



JOSÉ FREDERICO GONÇALVES NOBRE

Licenciado em Ciências da Engenharia

PROPOSTA DE AUMENTO DE CAPACIDADE DE MANUTENÇÃO DO MOTOR *LEAP-1A*

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Universidade NOVA de Lisboa
December, 2023

PROPOSTA DE AUMENTO DE CAPACIDADE DE MANUTENÇÃO DO MOTOR *LEAP-1A*

JOSÉ FREDERICO GONÇALVES NOBRE

Licenciado em Ciências da Engenharia

Orientador: Professor Doutor João Manuel Vicente Fradinho

Assistant Professor, NOVA School of Science and Technology

Coorientador: Engenheiro António Calado Ferreira

Engine Maintenance, Engineering and Quality General Manager, TAP Air Portugal

Júri

Presidente: Professor Doutor António Gabriel Marques Duarte dos Santos

Assistant Professor, NOVA School of Science and Technology

Arguentes: Professor Doutor António José Freire Mourão

Associate Professor, NOVA School of Science and Technology

Professor Doutor João Manuel Vicente Fradinho

Assistant Professor, NOVA School of Science and Technology

Orientador: Professor Doutor João Manuel Vicente Fradinho

Assistant Professor, NOVA School of Science and Technology

Coorientador: Engenheiro António Calado Ferreira

Engine Maintenance, Engineering and Quality General Manager, TAP Air Portugal

Proposta de aumento de capacidade de manutenção do motor *LEAP-1A*

Copyright © José Frederico Gonçalves Nobre, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*À minha família que me apoiou desde sempre, namorada com
paciência de ferro e amigos que levo para a vida.*

AGRADECIMENTOS

Antes de mais, gostaria de agradecer ao Professor João Fradinho, pela incansável ajuda ao longo destes meses, assim como pelo constante acompanhamento do meu trabalho para que este fosse o mais relevante e alinhado com os interesses académicos e da empresa possível. Estou muito grato por ter acolhido este projeto e por todo o conhecimento e conselhos que me transmitiu.

Deixo um agradecimento também à TAP Air Portugal e ao meu co-orientador, Eng. António Ferreira, por me ter acolhido na empresa, por todo o conhecimento na área transmitido e pela orientação dentro da Oficina de Motores para a elaboração deste estudo.

Gostaria de agradecer à minha família, por me darem esta oportunidade, por me apoiarem incondicionalmente e por me mostrarem sempre qual o melhor caminho a seguir.

De igual forma quero agradecer à minha namorada, Bárbara Nunes, pelo aconselhamento e apoio prestados ao longo dos anos que nos conhecemos, fundamental para o meu percurso académico.

Por fim, gostaria de estender um especial agradecimento ao Francisco Fernandes e Nuno Filipe, por serem amigos que levo para a vida e por toda a ajuda, conselhos e orientação que transmitimos mutuamente ao longo destes anos.

Um grande obrigado também à Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, que me acolheu e foi a minha segunda casa, assim como a todos os professores que marcaram o meu percurso em Engenharia Mecânica.

Um grande obrigado a todos.

*«A sabedoria humana está nestas palavras: esperar e
ter esperança.» (Alexandre Dumas)*

RESUMO

Nesta dissertação de Mestrado, foi abordado o processo inerente à capacitação da Oficina de Motores da TAP Air Portugal para o aumento da capacidade de manutenção do motor *LEAP-1A* para, sensivelmente, o triplo da capacidade atual, três motores em simultâneo. Este processo é importante no panorama atual e futuro, pois cada vez mais aeronaves *narrow-body* da Airbus (*A320neo*, *A321neo*) apresentam este motor como elemento propulsor favorito, em detrimento do concorrente *Pratt Whitney PW1000G*.

Para esta proposta do aumento de capacidade, foi realizado um planeamento para entradas e saídas de serviço dos motores, tendo em conta valores para a mão-de-obra provenientes da equipa de Engenharia e tempos de intervenção para cada um dos processos. Com este planeamento, procedeu-se à organização do espaço de trabalho e ao levantamento de necessidades de ferramentas, divididas nas suas tarefas em Curta Duração e Longa Duração, de modo a acomodar esta capacitação pretendida. Foram criados *kits* de ferramentas que aglomeram estas tarefas, referentes a cada *Major Module* e *Sub Module*, de modo a saber exatamente que ferramentas são utilizadas, onde e em que quantidade.

Concluiu-se que é possível o aumento de capacidade de manutenção da oficina para acomodar o plano inicial, sem muitos constrangimentos em termos de espaço de oficina. Os números de Técnicos de Manutenção Aeronáutica e a quantidade de *kits* necessários à operação também são contabilizados e apresentados, não representando um desvio do objetivo da empresa para este projeto.

Palavras-chave: Planeamento, Espaços de Trabalho, Mão-de-obra, Ferramentas

ABSTRACT

In this Master's thesis, the process inherent in the training of TAP Air Portugal's Engine Workshop to increase the maintenance capacity of the *LEAP-1A* engine to roughly triple the current capacity, three engines simultaneously, was addressed. This process is important in the current and future panorama, as more and more Airbus *narrow-body* aircraft (*A320neo*, *A321neo*) feature this engine as the preferred propulsion element, to the detriment of the competing *Pratt Whitney PW1000G*.

For this proposed increase in capacity, planning was carried out for the engines' service inputs and outputs, taking into account labor figures from the engineering team and intervention times for each of the processes. With this planning, the workspace was organized and tooling needs surveyed, divided into Short Duration and Long Duration tasks, in order to accommodate this desired capacity increase. *kits* of tools have been created that bring these tasks together, referring to each *Major Module* and *Sub Module*, so as to know exactly which tools are used, where and in what quantity.

It was concluded that it is possible to increase the workshop's maintenance capacity to accommodate the initial plan, without too many constraints in terms of workshop space. The numbers of Aircraft Maintenance Technicians and the quantity of *kits* required for the operation are also accounted for and presented, and do not represent a deviation from the company's objective for this project.

Keywords: Planning, Workspaces, Labor, Tools

ÍNDICE

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiv
Glossário	xv
1 Introdução	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Estrutura da Dissertação	2
2 Empresa e Objeto de Estudo	5
2.1 Empresa	5
2.2 Objeto de Estudo	6
2.2.1 Introdução	6
2.2.2 <i>Fan and Booster Major Module</i>	7
2.2.3 <i>Core Major Module</i>	9
2.2.4 <i>Low Pressure Turbine (LPT) Major Module</i>	11
2.2.5 <i>Accessory Drive Major Module</i>	12
2.3 Funcionamento do Motor	14
3 Planeamento e Manutenção	17
3.1 Introdução	17
3.2 Planeamento	17
3.3 Gestão da Manutenção	18
3.3.1 Histórico da Manutenção	18
3.3.2 Tipos de Manutenção	18
3.3.3 Essenciais de <i>MRO</i>	19
4 Processos de Manutenção do Motor e Espaços de Trabalho	23
4.1 Processos de Manutenção do Motor	23

4.1.1	Descrição de Trabalhos no Motor	23
4.1.2	Níveis de Intervenção	23
4.1.3	<i>Workscopes</i> do Motor	24
4.2	Espaços de Trabalho	25
4.2.1	Visão Geral da Oficina	25
4.2.2	Área da Montagem Final	26
4.2.3	Área de Remoção/Instalação de <i>LEAP-1A</i>	27
4.2.4	Área dos Subconjuntos Fixos	28
4.2.5	Área dos Subconjuntos Móveis	28
4.2.6	Área da Reparação	29
4.2.7	Área da Ferramentaria	29
4.2.8	Outras Áreas	30
4.3	Fluxos de Ações de Manutenção	31
5	Planeamento da Manutenção do Motor <i>LEAP-1A</i>	33
5.1	Considerações Iniciais	33
5.1.1	Introdução	33
5.1.2	Valores Considerados para Caso de Estudo	33
5.1.3	Regras para o Planeamento	38
5.1.4	Hipótese Considerada	39
5.1.5	<i>Kits</i> de Ferramentas	40
5.2	Necessidades de Ferramentas para o Motor <i>LEAP-1A</i>	41
5.2.1	Sobreposições nas Áreas	41
5.2.2	Encomenda de Ferramentas com Função de Remoção/Instalação e Montagem/Desmontagem	42
5.2.3	Encomenda de Ferramentas de Suporte	42
5.3	<i>Layout</i> da Oficina	45
5.3.1	Alteração dos Espaços de Trabalho	46
5.3.2	Posição das Ferramentas nas Áreas	48
5.3.3	Armazenamento dos Módulos Inativos	52
5.4	Necessidades de Mão-de-Obra	52
5.5	Programa <i>Excel</i> de Análise da Temática	57
5.5.1	Definição dos <i>Workscopes</i>	57
5.5.2	Relação de <i>Workscopes</i> na Escala Temporal	58
5.5.3	Contagem de <i>Kits</i> CD e LD	60
6	Conclusões e Sugestões de Trabalhos Futuros	61
	Bibliografia	65
	Apêndices	

