		Humidity [%]		Total Weight [kg]	
Airframe Checklist Complete		GS Checklist Complete		Aircraft Flightworthy		Note: pgas=0,72 kg/l	

Flight Test Objectives:

Engine Start Time	TAKE OFF Time	TAKE OFF Distance	V2	LANDING Time	LANDING Distance	VTD	Total Flight Time	Engine Stop Time	Total Time

Temperature Range	Velocity Range	Altitude Range	Propeller	Initial Fuel Volume	Final Fuel Volume	Net Fuel

Flight Test Results:

Aircraft Anomalies/Faults

Figura 35 - *Flight test card*

Como referenciado no capítulo de projeto, o cartão foi dividido em três níveis de preenchimento:

- O primeiro nível a preencher no início de teste (assinalado a vermelho na Figura 36).

FLIGHT TEST CARD

Flight Test # :		Pilot in Command:		Wind [m/s]		DOW [kg]	
Date:		GCS Operator:		Wind Bearing [Degrees]		Payload Weight [kg]	
Time:		Flight Director:		Temperature [°C]		Fuel Weight [kg]	
Airfield:		G.Crew:		Humidity [%]		Total Weight [kg]	
Airframe Checklist Complete		GS Checklist Complete		Aircraft Flightworthy		Note: pgas=0,72 kg/l	

Flight Test Objectives:

Engine Start Time	TAKE OFF Time	TAKE OFF Distance	V2	LANDING Time	LANDING Distance	VTD	Total Flight Time	Engine Stop Time	Total Time

Temperature Range	Velocity Range	Altitude Range	Propeller	Initial Fuel Volume	Final Fuel Volume	Net Fuel

Flight Test Results:

Aircraft Anomalies/Faults

Figura 36 - *Fligt test card* primeiro nível

Na primeira parte são preenchidos todos os parâmetros de identificação de teste, onde se identifica o número de teste, data do teste, local de testes e equipa de trabalho. Também são anotados todos os fatores que influenciam os

testes, como as condições climatéricas (velocidade e direção do vento, temperatura e humidade) e pesos associados ao avião (peso em vazio, peso de carga e peso de combustível). Nesta primeira fase, também são recordados e anotados os objetivos do teste a realizar.

- O segundo nível (assinalado a vermelho na Figura 37) é preenchido no decorrer do teste, onde são registadas as horas de início do teste, início de voo, fim de voo e fim de teste. Relativamente ao motor, é registado o tamanho da hélice usada no voo, a variação de temperaturas do motor ao longo do teste e consumos do mesmo. Por fim, são registadas as altitudes de voo e as velocidades que estão diretamente relacionadas com a *performance*.

FLIGHT TEST CARD

Flight Test # :		Pilot in Command:		Wind [m/s]		DOW [kg]	
Date:		GCS Operator:		Wind Bearing [Degrees]		Payload Weight [kg]	
Time:		Flight Director:		Temperature [°C]		Fuel Weight [kg]	
Airfield:		G.Crew:		Humidity [%]		Total Weight [kg]	
Airframe Checklist Complete		GS Checklist Complete		Aircraft Flightworthy		Note: ρgas=0,72 kg/l	

Flight Test Objectives:

Engine Start Time	TAKE OFF Time	TAKE OFF Distance	V2	LANDING Time	LANDING Distance	VTD	Total Flight Time	Engine Stop Time	Total Time

Temperature Range	Velocity Range	Altitude Range	Propeller	Initial Fuel Volume	Final Fuel Volume	Net Fuel

Flight Test Results:

Aircraft Anomalies/Faults

Figura 37 - *Flight test card* segundo nível

- Por último, o terceiro nível (assinalado a vermelho na Figura 38) é onde se registam os resultados de teste e as anomalias ou falhas encontradas durante os testes. Com base nestes registos, são definidas as alterações e melhoramentos necessários a fazer no avião e os procedimentos de voo.

FLIGHT TEST CARD

Flight Test # :		Pilot in Command:		Wind [m/s]		DOW [kg]	
Date:		GCS Operator:		Wind Bearing [Degrees]		Payload Weight [kg]	
Time:		Flight Director:		Temperature [°C]		Fuel Weight [kg]	
Airfield:		G.Crew:		Humidity [%]		Total Weight [kg]	
Airframe Checklist Complete		GS Checklist Complete		Aircraft Flightworthy		Note: ρgas=0,72 kg/l	

Flight Test Objectives:

Engine Start Time	TAKE OFF Time	TAKE OFF Distance	V2	LANDING Time	LANDING Distance	VTD	Total Flight Time	Engine Stop Time	Total Time

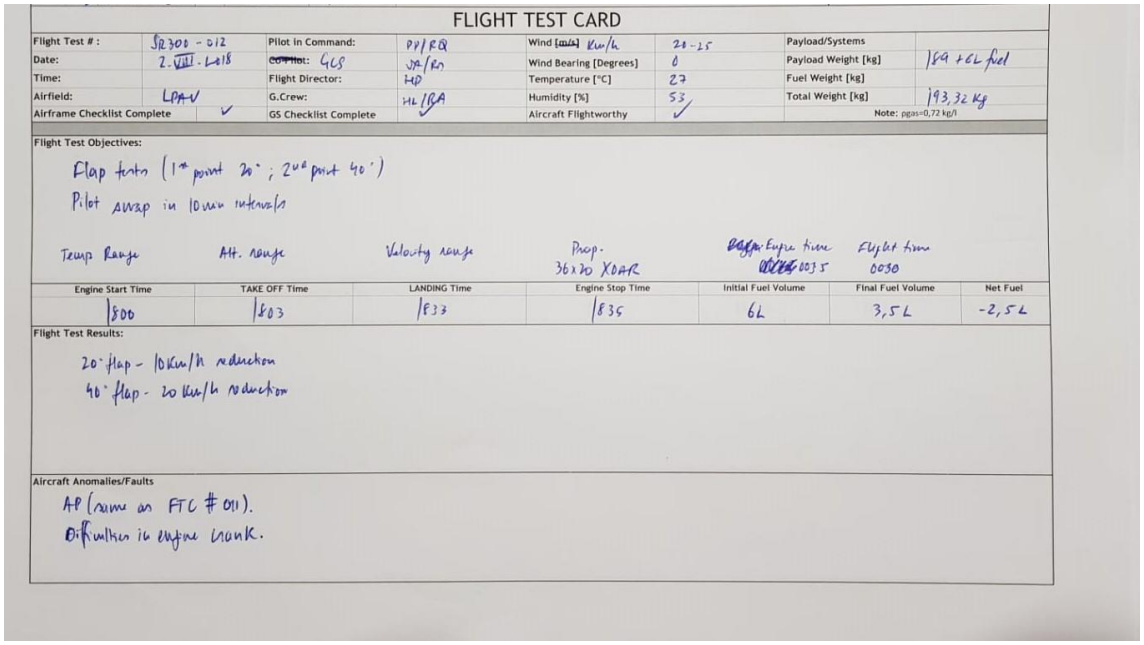
Temperature Range	Velocity Range	Altitude Range	Propeller	Initial Fuel Volume	Final Fuel Volume	Net Fuel

Flight Test Results:

Aircraft Anomalies/Faults

Figura 38 - *Flight test card* terceiro nível

Na Figura 39 é apresentado um exemplo de um cartão preenchido num dos voos de teste realizados.



FLIGHT TEST CARD

Flight Test # :	SR300 - 012	Pilot in Command:	PP/RQ	Wind [km/h]	20-25	Payload/Systems	
Date:	2.VIII.2018	Co-Pilot:	GCS	Wind Bearing [Degrees]	0	Payload Weight [kg]	189 + 6L fuel
Time:		Flight Director:	HP	Temperature [°C]	27	Fuel Weight [kg]	
Airfield:	LPAV	G.Crew:	HL/RA	Humidity [%]	53	Total Weight [kg]	193,32 Kg
Airframe Checklist Complete	✓	GS Checklist Complete	✓	Aircraft Flightworthy	✓	Note: ρgas=0,72 kg/l	

Flight Test Objectives:

Flap tests (1st point 20°; 2nd point 40°)
Pilot swap in 10min intervals

Temp Range | Alt. range | Velocity range | Prop. 36x20 XOAR | Engine time 0035 | Flight time 0030

Engine Start Time	TAKE OFF Time	LANDING Time	Engine Stop Time	Initial Fuel Volume	Final Fuel Volume	Net Fuel
1800	1803	1833	1835	6L	3,5L	-2,5L

Flight Test Results:

20° flap - 10km/h reduction
40° flap - 20 km/h reduction

Aircraft Anomalies/Faults

AP (same as FTC # 011).
Difficulties in engine crank.

DESENVOLVIMENTO – MANUTENÇÃO

5.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS
5.2 TEMPESTADE DE IDEIAS
5.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO
5.4 PROJETO DE SOLUÇÕES
5.5 IMPLEMENTAÇÃO

5 MANUTENÇÃO

5.1 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

A finalização do protótipo e o começo dos testes, do mesmo obriga a que exista um programa de manutenção para salvaguardar que todas as manutenções recomendadas sejam feitas de forma correta no período correto.

Devido ao projeto ter começado do zero, não havia nenhum programa de manutenção definido pelo que para o avanço dos testes é necessário criar um programa de manutenção.

Para que seja cumprido o programa de manutenção é necessário criar um documento de registo de atividade do avião, para que seja possível saber o momento exato a realizar a manutenção descrita no plano de manutenção.

Associado ao programa de manutenção, é também necessário criar também um documento onde seja possível registar todas as manutenções efetuadas no avião.

5.2 TEMPESTADE DE IDEIAS

É importante que o programa de manutenção ser o mais detalhado possível, para que não surjam dúvidas do que é necessário rever no avião.

Como tal, em conjunto com a equipa de engenharia, foram discutidos os pontos que o programa de manutenção necessita ter. Perante esta análise, definiu-se que é necessário: descrever a manutenção que é necessário realizar, período ou data em que a mesma se terá de realizar, identificar a qual das partes do avião vai ser feita a manutenção, bem como assegurar um lembrete de manutenção e contagem decrescente de tempo que falta para realizar a manutenção, e a data em que foi realizada a manutenção.

No programa de manutenção é necessário que sejam descritas as partes mais importantes, como por exemplo a fuselagem, o motor, o trem de aterragem e a hélice.

Para a descrição destas partes é importante que seja identificado o fabricante, o modelo, o número de série, a data de fabrico/produção, o tempo de utilização do componente, os ciclos e a data de instalação.

É necessário que no programa esteja identificada a validade dos seguros, uma vez que é necessário ter o seguro em dia para se proceder aos voos. É também importante que o programa de manutenção esteja em concordância com a documentação de registo de atividade do avião, mais precisamente o TLB (*Technical Log Book*).

Perante a necessidade da criação do TLB, para registo de toda atividade que o avião realiza, foram estudados os parâmetros que são necessários registar em todos os testes efetuados ao motor e a todos os componentes mecânicos. Os parâmetros a registar, neste caso, serão:

- Horas de início e fim de testes;
- Duração de teste;
- Quantidade de combustível inicial e final;
- Quantidade de óleo;
- Local de testes;
- Responsáveis e intervenientes nos testes;
- Necessidade de intervenção imediata, qual a intervenção;
- Necessidade de substituição de peças, qual a peça removida, qual a peça colocada e quem fez a substituição;
- relato de anomalias que aconteçam para, no final dos testes, se proceder à análise respetiva, bem como arranjar soluções e resolver os problemas existentes.

Relativamente à realização da manutenção, é necessária documentação que reporte todas as manutenções realizadas nos diversos componentes. Perante esta necessidade, decidiu-se que os parâmetros a registar seriam:

- Número de série do avião onde se vai realizar a manutenção;
- Data de início de realização da manutenção;
- Descrição do trabalho realizado;
- Partes novas instaladas;
- Identificação de documentos de referência que auxiliam a manutenção;
- Identificação de mecânico;
- Identificação de inspetor;
- Data de conclusão de trabalhos;
- Componente está pronto ou não para serviço.

5.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

As implementações do programa de manutenção, do documento de registo de atividade do avião e da documentação de registo dos trabalhos realizados durante a manutenção, são necessárias e de extrema importância.

5.4 PROJETO DE SOLUÇÕES

5.4.1 Programa de manutenção

Para elaborar a documentação de manutenção, foi necessário começar por realizar, em primeiro lugar, o programa de manutenção.

Com os requisitos definidos em conjunto com a equipa de engenharia, começou-se por definir a organização (Figura 40) e *template* do programa de manutenção, que será realizado no Excel do *Googledrive,* para que o acesso esteja disponível em tempo real para todos os elementos da equipa de manutenção, mesmo remotamente.

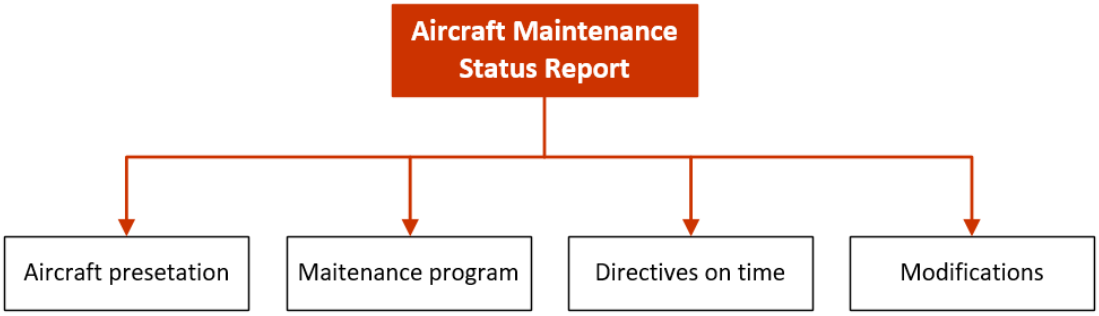


Figura 40 - *Aircraft maintenance status report*

O programa de manutenção foi dividido em quatro pontos, como se pode verificar na Figura 40, e são os seguintes:

- ***Aircraft presentation*** (Apresentação do avião): Neste ponto identifica-se o avião em manutenção com o modelo, número de série e uma fotografia. Também serão apresentados alguns dados básicos do avião, como por exemplo horas totais do avião e validade do seu seguro;
- ***Maitenance program*** (Programa de manutenção): Descrição detalhada da manutenção de cada componente, com identificação dos intervalos de tempo para a realização da manutenção;
- ***Directives on time*** (Evoluções aplicadas): Os fabricantes do avião à semelhança dos fabricantes de componentes, têm necessidade de criar registos sobre as alterações efetuados para analisar as evoluções implementadas;
- ***Modifications*** (Evoluções não aplicadas): Registo de modificações efetuadas no avião.

5.4.2 *Technical Log Book* (TLB)

O TLB (diário técnico), será usado no formato A4 e numa página apenas. Para facilitar o manuseamento durante os testes, será usada uma tabela dividida em quatro partes, com os espaços devidamente identificados.