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Sede da TAP Air Portugal, Lisboa	5
2.2	Motor <i>LEAP-1A</i>	6
2.3	Grandes Módulos do Motor <i>LEAP-1A</i>	7
2.4	Módulo da <i>Fan and Booster</i>	8
2.5	Sub-módulos do <i>Fan and Booster Major Module</i>	8
2.6	Ordens de Remoção e de Instalação dos Componentes do <i>Fan Major Module</i>	9
2.7	Módulo do <i>Core Engine</i>	10
2.8	Sub-módulos do <i>Core Major Module</i>	10
2.9	Ordens de Remoção e de Instalação dos Componentes do <i>Core Major Module</i>	11
2.10	Módulo da <i>Low Pressure Turbine (LPT)</i>	11
2.11	Sub-módulos da <i>LPT Major Module</i>	12
2.12	Ordens de Remoção e de Instalação dos Componentes do <i>LPT Major Module</i>	12
2.13	Módulo do <i>Accessory Drive</i>	13
2.14	Sub-módulos do <i>Accessory Drive Major Module</i>	13
2.15	Ordens de Remoção e de Instalação dos Componentes do <i>Accessory Drive Major Module</i>	14
2.16	Curvas de Eficiência de Motores do tipo <i>Turbojet</i> e <i>Turboprop</i>	14
2.17	Esquema do Motor Turbofan e do Fluxo de Ar <i>Bypass</i>	16
4.1	<i>Layout</i> da Oficina de Motores	26
4.2	Área da Montagem Final	27
4.3	Área de Remoção/Instalação de <i>LEAP-1A</i>	28
4.4	Área de Subconjuntos Móveis (mais perto) e Fixos (mais longe)	29
4.5	Área da Ferramentaria	30
4.6	Fluxos de Trabalho no Piso de Oficina	32
5.1	<i>Workflow</i> Referente à Fase de Definição do Caso de Estudo	34
5.2	<i>Workflow</i> Referente à Necessidade de Ferramentas	41
5.3	<i>Workflow</i> Referente à Definição de Novo <i>Layout</i> do Piso Oficial	45
5.4	Esquema da Área de Ferramentas e Prateleiras	46

5.5	Esquema da Área de Armazenamento de Módulos da <i>Fan</i>	47
5.6	Esquema da Área Suplementar de Armazenamento na Área da Montagem Final	47
5.7	Esquema da Área Suplementar Temporária	48
5.8	<i>Workflow</i> Referente à Definição de Necessidades de Mão-de-Obra	53
5.9	Diagrama de <i>Gantt</i> com Distribuição Temporal de <i>Workscopes</i>	55
5.10	Diagrama de <i>Gantt</i> do Planeamento de <i>Workscopes</i>	57
5.11	Tabela de Datas por <i>Workscope</i> e por Processo	58
5.12	Regras de Análise da Tabela	59
5.13	Contagem de <i>Kits</i> CD e LD	60
A.1	<i>Kit</i> CD para o MM03	67
A.2	<i>Kit</i> CD para o MM02	68
A.3	<i>Kit</i> CD para o MM01	68
A.4	<i>Kit</i> CD para o SM63	68
A.5	<i>Kit</i> CD para o SM62	69
A.6	<i>Kit</i> CD para o SM61	69
A.7	<i>Kit</i> CD para o SM59	70
A.8	<i>Kit</i> CD para o SM58	70
A.9	<i>Kit</i> CD para o SM54	71
A.10	<i>Kit</i> CD para o SM53	71
A.11	<i>Kit</i> CD para o SM52	71
A.12	<i>Kit</i> CD para o SM41	72
A.13	<i>Kit</i> CD para o SM32	72
A.14	<i>Kit</i> CD para o SM31	72
A.15	<i>Kit</i> CD para o SM30	73
A.16	<i>Kit</i> CD para o SM24	73
A.17	<i>Kit</i> CD para o SM22	73
A.18	<i>Kit</i> CD para o SM21	74
A.19	<i>Kit</i> LD para o MM03	74
A.20	<i>Kit</i> LD para o MM02	75
A.21	<i>Kit</i> LD para o MM01	75
A.22	<i>Kit</i> LD para o SM63	75
A.23	<i>Kit</i> LD para o SM62	76
A.24	<i>Kit</i> LD para o SM61	76
A.25	<i>Kit</i> LD para o SM59	76
A.26	<i>Kit</i> LD para o SM58	77
A.27	<i>Kit</i> LD para o SM57	77
A.28	<i>Kit</i> LD para o SM56	77
A.29	<i>Kit</i> LD para o SM54	77
A.30	<i>Kit</i> LD para o SM53	78

A.31 <i>Kit</i> LD para o SM52	78
A.32 <i>Kit</i> LD para o SM51	78
A.33 <i>Kit</i> LD para o SM41	78
A.34 <i>Kit</i> LD para o SM32	78
A.35 <i>Kit</i> LD para o SM31	79
A.36 <i>Kit</i> LD para o SM30	79
A.37 <i>Kit</i> LD para o SM24	79
A.38 <i>Kit</i> LD para o SM22	79
A.39 <i>Kit</i> LD para o SM21	80

ÍNDICE DE TABELAS

3.1	Manutenção Programada Detalhada	20
5.1	Valores Fornecidos para as Remoções e Instalações ao Nível do Motor . . .	35
5.2	Valores Fornecidos para a Montagem e Desmontagem a Nível Modular . .	36
5.3	Valores dos Tempos Totais de Manutenção por <i>Workscope</i>	37
5.4	Tempo Médio Despendido em <i>Workscopes</i> Pesados e Leves	38
5.5	Ferramentas de Suporte e Respetivas Descrições	42
5.6	Necessidades de Ferramentas de Suporte	44
5.7	Ferramentas de Suporte Colocadas na Área do Armazenamento	49
5.8	Ferramentas de suporte colocadas na Área de Ferramentas de <i>LEAP-1A</i> . . .	49
5.9	Ferramentas de suporte colocadas na Área Suplementar	50
5.10	Ferramentas de suporte colocadas na Área dos Subconjuntos Móveis e Fixos	51
5.11	Ferramentas de Suporte Colocadas na Área das Prateleiras	52
5.12	Número Médio de TMA's por Área, por Motor	53
5.13	Distribuição de <i>Workscopes</i> Para o Estudo de Número de TMA's	55

GLOSSÁRIO

APU - Auxiliary Power Unit

Aparelho que fornece energia para outras funções da aeronave para além da propulsão. (p. 15)

Bypass Ratio

Rácio de passagem do ar que relaciona o ar que entra no motor "interior" face ao que entra pela *fan* do motor. (p. 6)

CAEP/6 Standard

Norma promulgada pela ICAO para a qualidade do ar e emissões dos motores. (p. 6)

CFM56

Família de motores fabricada pela *CFM International*, utilizados nas aeronaves das famílias *Boeing 737* e *Airbus A320*, assim como no *Airbus A340-300*. (p. 6)

Hub

Aeroporto que atua como base de operações para uma companhia aérea. (p. 5)

ICAO - International Civil Aviation Organization

Agência internacional, criada pelas Nações Unidas, para a organização dos transportes aéreos e desenvolvimento dos princípios e técnicas de navegação aérea. (p. 6)

Joint Venture

Empresa criada para efeitos de colaboração para um novo empreendimento ou produto. (p. 6)

Kits de Curta Duração (CD)

Estes *kits* são compostos de ferramentas com um período de utilização curto. (p. 3)

<i>Kits de Longa Duração (LD)</i>	Estes <i>kits</i> são compostos de ferramentas com um período de utilização longo. (p. 3)
<i>LLP - Life Limited Parts</i>	Peças de uma aeronave que necessitam ser substituídas antes do seu limite de ciclos de voo. (p. 23)
<i>Layout</i>	Disposição e dimensão das áreas de trabalho no piso da oficina. (p. 2)
<i>Maintenance, Repair, Overhaul - MRO</i>	Operador que fornece serviços de manutenção, reparação e recondição de aeronaves. (p. 1)
<i>Nacelle</i>	Material que serve de suporte para componentes e estruturas aeronáuticas, neste caso o motor da aeronave. (p. 6)
<i>Overhaul</i>	Revisão completa e detalhada do motor e de todos os seus componentes. (p. 22)
<i>P/N - Part Number</i>	Número único de identificação de peças ou ferramentas a nível organizacional. (p. 18)
<i>Piece Part Level - PPL</i>	Desmontagem realizada até às peças individuais constituintes do componente em questão. (p. 1)
<i>RCM - Reliability-Centered Maintenance</i>	Tipo de planeamento de manutenção que assegura que um sistema continua a executar a sua função da mesma forma que executava no início da sua vida útil. (p. 19)
<i>Spin-off</i>	Empresa que surge como parte de um processo inovador e que cisa da sua empresa-mãe. (p. 19)
<i>Turn Around Time - TAT</i>	Período de tempo contabilizado desde a entrada do motor em oficina até à sua saída pós-manutenção. (p. 1)
<i>Workscope</i>	Definição dos trabalhos a realizar num determinado motor. (p. 2)

3ª Lei de Newton

Esta lei diz que para todas as forças de ação, surgem forças de reação com direções iguais, mas sentidos opostos. (p. 14)

Motor LEAP-1A

Modelo de motor em estudo, equipado nos modelos *Airbus A320neo* (p. 2)

Motor Turbojet

Motor a jato, tipo turbina de gás, sem *bypass*, predominantemente utilizado na aviação executiva, em aeronaves como as *Bombardier* (Global 6000), entre outras. (p. 14)

Motor Turboprop

Motor turbina com pás exteriores, utilizado em aeronaves como as *ATR* (-42, -72, entre outros). (p. 14)

Motor Turboshaft

Motor turbina otimizado para produzir potência num eixo em vez de propulsão, mais comumente utilizado em helicópteros, por exemplo o *Sikorsky CH-53E Super Stallion*. (p. 14)

Técnico de Manutenção Aeronáutica

Profissional com certificação necessária para levar a cabo manutenção dos componentes de um avião. (p. 1)

WIP10 - Work In Progress 10

Designação do trabalho simultâneo em vários motores na linha de manutenção, neste caso dez motores. (p. 2)

INTRODUÇÃO

O ramo da aeronáutica comercial lida com a operação e manutenção de aeronaves utilizadas para fins comerciais (transporte de bens e passageiros). Este ramo é responsável pela operação segura e eficiente de companhias de transporte aéreo e das suas aeronaves.