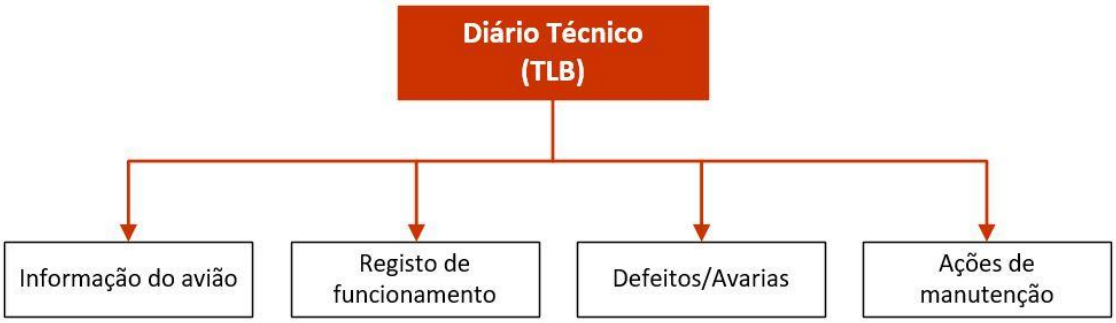


Figura 41 - Diagrama *Technical Log Book* (TLB)

Cada divisão do TL, apresentado na Figura 41, contém a seguinte informação:

- **Informação do avião:** Esta parte tem de conter o modelo de avião, o número de série, informação da manutenção realizada anterior, informação do momento da próxima manutenção, horas totais de funcionamento do avião, número total de aterragens, número do TLB e data de preenchimento do TLB. Esta informação dá-nos indicações do historial do avião;

- **Registo de funcionamento:** Registo de informação de operação do avião, isto é, identificação de toda a equipa envolvida na operação, quantidade de combustível no início e fim de voo, percentagem de óleo no combustível, horas de início e de fim de operação, quantidade de aterragens e soma total de tempos de operação e aterragem.

  Este registo permite controlar as horas de funcionamento e os ciclos de funcionamento do avião, o que é importante para controlar os componentes a nível de manutenção;

- **Defeitos/Avarias:** Registo de falhas que possam ocorrer ou defeitos que possam ser encontrados. Tudo o que for registado é necessário ser resolvido e, para isso, é aberto um cartão de trabalhos no avião, para garantir que é feita a correção ou substituição dos componentes;

- **Ações de manutenção:** Secção a preencher no decorrer da operação, caso seja necessário algum tipo de manutenção. É necessário também, neste caso, a identificação de quem realiza a manutenção e de quem inspeciona, para dar a tarefa como concluída;

5.4.3 Cartão de trabalho do avião (*Aircraft Work Card*)

O cartão de trabalhos do avião foi criado com base nos parâmetros importantes definidos pela equipa, a reter; foi organizado de forma a ter um preenchimento gradual que siga a linha de trabalho que se vai realizar.

Perante os parâmetros definidos, vai-se dividir o cartão de trabalhos em sete partes, como apresentado no diagrama da Figura 42.

Figura 42 - Diagrama *Aircraft Work Card*

Perante o diagrama apresentado, com a identificação de cada parte do cartão de trabalho, segue a explicação (função) de cada parâmetro:

- **Identificação da tarefa:** Identificar o número de cartão de trabalho, qual o avião a realizar a tarefa, tempo total de funcionamento do avião e registo do início de trabalhos;
- **Tarefa a realizar:** Nome da tarefa a realizar e do código da parte a realizar os trabalhos;
- **Descrição de trabalho:** Descrição de todas os procedimentos de reparação ou substituição de componentes realizados;
- **Partes instaladas:** Identificar as partes instaladas com o número da peça, descrição, quantidade, número de série e, se necessário, anotar observações sobre as peças;
- **Documentos de referência:** Registar documentos que auxiliaram nos trabalhos, como por exemplo manuais de instalação, manutenção e fichas técnicas das peças;
- **Equipa de trabalho:** Destina-se a identificar, através de assinatura, quem realiza os trabalhos de manutenção e de inspeção, a registar a data de conclusão de trabalhos e, por fim, muito importante assinalar se o avião está pronto para serviço ou não;

Este documento tem de ser claro e de fácil preenchimento, para que não ocorra nenhum erro de documentação e seja assegurado o histórico completo do avião de forma correta e organizada.

5.5 IMPLEMENTAÇÃO

A manutenção e os respetivos trabalhos são obrigatórios para prevenir problemas, isto é, garantem o bom funcionamento dos componentes. A implementação do programa de manutenção, do TLB e da documentação de registo dos trabalhos realizados foi entendida perfeitamente pela equipa de manutenção, uma vez que foi um trabalho realizado com consulta da mesma.

5.5.1 Programa de manutenção

O programa de manutenção, como projetado, foi dividido em quatro partes.

A primeira parte corresponde a apresentação do avião, sendo essa primeira parte apresentada na Figura 43.

Aircraft Maintenance Status Report

SR-300

	Manufacturer	Model	Serial Number	DOM/DOH	TSN/TSO	Cycles	Date
Aircraft (A)	XAS	SR300	00	Jan 2017	34:45:00	31	2018/05/16
Engine (E)	Zanzottera	498HS	8801093	2017/03/20	34:45:00	31	2018/05/16
Propeller (P)	XOAR	36x20 PW	XAS001				
MLG Breaks (B)	Beringer			2017/01/06	34:45:00	31	2017/12/28

Last Flight	TLB 043	ARC Cert.	NA
Date	2019/02/11	ARC Val.	NA
AMP	NA	AMM Rev.	NA
Date Rev.	NA	Date	NA
Last CRS		Insurance	
Date		Date	2019/06/30
MEL Rev.	ORIGINAL	Lic. Estação	NA
Date	NA	Val.	
Registration Certificate	NA	Weight & Balance	
Date	NA	Val.	NA
Technical Publications	NA		
Date	NA		

Operator	
Date	

Figura 43 - Programa de manutenção - Página 1

Nesta primeira página, como podemos ver na Figura 43, são identificados o avião, o motor, a hélice e o sistema de travagem, o modelo, o número de série e a data de fabrico. Cada item tem associado o número total de horas e ciclos realizados e a data da última manutenção.

De seguida, é identificado o TLB associado ao último voo e a respetiva data. Com os dados do último TLB realizado é que se vai atualizando o programa de manutenção no que refere ao nível de hora e ciclos de voo.

Muitos parâmetros na Figura 43 têm NA (não aplicável), porque se trata de um protótipo e a documentação pedida para se realizar ainda não existe, como por exemplo o número de registo da certificação do avião.

Pode-se ver também na mesma figura duas células a verde. Estas foram programadas com um sistema de três cores: verde, amarelo e vermelho, isto é, quando a célula aparece a verde indica que está pronto para serviço; amarelo indica que falta um mês ou menos para acabar a validade do seguro e licença do operador; a vermelho indica que o avião não pode operar porque alguma da validade já expirou.

Na segunda página (Figura 44) é onde se encontra a parte mais importante do programa de manutenção, que nos indica as manutenções a efetuar e efetuadas.

Aircraft Maintenance Status R												2018/05/16	SR-300	
MAINTENANCE PROGRAM			Compiled at			Interval			Next Due			Remaining		
Item	From	Description	Date	Hours	Cycles	Days	Hours	Cycles	Date	Hours	Cycles	Days	Hours	Cycles
PERIODICAL INSPECTIONS														
10 Hour (temporary Inspection)	E	Backlash of exhaust systems	2018/11/12	27:10:00	NA	NA	10:00	NA	NA	37:10:00	NA	NA	2:25:00	NA
10Hour (Temporary Inspection)	E	Rubber mounts condition	2018/11/12	27:10:00	NA	NA	10:00	NA	NA	37:10:00	NA	NA	2:25:00	NA
25 hour (Temporary Inspection)	A	Fissure fuselage tube pitot (https://photos.app.goo.g	2018/08/13	18:35:00	NA	NA	25:00:00	NA	NA	43:35:00	NA	NA	8:50:00	NA
5 hour (Temporary Inspection)	A	Backlash Rudder LH (workcard nº12)	2018/07/12	33:30:00	NA	NA	5:00:00	NA	NA	38:30:00	NA	NA	3:45:00	NA
10 hour	E	Piston and cylinder check	2018/03/08	10:45:00	NA	NA	10:00:00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
25 hour	E	Piston and cylinder check	2018/10/22	27:10:00	NA	NA	25:00:00	NA	NA	25:00:00	NA	NA	NA	NA
50 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	50:00:00	NA	NA	50:00:00	NA	NA	15:15:00	NA
75 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	75:00:00	NA	NA	75:00:00	NA	NA	40:15:00	NA
100 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	100:00:00	NA	NA	100:00:00	NA	NA	65:15:00	NA
125 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	125:00:00	NA	NA	125:00:00	NA	NA	90:15:00	NA
150 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	150:00:00	NA	NA	150:00:00	NA	NA	115:15:00	NA
175 hour	E	Remove piston, cylinder and spark plugs	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
175 hour	E	Inspect oil seal	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
175 hour	E	Inspect cylinder	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
175 hour	E	Inspect CHT sensor	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
175 hour	E	Inspect EGT sensor	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
175 hour	E	Inspect spark plug connector	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
175 hour	E	Inspect spark plug thread	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
175 hour	E	Inspect fuel injector	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
175 hour	E	Clean fuel regulator filter	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
1 year	B	Thickness of brake pad compound	2018/02/21	NA	NA	365	NA	NA	2019/02/21	NA	NA	-96	NA	NA
1 year	B	Thickness of the brake disc	2018/02/21	NA	NA	365	NA	NA	2019/02/21	NA	NA	-96	NA	NA
1 year	B	Radial play between disc and internal rim	2018/02/21	NA	NA	365	NA	NA	2019/02/21	NA	NA	-96	NA	NA
1 year	B	Brake fluid level	2018/02/21	NA	NA	365	NA	NA	2019/02/21	NA	NA	-96	NA	NA
5 years	B	Replacement of the brake disc	2018/02/21	NA	NA	1825	NA	NA	2023/02/21	NA	NA	1365	NA	NA
10 years	B	Replacement of caliper pistons and piston seals	2018/02/21	NA	NA	3650	NA	NA	2028/02/21	NA	NA	3191	NA	NA
10 years	B	Replacement of o'ring seals, bearings and screws of	2018/02/21	NA	NA	3650	NA	NA	2028/02/21	NA	NA	3191	NA	NA
50 cycles	B	MLG Brakes inspection	2018/02/21	NA	8	NA	NA	50	NA	NA	58	NA	NA	27
COMPONENTS														
Spark plugs	E	Replace spark plugs	2018/10/22	27:10:00	NA	NA	25:00:00	NA	NA	52:10:00	NA	NA	17:25:00	NA
Engine	E	Engine overhaul	2017/03/20	NA	NA	NA	300:00:00	NA	NA	300:00:00	NA	NA	265:15:00	NA
Piston	E	Replace piston	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
Ring	E	Replace ring	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
Piston circlip	E	Replace piston circlip	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
Cylinder base gasket	E	Replace base gasket	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
Cylinder head gasket	E	Replace head gasket	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
Exhaust gasket	E	Replace exhaust gasket	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
Air intake manifold gasket	E	Repplace air intake manifold gasket	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA
Suspension Nose Landing Gear	A	Suspension overhaul	2018/12/28	33:30:00	NA	NA	100:00:00	NA	NA	133:30:00	NA	NA	98:45:00	NA
Engine life	E		2017/03/20	NA	NA	NA	1000:00:00	NA	NA	1000:00:00	NA	NA	965:15:00	NA
Break Disc	B	Replace brake disc	2017/01/06	NA	NA	1825	NA	NA	2022/01/06	NA	NA	1826	NA	NA
Caliper Pistons	B	Replace caliper pistons	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA
Piston Seals	B	Replace piston selas	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA
O'ring Seals	B	Replace o'ring seals	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA
Bearings	B	Replace bearings	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA
Wheel Screws	B	Replace wheel screws	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA

Figura 44 - Programa de manutenção - Página 2

Analisando a Figura 44, podemos verificar que o programa de manutenção está dividido em inspeções periódicas e em substituição de componentes. Tanto nas inspeções como nos componentes, cada um deles tem quatro colunas associadas.

A primeira coluna (assinalada a vermelho na Figura 45) indica o momento em que foi realizada a tarefa. Dependendo da tarefa e de qual o indicador de manutenção, a coluna anteriormente referida foi dividida noutras três colunas, sendo que a primeira indica a data de conclusão da tarefa e as duas seguintes indicam as horas ou ciclos totais que esse componente tinha quando foi substituído ou a data em que foi realizada a inspeção.

A segunda coluna (assinalada a azul na Figura 45), fornece a informação do intervalo de manutenção em horas, ciclos ou dias. Dependendo do componente ou da inspeção a realizar, esta informação é obtida nos manuais dos componentes e nos testes realizados pela empresa.

A terceira coluna (assinalada a verde na Figura 45) dá-nos indicação de quando tem que se realizar a manutenção dos componentes ou a inspeção, seja em número de dias, horas ou ciclos. Estes indicadores são calculados com base nas horas, ciclos ou dias em que se realizou a manutenção/inspeção, mais o somatório do intervalo de manutenção/inspeção.

A quarta e última coluna (assinalada a amarelo na Figura 45), é a parte mais importante, pois indica-nos visualmente e com facilidade se o avião está pronto para serviço. Nesta coluna, é dada a informação de quantas horas, ciclos ou dias faltam para realizar a próxima inspeção ou manutenção. O sistema de cor permite que seja facilmente interpretado. São usadas duas cores como indicador: a cor verde indica que o avião está dentro dos intervalos de manutenção/revisão; a cor vermelha indica que o avião ou componente já excederam a manutenção e está fora de serviço até as tarefas serem efetuadas. O sistema de cores funciona de forma automática.