Para assegurar a operação na capacidade máxima, as linhas aéreas têm que recorrer a fornecedores de serviços de manutenção, reparação e recondicionamento, apelidados de *Maintenance, Repair, Overhaul - MRO*. É comum as companhias aéreas apresentarem oficinas MRO próprias, embora seja frequente o envio de aeronaves de uma certa companhia para que se realizem processos de manutenção numa outra oficina com capacidade para o modelo em questão de aeronave. Tal procedimento é necessário, pois um fornecedor MRO não tem capacidade para fazer a manutenção de todos os aviões da frota da companhia na mesma janela temporal. O planeamento do espaço de oficina é, portanto, crucial para assegurar uma manutenção mais económica e que permita um *Turn Around Time - TAT*, o mais baixo possível, pois uma aeronave tem que operar regularmente para que seja lucrativa.

Virtualmente todas as peças de um avião têm um processo de manutenção associado, devido à natureza conservadora da indústria aeronáutica. No entanto, um dos componentes mais importantes para o funcionamento do avião, o motor, é um dos elementos que sofre um maior nível de manutenção, muitas das vezes sendo desmontado até *Piece Part Level - PPL*, ou seja, desmontado até às peças mais pequenas que o constituem. Tendo em conta este nível de manutenção, é expectável que o motor tenha uma oficina própria, assim como espaços pertinentes aos módulos e componentes acessórios que o constituem.

Devido à complexidade inerente à manutenção de um motor, é necessário um planeamento que tenha em conta as manutenções sofridas por cada um dos módulos e sub-módulos que constituem o motor, o que inclui planeamento do espaço de oficina, levantamento de necessidades de *Técnico de Manutenção Aeronáutica (TMA)* e de ferramentas necessárias, assim como a gestão das entradas e saídas de motores na oficina.

1.1 Objetivo

A presente dissertação tem como objetivo principal o aumento de capacidade de manutenção da oficina de motores da TAP Air Portugal, pertinente ao [Motor LEAP-1A](#), sendo este estudo realizado com o apoio da equipa de Engenharia da Oficina de Motores da TAP Maintenance & Engineering.

Devido ao contexto de realização desta dissertação, em regime de estágio, a informação contida nesta tem origem tanto nos manuais de manutenção do motor, como na experiência dos engenheiros e dos técnicos que prestaram apoio na definição dos espaços de trabalho, tempos de intervenção e fluxos de trabalho já estabelecidos para este tipo de motor. Foi considerado o papel do projetista na análise do problema, no qual está previsto fazer esta análise segundo o cenário que seja mais exigente em termos de recursos e carga horária.

O planeamento foi realizado para [WIP10 - Work In Progress 10](#), significando este termo que a oficina teria capacidade para intervencionar dez motores em simultâneo, em diversas fases de montagem e desmontagem. Visto a capacidade atual ser de sensivelmente [WIP3](#), ou seja, capacidade de executar manutenção em três motores em simultâneo, a mesma iria mais que triplicar com este planeamento.

1.2 Estrutura da Dissertação

A dissertação está dividida em seis capítulos principais, com um número diferente de sub-capítulos a compôr cada um destes.

O primeiro capítulo trata de uma introdução ao trabalho feito no contexto desta tese. Apresentam-se não só o objetivo principal da dissertação, assim como é fornecido um contexto sobre o porquê da importância deste trabalho e em que trâmites foi realizado. Também é dada a conhecer a estrutura da dissertação, no presente sub-capítulo.

No segundo capítulo é abordada a empresa na qual o estágio, e consequente trabalho, foram realizados. É introduzido o objeto desta dissertação, o motor [LEAP-1A](#), sendo também abordado como este funciona, qual a sua constituição geral, e como este é montado e desmontado para ser intervencionado.

O terceiro capítulo consiste numa exposição dos conceitos de planeamento e gestão da manutenção, largamente abordados nesta dissertação. É explicada a importância do planeamento em qualquer tipo de projetos, quais os problemas inerentes a este e quais os benefícios e ferramentas a utilizar num correto processo de planeamento. Na gestão da manutenção são abordados os vários tipos de manutenção existentes e como surgiram no panorama da manutenção pós-Revolução Industrial, assim como o conceito de *MRO* e a sua importância na indústria aeronáutica.

No quarto capítulo são explorados detalhadamente os [Workscope](#) do motor, explicados ao longo da dissertação e apresentados os fluxogramas para a desmontagem e montagem segundo estes. É apresentado o [Layout](#) da oficina, com descrições sobre quais os procedimentos realizados em cada uma das áreas ilustradas. Apresentam-se também as

movimentações, em piso de oficina, dos módulos e sub-módulos constituintes do motor, tanto no processo de remoção, desmontagem e reparação, assim como nos processos de montagem e instalação posteriores a estes.

O quinto capítulo trata do planeamento proposto para o aumento da capacidade de manutenção para *WIP10*. São calculadas as necessidades de ferramentas e um possível novo *layout* da oficina para acomodar este aumento, assim como são referidas as divisões de ferramentas em *Kits de Curta Duração (CD)* e *Kits de Longa Duração (LD)*.

No sexto capítulo são tiradas algumas conclusões acerca do trabalho realizado, assim como são sugeridas propostas de trabalhos futuros e outros aspetos relevantes à dissertação apresentada.

EMPRESA E OBJETO DE ESTUDO

2.1 Empresa

A TAP Air Portugal é uma companhia aérea portuguesa, criada a 14 de março de 1945, com o nome "Transportes Aéreos Portugueses". Está sediada em Lisboa (Figura 2.1) (Imobiliário 2022), no Aeroporto Humberto Delgado, tendo também um *Hub*, ou seja, classificado como um aeroporto com uma grande preponderância de voos operados como uma parte de uma rede essencialmente radial por um só operador (Button 2002). Dentro do grupo TAP, a *TAP Maintenance & Engineering* é a área que realiza a manutenção da frota (Engineering 2023) e de outras companhias aéreas.

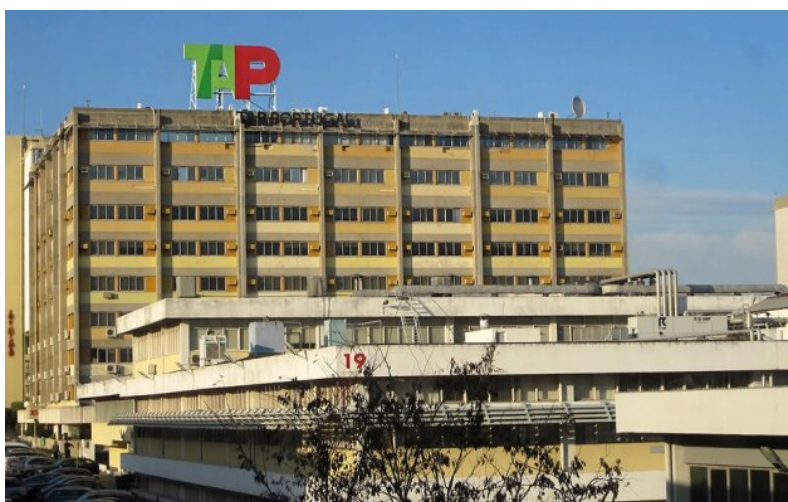


Figura 2.1: Sede da TAP Air Portugal, Lisboa

A TAP Maintenance and Engineering é a área em que esta dissertação foi realizada, mais propriamente na *Engine Shop*, a oficina que trata da manutenção dos motores da frota e de clientes externos.

2.2 Objeto de Estudo

2.2.1 Introdução

O objeto de estudo para esta dissertação é a manutenção executada sobre o motor *LEAP-1A*, exemplificado na Figura 2.2. Este foi desenvolvido pela empresa *CFM International*, uma *Joint Venture* entre a *SAFRAN* e a *General Electric (GE)*, para a produção dos motores das famílias CFM56 e LEAP-1X.

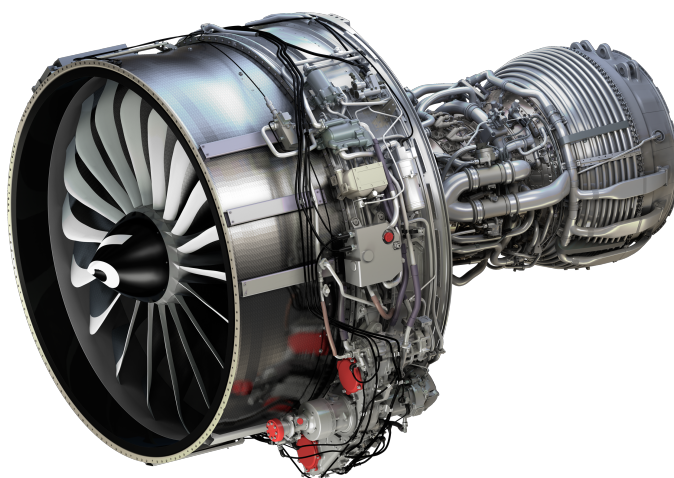
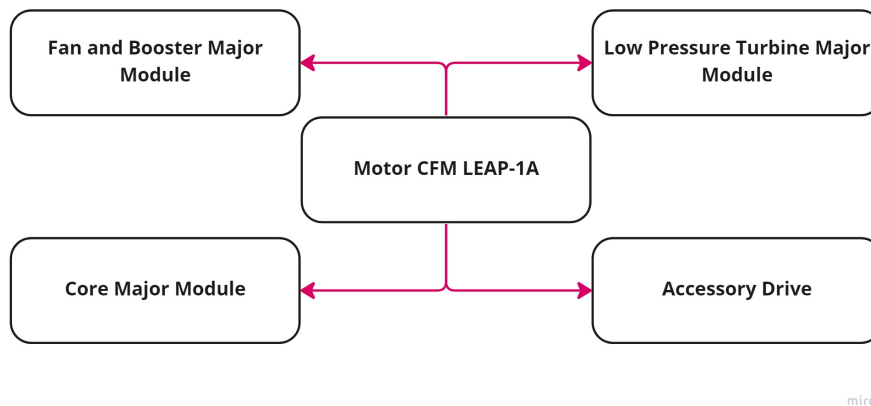


Figura 2.2: Motor *LEAP-1A*

O motor *LEAP-1A*, em operação desde 2016 nas aeronaves A320neo, é considerado uma evolução natural dos motores *CFM56*, apresentando algumas diferenças essenciais para cumprir com as atualizações da lei do ruído e aumentar a eficiência do motor de modo a reduzir consumo de combustível e emissões produzidas na sua operação. Este cumpre com o Capítulo 14 - Redução do Ruído na Fonte, uma regra introduzida pela *ICAO - International Civil Aviation Organization*, uma agência especializada das Nações Unidas que regulamenta e fiscaliza o transporte aéreo de passageiros. Apresenta uma redução de até 50% nas emissões de óxidos de azoto (NOx) tendo em conta O *CAEP/6 Standard*, e uma redução de 15% no consumo de combustível face à família anterior de motores (Safran 2023). Todas as reduções apresentadas foram obtidas sem nenhum acréscimo monetário significativo no que toca à manutenção e construção destes, mantendo também a sua fiabilidade similar aos motores CFM56. Estas foram obtidas através de um maior *BYPASS RATIO* (aproximadamente 11:1) e de tecnologias acústicas avançadas, nomeadamente através do uso de *Nacelle* no revestimento do motor (International 2023).

Este motor foi primeiro projetado em 2011, sendo que o primeiro teste em banco de ensaios se deu em 2013. Foi depois certificado em 2015 e entrou em serviço em 2016 (International 2023). É composto por quatro módulos principais, como pode ser visto na Figura 2.3.

Figura 2.3: Grandes Módulos do Motor *LEAP-1A*

Cada uma destes grandes módulos apresenta características muito diferentes, apresentando vários sub-módulos na sua composição. As descrições destes encontram-se de seguida.

2.2.2 *Fan and Booster Major Module*

O *Fan and Booster Major Module* é um dos módulos principais que constituem o motor. Contém 18 pás feitas de um material compósito, com um bordo de ataque à base de titânio, e tem 78 polegadas de diâmetro (aproximadamente 1,98 metros). A Figura 2.4 é uma representação esquemática deste módulo. O fabricante designa o mesmo de MM01 (*Major Module 01*).

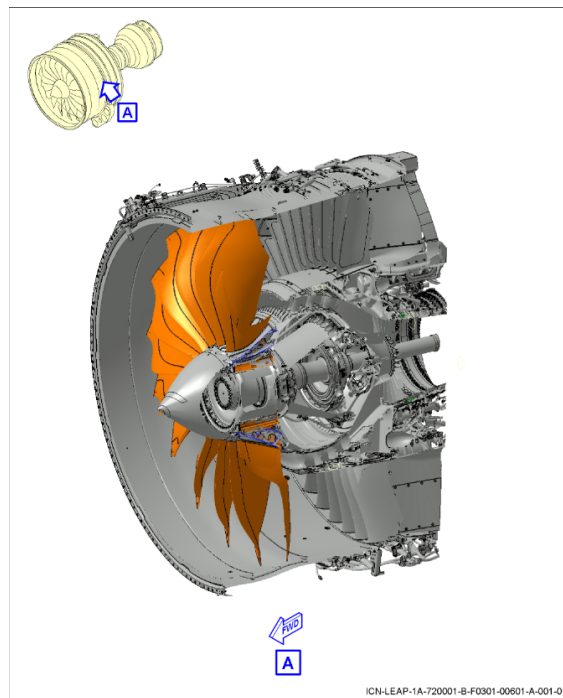


Figura 2.4: Módulo da *Fan and Booster*

Este módulo principal tem na sua constituição cinco sub-módulos, visíveis na Figura 2.5.

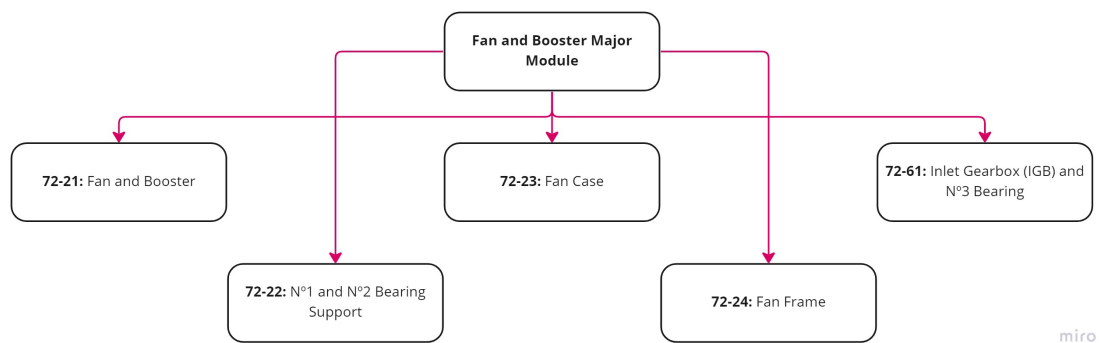


Figura 2.5: Sub-módulos do *Fan and Booster Major Module*

Os sub-módulos montam de uma maneira muito específica nos módulos principais. Como expectável, existe uma ordem de remoção e instalação que tem que ser cumprida, e que está representada no fluxograma da Figura 2.6.

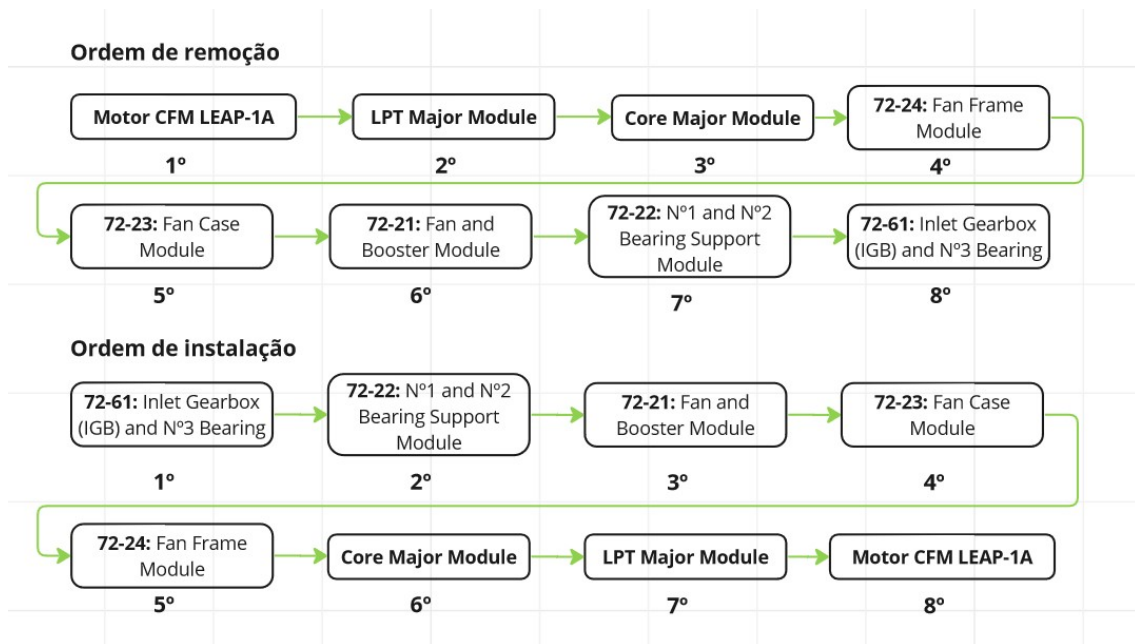


Figura 2.6: Ordens de Remoção e de Instalação dos Componentes do *Fan Major Module*

2.2.3 Core Major Module

O *Core Major Module* é a secção do motor que contém todos os componentes vitais à compressão e combustão do ar que entra no motor, nomeadamente os compressores de baixa e alta pressão, assim como a câmara de combustão. Contém também uma fase para a expansão inicial da mistura de ar e combustível que sai da câmara de combustão, a turbina de alta pressão, sendo que se encontram no módulo principal da *Low Pressure Turbine* que vai ser descrito de seguida.