Aircraft Maintenance Status R														2018/05/16	SR-300
MAINTENANCE PROGRAM			Complied at			Interval			Next Due			Remaining			
Item	From	Description	Date	Hours	Cycles	Days	Hours	Cycles	Date	Hours	Cycles	Days	Hours	Cycles	
PERIODICAL INSPECTIONS															
10 Hour (temporary Inspection)	E	Backlash of exhaust systems	2018/11/12	27:10:00	NA	NA	10:00	NA	NA	37:10:00	NA	NA	2:25:00	NA	
10Hour (Temporary Inspection)	E	Rubber mounts condition	2018/11/12	27:10:00	NA	NA	10:00	NA	NA	37:10:00	NA	NA	2:25:00	NA	
25 hour (Temporary Inspection)	A	Fissure fuselage tube pilot (https://photos.app.goo	2018/08/13	18:35:00	NA	NA	25:00:00	NA	NA	43:35:00	NA	NA	8:50:00	NA	
5 hour (Temporary Inspection)	A	Backlash Rudder LH (workcard nº12)	2018/07/12	33:30:00	NA	NA	5:00:00	NA	NA	38:30:00	NA	NA	3:45:00	NA	
10 hour	E	Piston and cylinder check	2018/03/08	10:45:00	NA	NA	10:00:00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
25 hour	E	Piston and cylinder check	2018/10/22	27:10:00	NA	NA	25:00:00	NA	NA	25:00:00	NA	NA	NA	NA	
50 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	50:00:00	NA	NA	50:00:00	NA	NA	15:15:00	NA	
75 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	75:00:00	NA	NA	75:00:00	NA	NA	40:15:00	NA	
100 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	100:00:00	NA	NA	100:00:00	NA	NA	65:15:00	NA	
125 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	125:00:00	NA	NA	125:00:00	NA	NA	90:15:00	NA	
150 hour	E	Piston and cylinder check	2017/03/20	NA	NA	NA	150:00:00	NA	NA	150:00:00	NA	NA	115:15:00	NA	
175 hour	E	Remove piston, cylinder and spark plugs	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
175 hour	E	Inspect oil seal	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
175 hour	E	Inspect cylinder	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
175 hour	E	Inspect CHT sensor	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
175 hour	E	Inspect EGT sensor	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
175 hour	E	Inspect spark plug connector	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
175 hour	E	Inspect spark plug thread	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
175 hour	E	Inspect fuel injector	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
175 hour	E	Clean fuel regulator filter	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
1 year	B	Thickness of brake pad compound	2018/02/21	NA	NA	365	NA	NA	2019/02/21	NA	NA	-96	NA	NA	
1 year	B	Thickness of the brake disc	2018/02/21	NA	NA	365	NA	NA	2019/02/21	NA	NA	-96	NA	NA	
1 year	B	Radial play between disc and internal rim	2018/02/21	NA	NA	365	NA	NA	2019/02/21	NA	NA	-96	NA	NA	
1 year	B	Brake fluid level	2018/02/21	NA	NA	365	NA	NA	2019/02/21	NA	NA	-96	NA	NA	
5 years	B	Replacement of the brake disc	2018/02/21	NA	NA	1825	NA	NA	2023/02/21	NA	NA	1365	NA	NA	
10 years	B	Replacement of caliper pistons and piston seals	2018/02/21	NA	NA	3650	NA	NA	2028/02/21	NA	NA	3191	NA	NA	
10 years	B	Replacement of o'ring seals, bearings and screws	2018/02/21	NA	NA	3650	NA	NA	2028/02/21	NA	NA	3191	NA	NA	
50 cycles	B	MLG Brakes inspection	2018/02/21	NA	8	NA	NA	50	NA	NA	58	NA	NA	27	
COMPONENTS															
Spark plugs	E	Replace spark plugs	2018/10/22	27:10:00	NA	NA	25:00:00	NA	NA	52:10:00	NA	NA	17:25:00	NA	
Engine	E	Engine overhaul	2017/03/20	NA	NA	NA	300:00:00	NA	NA	300:00:00	NA	NA	265:15:00	NA	
Piston	E	Replace piston	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
Ring	E	Replace ring	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
Piston circlip	E	Replace piston circlip	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
Cylinder base gasket	E	Replace base gasket	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
Cylinder head gasket	E	Replace head gasket	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
Exhaust gasket	E	Replace exhaust gasket	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
Air intake manifold gasket	E	Repplace air intake manifold gasket	2017/03/20	NA	NA	NA	175:00:00	NA	NA	175:00:00	NA	NA	140:15:00	NA	
Suspension Nose Landing Gear	A	Suspension overhaul	2018/12/28	33:30:00	NA	NA	100:00:00	NA	NA	133:30:00	NA	NA	98:45:00	NA	
Engine life	E		2017/03/20	NA	NA	NA	1000:00:00	NA	NA	1000:00:00	NA	NA	965:15:00	NA	
Break Disc	B	Replace brake disc	2017/01/06	NA	NA	1825	NA	NA	2022/01/06	NA	NA	1826	NA	NA	
Caliper Pistons	B	Replace caliper pistons	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA	
Piston Seals	B	Replace piston selas	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA	
O'ring Seals	B	Replace o'ring seals	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA	
Bearings	B	Replace bearings	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA	
Wheel Screws	B	Replace wheel screws	2017/01/06	NA	NA	3650	NA	NA	2027/01/06	NA	NA	3652	NA	NA	

Figura 45 - Programa de manutenção - Página 2a

A terceira página do programa de manutenção (Figura 46) é a página de registo de novas evoluções que fiquem disponíveis, seja nos componentes, seja no avião. Nesta página, regista-se toda a informação do componente novo a instalar, desde o código da peça, o nome do fabricante, a descrição da peça, a data de integração, as horas e ciclos que o avião tem no momento da instalação e o registo de algum comentário, se necessário.

Aircraft Maintenance Status Report						SR-300
DIRETIVES Accomplished			Complied at			
Code	From	Description	Date	Hours	Cycles	Comments
SERVICE BULLETIN September 2017	Zanzottera	Fuel Pump Upgrade	2018/10/22	27:10:00	31	To be accomplished next opportunity

Figura 46 - Programa de manutenção - Página 3

Por fim, na última página (Figura 47), regista-se todas as modificações realizadas aos sistemas ou avião. Para registar é necessário introduzir o código dos sistemas ou parte do avião modificada, a descrição da manutenção, a data de conclusão da modificação, as horas e ciclos do sistema ou avião no momento da modificação e, por último, se necessário, efetuar comentários. Com os registos destas duas últimas páginas é possível manter uma linha de trabalhos efetuados no avião e ir adaptando o programa de manutenção, com base nas alterações e evoluções realizadas.

Aircraft Maintenance Status Report					SR-300
MODIFICATIONS		Complied at			Comments
Code	Description	Date	Hours	Cycles	

Figura 47 - Programa de manutenção - Página 4

5.5.2 *Technical Log Book* (TLB)

O TLB é dos documentos mais importantes na vida de um avião, uma vez que é o registo das horas e ciclos de voo que nos permite contabilizar a quantidade de serviço que o avião já realizou e controlar a manutenção. Na Figura 48, podemos ver o documento criado para esta função.

Como projetado, este documento foi dividido em quatro partes, todas elas preenchidas em momentos diferentes e com uma ordem para isso. Na Figura 48, estão assinaladas as quatros diferentes áreas com diferentes cores.