A Figura 2.7 contém um corte longitudinal dos componentes do *Core Engine*, sendo este também referido pelo fabricante como MM02 (*Major Module 02*).

Visto este módulo principal ter as funções acima descritas, seria de esperar um grande número de sub-módulos na sua constituição. Os nove sub-módulos que o compõem encontram-se representados no esquema da Figura 2.8.

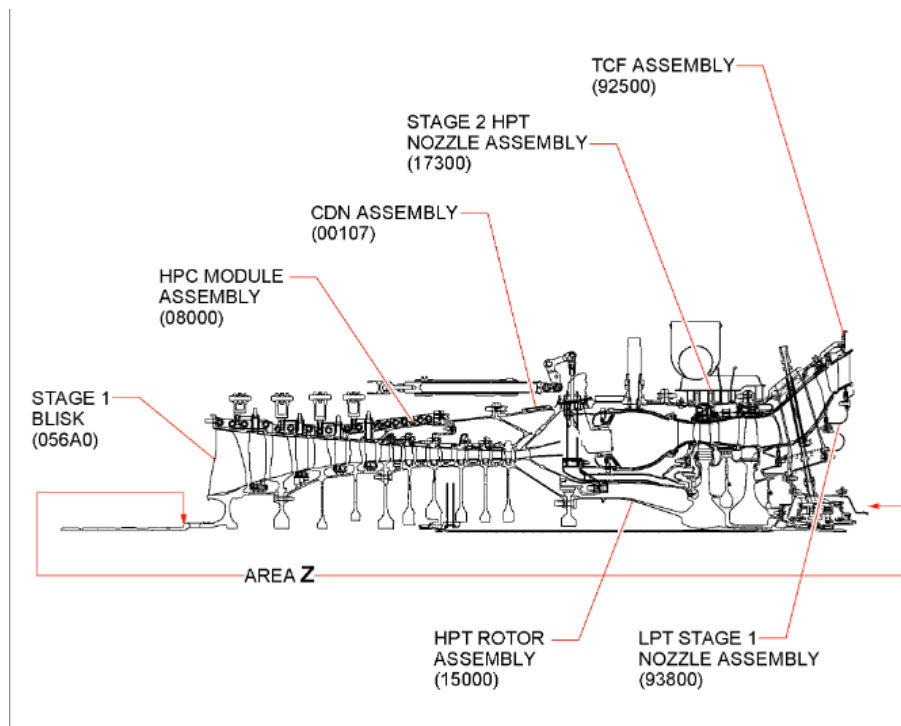


Figura 2.7: Módulo do *Core Engine*

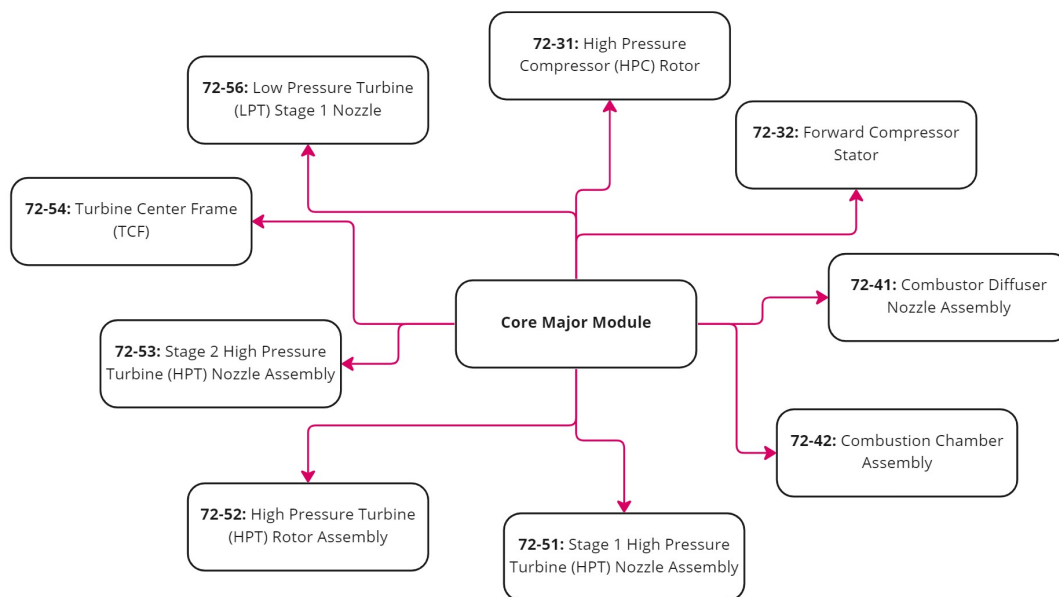


Figura 2.8: Sub-módulos do *Core Major Module*

Para executar manutenção nos componentes deste módulo, vai ser necessário remover sequencialmente os sub-módulos que o constituem. As ordens de remoção e de instalação são as que se apresentam nos fluxogramas da Figura 2.9.

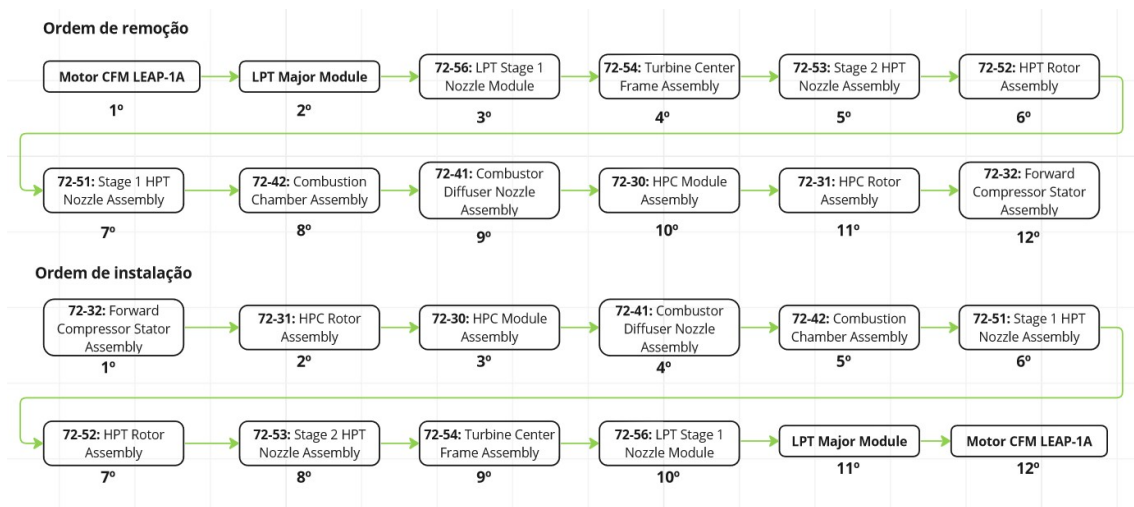


Figura 2.9: Ordens de Remoção e de Instalação dos Componentes do *Core Major Module*

2.2.4 Low Pressure Turbine (LPT) Major Module

O *Low Pressure Turbine Major Module*, daqui para a frente referido como *LPT Major Module* para facilitar a leitura, é a secção do motor que contém a turbina de baixa pressão, a carcaça da turbina e o eixo do motor, que atravessa o *Core Engine* e liga com o *Fan and Booster Major Module*. Como tal, este módulo principal, com a designação de MM03 (*Major Module 03*), costuma ser o primeiro a ser removido, para possibilitar o acesso aos restantes componentes. A Figura 2.10 serve como apoio visual ao que foi descrito.

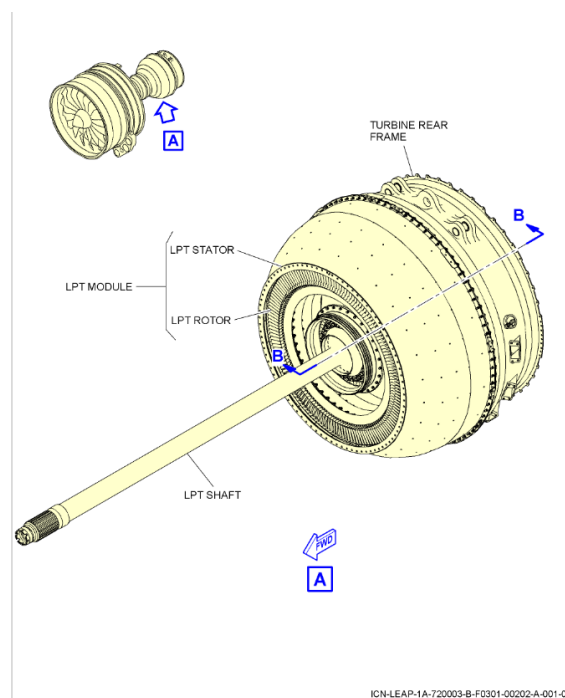


Figura 2.10: Módulo da *Low Pressure Turbine (LPT)*

Este módulo é constituído apenas por três sub-módulos, encontrando-se estes indicados na Figura 2.11.

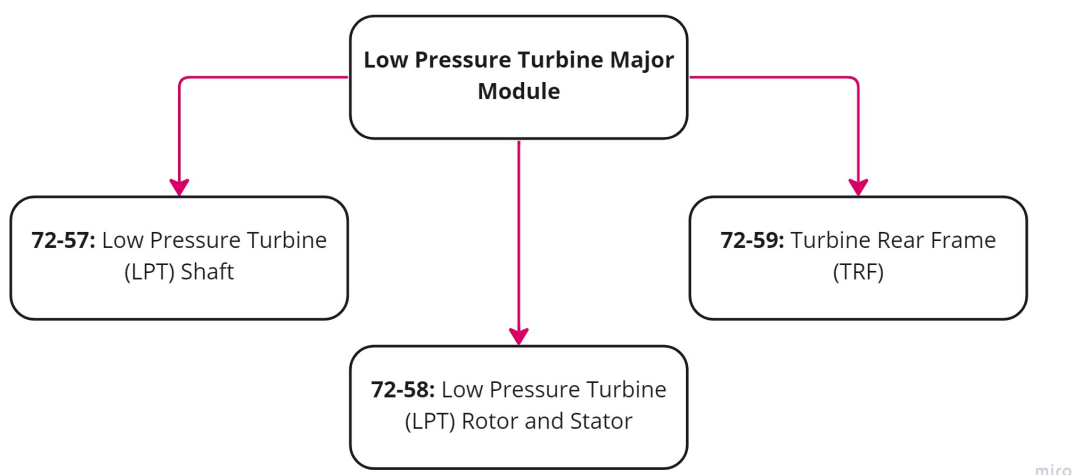


Figura 2.11: Sub-módulos da *LPT Major Module*

As ordens de remoção e de instalação para a intervenção neste módulo estão descritas nos fluxogramas presentes na Figura 2.12.

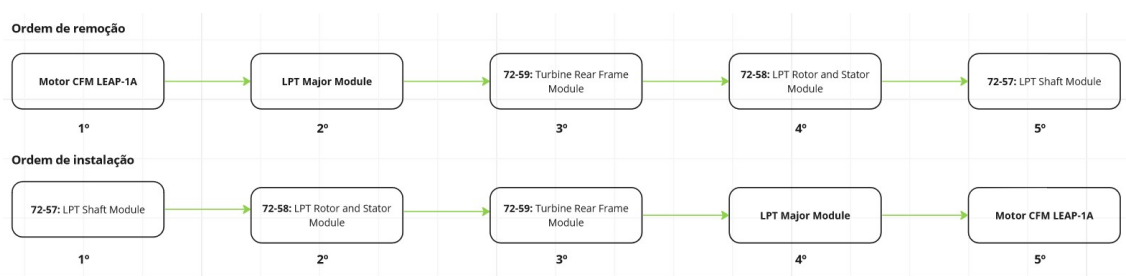


Figura 2.12: Ordens de Remoção e de Instalação dos Componentes do *LPT Major Module*

2.2.5 Accessory Drive Major Module

O *Accessory Drive Major Module* contém as caixas de acessórios, que controlam a transferência de potência para o veio do motor. Esta última liga diretamente ao MM01, mais propriamente à caixa de acessórios de admissão que se situa neste módulo principal. A descrição visual deste módulo está presente na Figura 2.13.

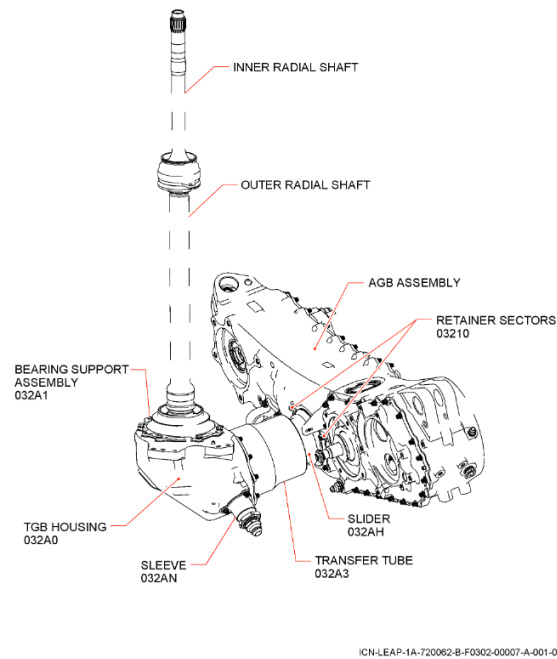
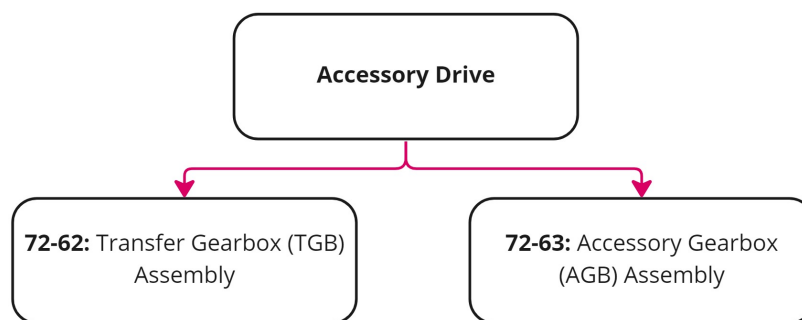


Figura 2.13: Módulo do *Accessory Drive*

O módulo da *Accessory Drive* é constituído pelo dois sub-módulos já referidos, representados na Figura 2.14.



miro

Figura 2.14: Sub-módulos do *Accessory Drive Major Module*

As suas ordens de remoção e instalação para sofrer intervenção nos seus componentes fazem-se segundo os fluxogramas apresentados na Figura 2.15.

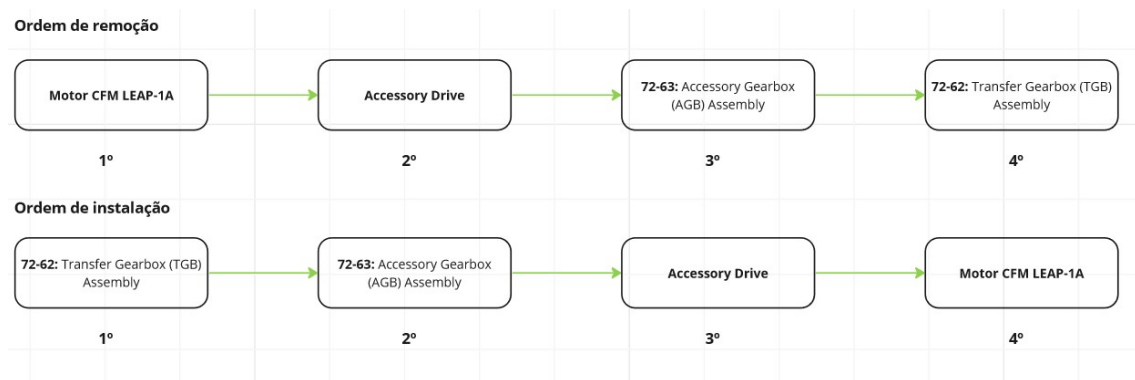


Figura 2.15: Ordens de Remoção e de Instalação dos Componentes do *Accessory Drive Major Module*

2.3 Funcionamento do Motor

O princípio de funcionamento de um motor de avião assenta na 3ª Lei de Newton. A força propulsora criada pelo motor advém de uma massa de ar que sai da exaustão deste, a uma determinada velocidade, impulsionando a aeronave na direção contrária. Existem quatro tipos de motor que podem dar uso a este fenómeno: *Motor Turbojet*, *Motor Turbofan*, *Motor Turboprop* e *Motor Turboshaft*.

O motor *turbojet* produz uma velocidade linear muito elevada com uma massa de ar relativamente baixa. Um *turbofan* produz menos velocidade com uma massa de ar maior. Este fenómeno é confirmado quando se faz o comparativo entre motores *turbojet* com diferentes níveis de ar a passar pela conduta exterior do motor, chamado de *bypass*, sendo que este valor corresponde a cerca de 70% no caso dos motores referidos. Esta grande massa de ar providencia o impulso necessário à aeronave para a sua deslocação (Soares 2008). Na Figura 2.16, é possível ver as curvas de eficiência relativas à velocidade atingida por diferentes configurações de motores *turbojet* e pelo motor *turboprop*.