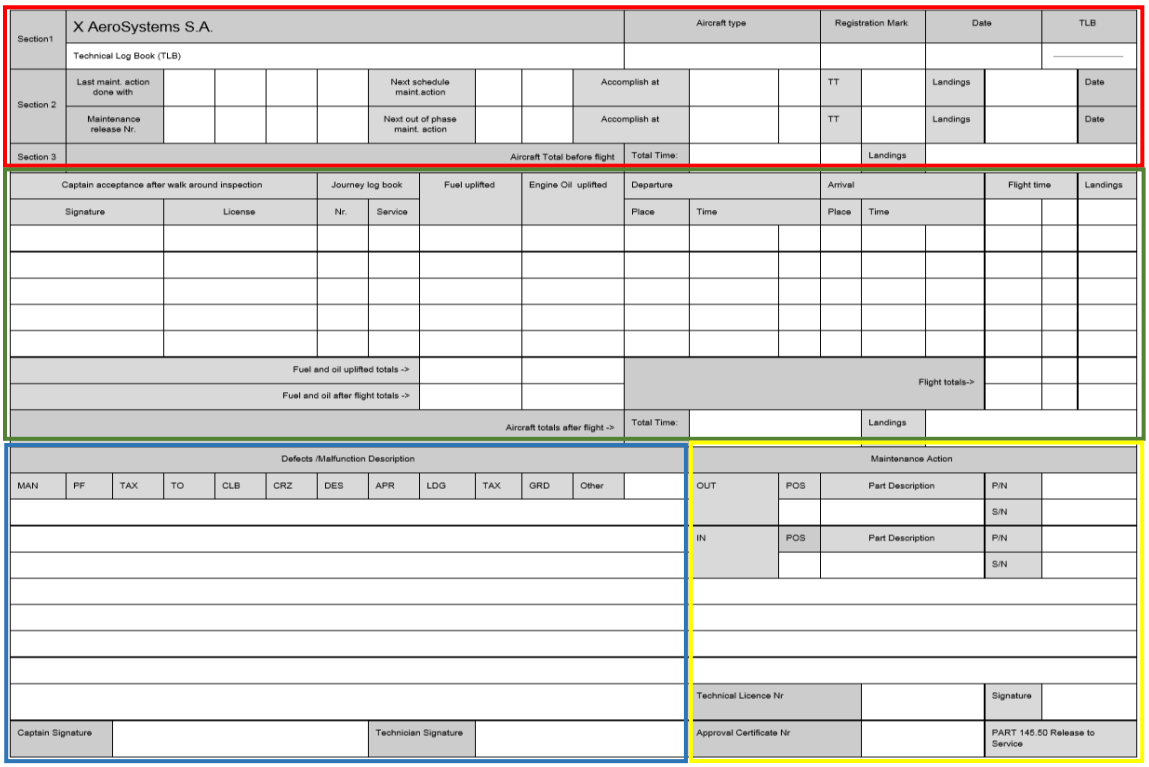


Figura 48 - *Technical log book* - Dividido

A parte a vermelho é a primeira a preencher. Diz respeito à parte de identificação do avião; a segunda parte a preencher é a assinalada a verde, que corresponde ao registo de funcionamento; a terceira parte, identificada a verde, é o local para reportar defeitos ou avarias encontradas; por último, na parte assinalada a amarelo, é representado o registo, para o caso de haver alguma intervenção de manutenção.

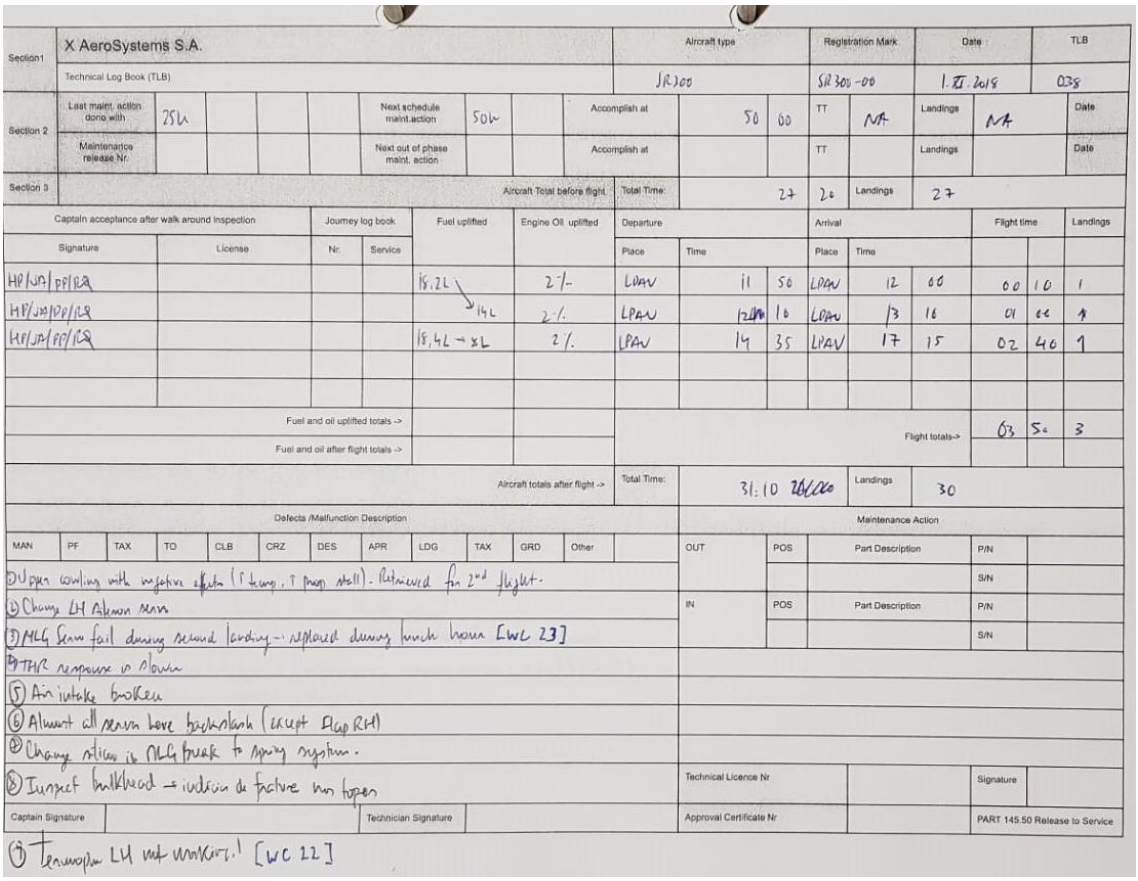
Na Figura 49, é apresentado um exemplo de um TLB preenchido durante uma campanha de voos de teste.

No TLB da Figura 49, podemos ver que na data do TLB a 01/06/2018 o avião estava com 27 horas e 20 minutos de serviço e com 27 ciclos (aterragens). Também é possível ver na primeira parte que a última manutenção realizada foi às 25 horas e que a próxima será às 50 horas.

Na segunda parte, é possível ver que foram realizados três voos de testes, em que se identificou a equipa que realizou os testes, o combustível gasto nos voos, as horas de início e de fim de teste, por fim é possível verificar que se realizaram três aterragens e que o somatório dos três voos foi de 3 horas e 50 minutos. Posto isto, o avião no fim destes voos ficou com um total de 31 horas e 10 minutos de serviço e com 30 aterragens.

Na parte dos defeitos e avarias é possível verificar que aconteceram falhas e que as mesmas foram registadas.

Na quarta parte, nas ações de manutenção, verificou-se que não foi feita nenhuma alteração no decorrer dos três testes realizados.



Section 1	X AeroSystems S.A.	Aircraft type	Registration Mark	Date	TLB
	Technical Log Book (TLB)	JR200	SR300-00	1.II.2018	038

Section 2																
	Last maint. action done with	25h				Next schedule maint.action	50h		Accomplish at	50	00	TT	NA	Landings	NA	Date
	Maintenance release Nr.					Next out of phase maint. action			Accomplish at			TT		Landings		Date

Section 3				
	Aircraft Total before flight	Total Time: 27	Landings 27	

Captain acceptance after walk around inspection		Journey log book		Fuel uplifted	Engine Oil uplifted	Departure			Arrival			Flight time		Landings
Signature	License	Nr.	Service			Place	Time		Place	Time				
HP/JA/PP/RQ				15,2L	2%	LPAV	11	50	LPAV	12	00	00	10	1
HP/JA/PP/RQ				14L	2%	LPAV	12	10	LPAV	13	16	01	06	1
HP/JA/PP/RQ				15,4L → 8L	2%	LPAV	14	35	LPAV	17	15	02	40	1
Fuel and oil uplifted totals ->						Flight totals->						03	56	3
Fuel and oil after flight totals ->														
Aircraft totals after flight ->						Total Time:	31:10 26/06/20		Landings	30				

Defects /Malfunction Description												Maintenance Action				
MAN	PF	TAX	TO	CLB	CRZ	DES	APR	LDG	TAX	GRD	Other	OUT	POS	Part Description	P/N	
① Upper cowling with negative effects (↑ temp, ↑ prop stall). Retrieved for 2nd flight.															S/N	
② Change LH Aileron seal												IN	POS	Part Description	P/N	
③ MLG Seam fail during second landing → replaced during lunch hour [WC 23]															S/N	
④ THR response is slow																
⑤ Air intake broken																
⑥ Almost all screws have backlash (except flap RH)																
⑦ Change ailer is MLG break to spring system.																
⑧ Inspect bulkhead → indicia de fractura non topen												Technical Licence Nr			Signature	
Captain Signature				Technician Signature								Approval Certificate Nr			PART 145.50 Release to Service	
⑨ Terminoplan LH not working! [WC 22]																

Figura 49 - *Technical Log Book* - Preenchido

5.5.3 Cartão de trabalho do avião (*AIRCRAFT WORK CARD*)

Este documento é de extrema importância no que diz respeitos aos trabalhos realizados na manutenção, pois com o seu preenchimento completo é possível guardar sempre a informação do que foi realizado e de como foi realizado. Na Figura 50 é apresentado o cartão de trabalho do avião elaborado numa folha A4, com apenas uma página, para que seja fácil de manusear durante a manutenção.