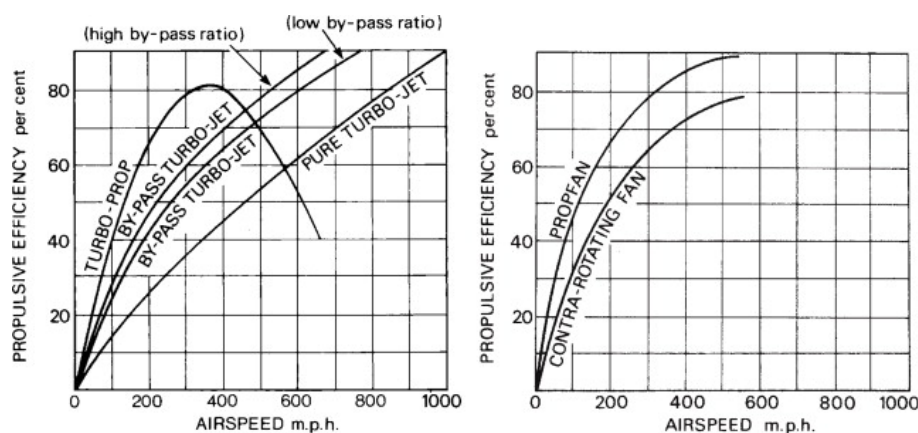


Figura 2.16: Curvas de Eficiência de Motores do tipo *Turbojet* e *Turboprop*

O motor *turboprop* é um motor utilizado, maioritariamente, para baixas velocidades.

Este consegue acelerar muito rapidamente a massa de ar que passa por este, mas tem limitações muito significativas devido à hélice que a constitui. Se as pontas da hélice ultrapassarem a velocidade do som, vai causar extrema instabilidade e leva a perdas muito grandes de eficiência na sua operação, como se pode verificar na Figura 2.16.

O motor *turboshaft* tem na sua essência o mesmo princípio de funcionamento do motor jato já referido, sendo que foi otimizado para produzir potência para transmitir a um veio, em vez de produzir impulsão. Este tipo de motor é mais utilizado em aplicações que necessitem de um motor mais compacto, leve, mas potente, como por exemplo em helicópteros (Skybrary 2023). As unidades de potência auxiliares (*APU - Auxiliary Power Unit*) são uma aplicação particular de um motor *turboshaft*, visto poderem fornecerem potência a um veio em algumas aplicações, enquanto que noutras podem fornecer energia elétrica ou até pneumática, dependendo do tipo de *APU* instalado na aeronave.

Por fim, o motor *turbofan*, que é o tipo de motor mais utilizado para a aviação comercial e privada, é um motor turbina de gás que tem um fluxo de ar, *bypass*, mais elevado. Passa pelas pás da *Fan*, depois pelas *Outlet Guide Vanes (OGV)* e, por fim, evacua o motor por não ser mais utilizado. Este constitui cerca de 70 a 80% na maioria dos motores deste tipo, sendo que os restantes 20 a 30% constituem o fluxo primário de ar a passar pelo motor. Este fluxo entra pelo motor e passa, primeiramente, pelo compressor de baixa pressão (*Low Pressure Compressor, LPC*) também designado por *Booster*. Passa, depois, pelo compressor de alta pressão (*High Pressure Compressor, HPC*), onde o fluxo de ar ativa este compressor e vai, como indica o nome, comprimir o fluxo de ar antes de entrar na câmara de combustão. Aqui, o ar comprimido vai ser misturado com a quantidade exata de combustível necessária para que ocorra combustão e a mistura de combustível e ar saia para expandir nas turbinas de alta (*High Pressure Turbine, HPT*) e depois baixa pressão (*Low Pressure Turbine, LPT*), resultando esta expansão numa baixa abrupta de pressão. Por fim, os gases resultantes deste processo são expelidos por uma saída de exaustão convergente, que faz com que estes aumentem a sua velocidade linear (Ackert 2011). Esta nomenclatura e este processo são apresentados na Figura 2.17.

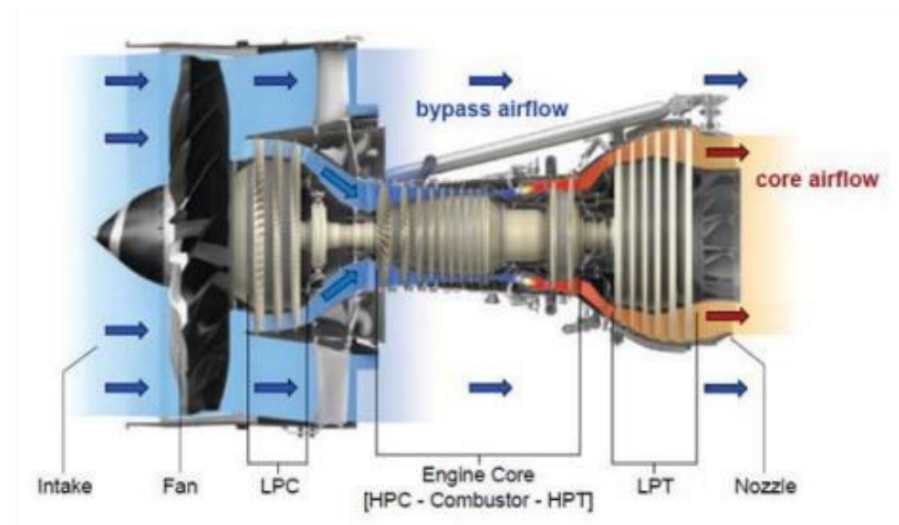


Figura 2.17: Esquema do Motor Turbofan e do Fluxo de Ar *Bypass*

PLANEAMENTO E MANUTENÇÃO

3.1 Introdução

Este capítulo descreve os principais constituintes desta dissertação. É descrito o processo de planeamento, de manutenção, os respetivos tipos existentes e os desafios apresentados nestas áreas. É também abordada a conjugação destes dois tópicos à luz dos conteúdos pertinentes à dissertação.

3.2 Planeamento

A parte do planeamento é essencial na fase inicial de qualquer projeto de Engenharia. É o que assegura o cumprimento do projeto no tempo suposto, dentro do orçamento alocado a este, cumprindo com os requisitos da qualidade que lhe são exigidos.

O planeamento tem de ser dividido em tarefas mais concisas, com maior facilidade de execução, sendo necessário um plano para cada uma das tarefas definidas e para a interligação destas. O planeamento também passa pela identificação e avaliação dos riscos associados a este, com o desenvolvimento de planos de contingência e de mitigação dos mesmos.

Existem, aliados ao planeamento, benefícios do mesmo e desafios a serem ultrapassados nesta fase do projeto, cabendo ao projetista fazer o equilíbrio entre estes dois de modo a ser realista na sua interpretação e tirar o máximo benefício para o cliente.

Alguns dos benefícios passam pelo aumento da eficiência, com o melhor uso dos recursos à disposição do projeto; pela redução do risco identificado e, posteriormente, mitigado; pela melhoria da qualidade do projeto inerente ao processo de planeamento detalhado; e pela maior satisfação do cliente por haver uma maior preocupação em incluir as necessidades deste na fase inicial do projeto, e não apenas numa fase mais avançada.

Os problemas inerentes a um planeamento baseiam-se na complexidade do projeto em mãos, sendo muito difícil prever todos os cenários passíveis de serem realidade no decorrer do projeto. Também têm uma componente de incerteza e de mudança, sendo que há a possibilidade de haver muitas mudanças em vários setores que afetariam diretamente o

projeto (inflação nos custos de matéria-prima e serviços, indisponibilidade de mão-de-obra qualificada, entre outros).

De modo a conseguir ultrapassar estes desafios, há uma necessidade de flexibilidade e adaptabilidade do projetista, assim como na compartimentação do planeamento e divisão em tarefas menos abrangentes. É necessário desenvolver planos de contingência para cenários menos positivos e, acima de tudo, vontade para alterar o planeamento consoante as necessidades e constrangimentos que se apresentam ao longo do tempo.

3.3 Gestão da Manutenção

3.3.1 Histórico da Manutenção

A manutenção sempre fez parte da operação de máquinas desde antes da Revolução Industrial, cerca de 1750, em que carpinteiros, ferreiros, tanoeiros, pedreiros, etc. é que reparavam os edifícios, máquinas primitivas e veículos existentes à data (Sherwin 2000). Estes profissionais das suas áreas concediam maior importância à reparação e substituição de peças danificadas por outras mais resistentes, em vez de descartarem os objetos inoperacionais por completo e fazer de novo. Estas mudanças de peças, se tivessem sucesso na sua função, eram, então, incorporadas nas novas máquinas que fizessem daí em diante.

A evolução da manutenção deu-se por tentativa e erro, ao longo dos tempos. Os técnicos de manutenção passaram de ter mestria sobre as máquinas que mantinham, a ficarem desatualizados e assoberbados com tanta informação necessária à manutenção de uma só máquina. Daí surge a necessidade de manuais de manutenção das máquinas, com a inclusão de diagramas para a remoção e instalação de peças nas máquinas, *P/N - Part Number* de cada peça que a constitui, tempos sugeridos para cada operação, entre outros conteúdos essenciais aos manuais hoje em dia.

Com o surgimento dos sistemas de informação, foi aliado o processo de planeamento e gestão da manutenção a novas maneiras de conseguir realizar alterações na manutenção de maneira mais dinâmica, rápida e correta.

3.3.2 Tipos de Manutenção

A linha cronológica da manutenção passa, portanto, por quatro "gerações" diferentes (Moubray 2000).