AIRCRAFT WORK CARD

AeroSystems

Work Card No:		Date start:	
Aircraft:		Aircraft TT:	

Task:		ATA Code:	

Description Work Performed:

Parts installed:				
P/N	Description	QTY	S/N	Obs

Additional Work and Comments:

Reference documents:

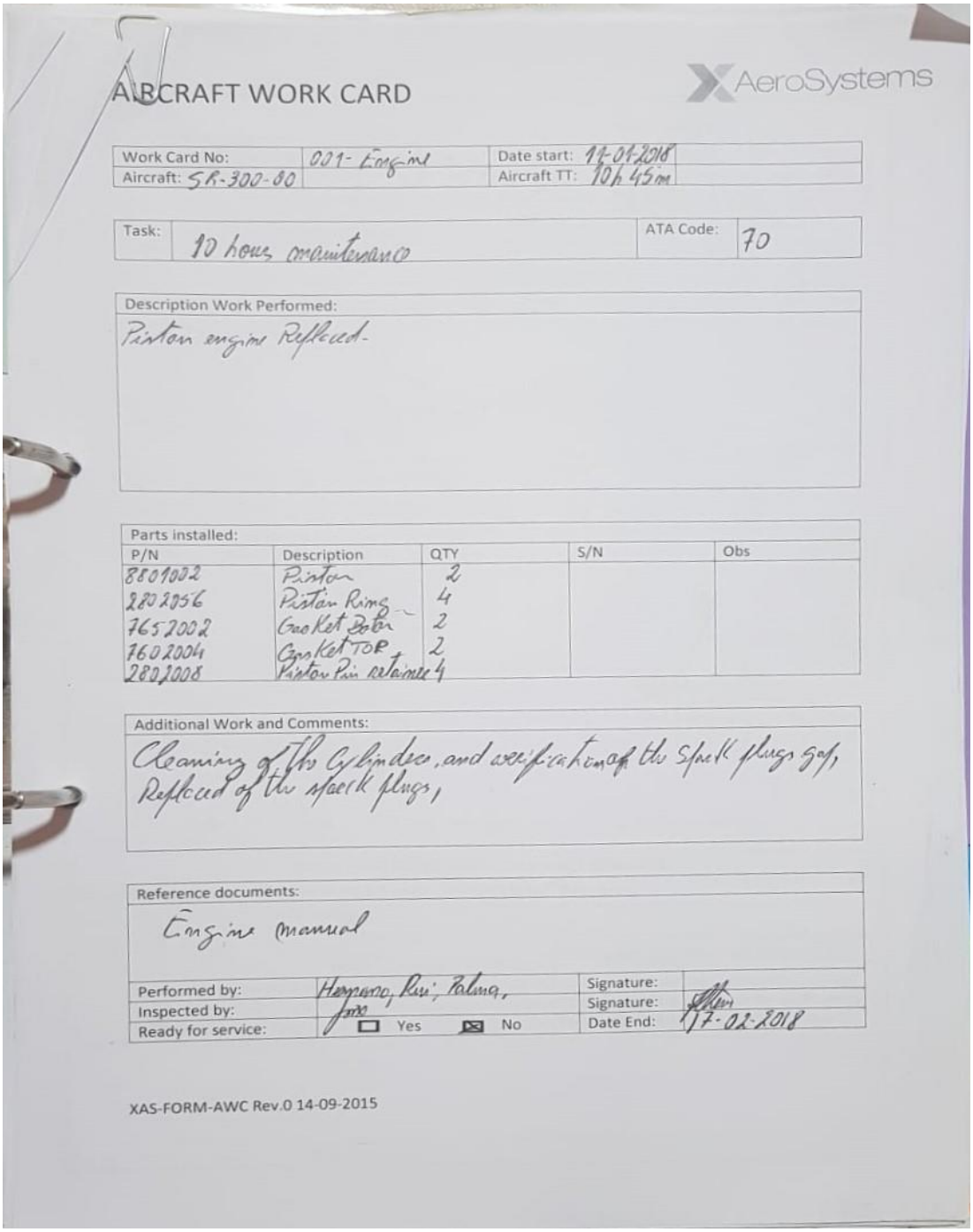
Performed by:		Signature:	
Inspected by:		Signature:	
Ready for service:	☐ Yes ☐ No	Date End:	

Figura 50 - Cartão de trabalho do avião

Como projetado, este documento está dividido em sete partes e de forma a ser preenchido cronologicamente em conjunto com os trabalhos realizados.

Na Figura 50 podemos constatar que foi conseguido um *layout* simples e de fácil compreensão, com os espaços a preencher bem identificados. A equipa de manutenção ficou bastante satisfeita com esta implementação, por conseguir melhorar a manutenção com esta documentação de suporte.

Abaixo na, Figura 51, é apresentado um exemplo do cartão de trabalho do avião, preenchido pela equipa de manutenção.



AIRCRAFT WORK CARD

AeroSystems

Work Card No:	001- Engine	Date start:	17-01-2018
Aircraft: SR-300-00		Aircraft TT:	10h 45m

Task:	10 hours maintenance	ATA Code:	70

Description Work Performed:

Piston engine Replaced.

Parts installed:

P/N	Description	QTY	S/N	Obs
8801002	Piston	2		
2802056	Piston Ring	4		
7652002	Gasket Base	2		
7602004	Gasket TOP	2		
2802008	Piston Pin retainer	4		

Additional Work and Comments:

Cleaning of the Cylinders, and verification of the Spark plugs gap, Replaced of the spark plugs,

Reference documents:

Engine manual

Performed by:	Hermano, Rui, Palma,	Signature:	
Inspected by:		Signature:	
Ready for service:	☐ Yes ☒ No	Date End:	17-02-2018

XAS-FORM-AWC Rev.0 14-09-2015

Figura 51 - Cartão de trabalho do avião preenchido

Na interpretação da Figura 51 podemos verificar que o cartão apresentado é o primeiro cartão do motor e que o motor em manutenção pertence ao avião SR-300-00. O avião no momento desta manutenção tem 10 horas e 45 minutos de serviço. É ainda possível verificar que a manutenção do motor começou a 11/01/2018.

De seguida, é possível verificar que esta manutenção corresponde à manutenção das 10 horas do motor e que o código associado ao motor é o 70.

No campo seguinte é referido o trabalho que foi efetuado, que neste caso foi a substituição dos pistões do motor.

Podemos também visualizar que foram substituídas várias peças neste trabalho, que foram identificadas pelo número de peça e pelo seu nome. Também é possível ver as quantidades que foram utilizadas de cada peça, excecionalmente, o fabricante destas peças não tem as peças identificadas por número de série.

Uma vez que se estava a trabalhar no motor, foi decidido fazer trabalhos adicionais no mesmo, como limpar os cilindros, verificar os cabos das velas e substituir as velas. Estas tarefas foram realizadas, como indicado no cartão, com o auxílio do manual do motor.

Por fim, foi identificada a equipa que realizou a manutenção e que a inspecionou. Podemos também verificar que os trabalhos foram acabados a 17/02/2018.

Um aspeto muito significativo deste cartão é o facto do inspetor não dar o avião apto para serviço. Isto aconteceu porque alguma falha foi detetada ou por alguma falta de manutenção de algum componente.

CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES

6.2 PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO

6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO

6.1 CONCLUSÕES

O trabalho efetuado na presente dissertação teve como finalidade identificar os problemas existentes a nível do transporte da aeronave, organização de voos e de manutenção. Devido à empresa jovem, não havia nenhuma melhoria a fazer, mas era necessário projetar soluções e implementá-las. Na Tabela 5, são apresentadas as conclusões face aos objetivos traçados e verificado se as mesmas foram realizadas ou não.

Tabela 5 - Conclusões fase aos objetivos traçados

Conclusões			
Objetivos	Aplicação		Nível de realização
Identificação de problemas	Transporte de avião Organização de Voos Manutenção de avião		✓
Tempestade de ideias	Transporte de avião Organização de Voos Manutenção de avião		✓
Projetar de soluções	Transporte de avião	Adaptação de carrinha de transporte	✓
	Organização de Voos	*Checklists*	✓
		Programa de voos de teste	✓
		Cartão de voos de teste	✓
	Manutenção de avião	Programa de manutenção	✓

		Technical log book	✓
		Cartão de trabalhos no avião	✓
Implementar soluções	Transporte de avião	Adaptação de carrinha de transporte	✓
	Organização de Voos	*Checklists*	✓
		Programa de voos de teste	✓
		Cartão de voos de teste	✓
	Manutenção de avião	Programa de manutenção	✓
		Technical log book	✓
		Cartão de trabalhos no avião	✓

Como se pode constatar pela Tabela 5 , todas as metas foram alcançadas com sucesso. As ferramentas criadas estão constantemente a ser usadas, desde a implementação.

Tabela 6 - Resultados da implementação

Indicador	Resultado
Redução de custos do processo de transporte do "drone"	**- 84%**
Redução do tempo de carga do "drone"	**- 79,2%**
Redução do tempo de descarga do "drone"	**- 67 %**

Implementação das *checklists do "drone"*	**12** testes realizados
Implementação do progama de testes de voo	**16** testes planeados
Implementação do cartão de voos de teste	**14** cartões preenchidos
Implementação do progama de manutenção	**Programa em vigor**
Implementação technical log book	**45** tlb´s preenchidos
Implementação cartão de trabalho do "drone"	**30** cartões preencidos

6.2 PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO

Analisada a empresa e os seus modos de funcionamento, ao realizar as tarefas propostas, foram surgindo outros problemas que deveriam, num futuro próximo, ser corrigidos.

Foram feitas as seguintes propostas:

- Criação de um *layout* da oficina de manutenção;
- Controlo de stocks de peças e componentes;
- Criação de etiquetas de identificação de componentes novos, em reparação e sucata.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

[1] Shingo, S. (1985), "A Revolution In Manufacturing: The SMED System", Productivity Press, Cambridge

[2] Shingo, S. (1989). Improving Operations. Em: A Study Of The Toyota Production System From An Industrial Engineering Viewpoint. Portland, USA: Productivity Press

[3] Sugai, M., Mcintosh, R., & Novaski, O. (2007). Metodologia De Shigeo Shingo (SMED): Análise Crítica E Estudo De Caso. Gestão & Produção. Maio 2007

[4] R. Rodríguez-Méndez, D. Sánchez-Partida, J.L. Martínez-Flores, E. Arvizu-Barrón, IFAC Proc. Vol., Vol. 48, No. 3, Pp. 1399–1404, 2015

[5] A. Azizi, T. Manoharan, Procedia Manuf., Vol. 2, No. February, Pp. 153–158, 2015

[6] Esa MM, Rahman NAA, Jamaludin M. Reducing High Setup Time In Assembly Line: A Case Study Of Automotive Manufacturing Company In Malaysia. Procedia - Social And Behavioral Sciences;211:215 – 220, 2015

[7] M. M. Esa, N. A. A. Rahman, M. Jamaludin, Procedia - Soc. Behav. Sci., Vol. 211, Pp. 215–220,2015

[8] D. Ribeiro, F. Braga, R. Sousa, S. Carmo-Silva, Rev. Precis. Mech. Opt. Mechatronics, Vol. 3, No. 40, Pp. 115–122, 2011

[9] M. Cakmakci, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol. 41, No. 1–2, Pp. 168–179, 2009.

[10]] E. Costa, S. Bragança, R. Sousa, A. Alves, World Acad. Sci. Eng. Technol., Vol. 7, No. 5, Pp. 379–385, 2013

[11] R. Rodríguez-Méndez, D. Sánchez-Partida, J.L. Martínez-Flores, E. Arvizu-Barrón, IFAC Proc. Vol., Vol. 48, No. 3, Pp. 1399–1404, 2015

[12] Lima, L., Júnior, G., Mendes & P., Munhoz, J., 2012, A Satisfação Do Manutentor Na Área Industrial: O Caso Em Uma Indústria Frigorifica, Revista Brasileira De Tecnologia Agroindustrial, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Paraná, Brasil

[13] Farinha, 2011, Manutenção - A Terologia E As Novas Ferramentas De Gestão. Monitor- Projetos E Edições, Lda.

[14] Kinnison, H. A., Aviation Maintenance Management, Mcgraw-Hill Companies, Inc., USA, 2004

[15] Pinto, V. M., 1994, Gestão Da Manutenção, Editora ELO – Publicidade, Artes Gráficas, LDA

[16] Park, K. S. & Han, S. W., TPM – Total Productive Maintenance: Impact On Competetitiveness And A Framework For Successful Implementation. Human Factors And Ergonomics In Manufacturing, Vol. 11, N. 4, Pp. 321-338, 2001

[17] Al-Shayea, A., 2007, "Maintenance Definition." King Saud University

[18] A. M. Smith, G. R. Hinchcliffe, RCM--Gateway To World Class Maintenance, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2003. ISBN: 9780750674614

[19] J. Moubray, Reliability-Centered Maintenance, Industrial Press Inc., South Norwalk, CT, U.S.A.,1997. ISBN: 978-0831131463

[20] K. A. H. Kobbacy, D. N. P. Murthy, Complex System Maintenance Handbook. Springer-Verlag, London, UK, 2008. ISBN: 978-1-84800010-0

[21] A. Kardec, J. R. B. Lafraia, Gestão Estratégica E Confiabilidade (In Portuguese). Qualitymark, Rio De Janeiro, Brazil, 2002. ISBN: 9788573037326

[22] BSI. EN 13306:2010 - Maintenance - Maintenance Terminology. (2010)

[23] K. Khazraei And J. Deuse, "A Strategic Standpoint On Maintenance Taxonomy," J. Facil. Manag., Vol. 9, Pp. 96–113, 2011

[24] M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, A. Raouf, J. Knezevic, D. Ait-Kadi. Handbook Of Maintenance Management And Engineering. London: (2009)Springer London; . Doi:10.1007/978-1-84882-472-0

[25] H. B. Fakher, M. Nourelfath, M. Gendreau. Reliability Engineering And System Safety, 170, (2018) 191–201Integrating Production, Maintenance And Quality: A Multi-Period Multi-Product Profit-Maximization Model. Doi:10.1016/J.Ress.2017.10.024

[26] R. Gulati And R. Smith, Maintenance And Reliability Best Practices (2nd Edition), Industrial Press Inc., South Norwalk, CT, U.S.A., 2012. ISBN: 978-0831134341