A primeira geração baseou-se na manutenção corretiva, no sentido de reparar o que estivesse quebrado nas máquinas que sofriam manutenção. Até cerca de 1950, este era o principal tipo de manutenção.

A segunda geração, cujo término se acercou mais à década de 1990, introduziu o conceito de manutenção preventiva, com manutenções a serem realizadas antes que houvesse uma falha crítica num qualquer componente para evitar quebra de produção.

Isto levou a que existisse um aumento no tempo de vida das máquinas, a um custo menor, e com uma maior disponibilidade na fábrica.

Já a terceira geração veio com uma mudança de paradigma social e uma maior consciencialização dos processos fabris e do desperdício produzido por estes. Foi introduzida a manutenção preditiva, como um meio de acompanhar o desgaste das máquinas e construir previsões de falhas com base em padrões e tendências. Com a junção destes três tipos de manutenção, foi possível uma significativa redução de custos e uma maior fiabilidade das máquinas, assim como uma maior segurança no uso destas e um menor impacto no meio ambiente.

Na primeira década deste milénio, foi introduzido o conceito de manutenção centrada na fiabilidade das máquinas, *RCM - Reliability-Centered Maintenance*. O foco da RCM é assegurar que um certo ativo continue a servir a sua função no seu contexto operacional, ao identificar qual a sua função principal e modos de falha mais comuns, dando principal foco aos últimos (Geisbush 2023). Curiosamente para o contexto desta dissertação, este método de previsão de falhas já era utilizado na manutenção aeronáutica desde 1960, sendo posteriormente adaptado para o contexto fabril e outras indústrias de diferentes áreas.

3.3.3 Essenciais de MRO

O conceito de *MRO - Maintenance, Repair and Overhaul* está intrinsecamente ligado à manutenção aeronáutica, traduzindo-se de maneira literal para manutenção, reparação e revisão total. Pode ser definido como o conjunto de ações que têm como objetivo manter ou restaurar um componente de modo a que possa executar a sua função projetada, sendo que estas são uma combinação de ações do foro administrativo, da gestão e da supervisão, com ações do foro técnico (EFNMS 2013). A importância de *MRO* apoia-se no facto de constituir cerca de 12 a 15% dos custos operacionais de uma linha aérea (IATA, 2008), sendo que a manutenção tendo em conta um tempo de vida útil da aeronave de 30 anos ou mais, é mais lucrativa na indústria do que a própria venda das aeronaves e componentes constituintes destas (CIMData 2002).

A TAP Air Portugal dispõe de uma secção intitulada de *TAP Maintenance & Engineering*, que providencia todos os serviços de *MRO* necessários à manutenção aeronáutica, sendo que existe uma separação entre as oficinas que fazem manutenção dos vários componentes (a oficina de motores é o exemplo de objeto de estudo desta dissertação). Este é apenas um dos modelos utilizados a nível de estabelecimento de *MROs*, sendo que existem muitas empresas *Spin-off* destas linhas aéreas que operam com uma atividade separada da empresa da qual originaram (Carpenter e Henderson 2008).

Em termos de manutenção de aeronaves, esta pode ser dividida entre manutenção programada e manutenção não-programada. A manutenção programada é uma medida de ação preventiva para assegurar que um produto funciona de maneira correta entre intervalos pré-definidos. Na manutenção de aeronaves, alguns exemplos de manutenção

programada incluem inspeções de rotina e detalhadas chamadas de *transit*, 48h, *checks* A, B, C e D, todas estas detalhadas na Tabela 3.1. A manutenção não-programada não é prevista, apenas acontece quando o produto deixa de funcionar por alguma razão (Kinnison 2012).

Tabela 3.1: Manutenção Programada Detalhada

Manut.	Check	Quando (média)	Descrição	Exemplos
Linha	<i>Transit</i> , <i>daily</i> ou <i>48h</i>	Após cada aterragem ou quando a aeronave está no solo há mais de 4 horas.	Normalmente inclui uma inspeção visual da aeronave para verificar danos ou deterioração.	Verificar níveis de fluidos e equipamento de emergência, inspecionar rodas e travões.
Linha	A	500 Horas Voo ou 2 meses	Realizada numa estação de manutenção designada e inclui a abertura de painéis de acesso para verificação e manutenção de determinados componentes. Necessárias algumas ferramentas, processos de manutenção e equipamento de teste específicos.	Inspeção visual geral da aeronave para verificar danos mais evidentes, deformação, corrosão e componentes em falta; verificação da pressão do sistema de oxigenação da tripulação; verificação operacional das luzes de emergência; lubrificação do atuador que retrai o trem dianteiro; verificação do acumulador de pressão do travão de estacionamento; executar teste <i>BITE</i> (<i>Built-in Test Equipment</i>) da Unidade de Eletrónicos dos <i>Flap/Slat</i> .

Linha	B	1100 Horas Voo	Este é um <i>check</i> um pouco mais detalhado de sistemas e componentes. Podem ser necessários equipamentos e procedimentos específicos à função. Não envolve remoção ou desmontagem detalhadas de componentes.	Exemplos na linha dos vistos anteriormente, com um pouco mais de detalhe.
Base	C	Após 4000 Horas Voo ou 20 meses	Este é um <i>check</i> mais exaustivo de sistemas individuais e de componentes ao estado de manutenção e função. Exige uma inspeção visual de áreas específicas, componentes e sistemas minuciosa, assim como verificações operacionais ou funcionais. É uma verificação de nível elevado que necessita de ferramentas, capacidades de manutenção e equipamentos de teste específicos. Os <i>C Checks</i> retiram o avião do ativo por 3 a 5 dias úteis. Inclui também os <i>checks</i> de níveis abaixo (A, B e <i>Daily</i>).	Verificação visual dos instrumentos de escapatória do <i>cockpit</i> , para a sua condição e segurança; verificar a operacionalidade da unidade de controlo do <i>DC bus tie</i> ; verificar visualmente a condição dos selos das portas; verificar operacionalmente o sistema de assimetria dos <i>flaps</i> ; verificar queda de pressão da cobertura das linhas de combustível do <i>APU</i> (<i>Auxiliary Power Unit</i>); inspecionar as condutas de entrada do motor por fissuras.
-	D/HMV (Heavy Maintenance Visit)	25000 Horas Voo ou 6 anos	Inspeção estrutural. É uma inspeção intensa da estrutura à presença de corrosão, deformação estrutural, fissuração, e outros sinais de deterioração ou tensão que envolvam remoção extensiva para conseguir aceder. Este <i>check</i> inclui todos os anteriores. Remove a aeronave de circulação por 20 ou mais dias.	Inspecionar os rebites da estrutura; inspecionar as vigas estruturais do chão do avião; inspeção detalhada da estrutura das asas.

A Tabela 3.1 descreve os tipos de manutenção existentes para as aeronaves no seu todo, o que inclui também intervenções nos motores de acordo com o *check* que o avião

realiza. Em caso de *bird strikes*, incêndio de componentes ou falha do *software*/estrutural do motor, este ficará imobilizado para reparação durante um período de tempo que pode superar o da intervenção na aeronave que equipa.

Vale a pena também definir quais os dois principais tipos de reparação, pois é uma das partes integrantes do processo de manutenção nas *MROs*. A reparação é dividida em diferentes partes (Bureau 2010):

1. Reparações estruturais em aeronaves que tenham sofrido danos na sua estrutura principal (fuselagem, longarinas, divisórias, etc.). Estes danos podem ser causados por equipamentos de suporte em terra e equipamentos de manutenção, mas também pode ter causas naturais como impacto de aves e descargas elétricas na fuselagem/motores.
2. Reparações em componentes, que podem variar desde uma simples reparação a um *Overhaul* completo deste. Os componentes que não apresentam capacidade para a sua função são substituídos nas aeronaves, sendo posteriormente reparados já fora de operação.

PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DO MOTOR E ESPAÇOS DE TRABALHO

4.1 Processos de Manutenção do Motor

4.1.1 Descrição de Trabalhos no Motor

Ao entrar em serviço, o motor vai ser intervencionado de acordo com um *workscope*, que é uma série de trabalhos pré-definidos em áreas específicas, levados a cabo por vários Técnicos de Manutenção Aeronáutica, daqui em diante denominados pela sigla TMA. Nestes serão determinadas as necessidades de substituição ou reparação de determinados componentes, assim como se procede à substituição de componentes com tempo de vida limitado (*LLP - Life Limited Parts*).

Existe um grande número de trabalhos a serem realizados no motor, que podem passar desde uma reparação mínima às caixas de acessórios, até à desmontagem até *Piece Part Level, PPL*, reparação de todos os componentes do motor e substituição de todas as peças *LLP* para o maior nível de intervenção possível. Os trabalhos realizados no motor preveem vários níveis de intervenção, que são determinados tanto pelo cliente que pede um determinado trabalho para o motor que é entregue à oficina, tanto pelos engenheiros da *TAP Maintenance Engineering*, no caso de motores de aviões da própria companhia.

4.1.2 Níveis de Intervenção

O nível 1 de intervenção é designado de *Minimum Workscope*, e prevê apenas uma inspeção visual e limpeza dos componentes que estão no processo de intervenção.

O nível 2 de intervenção é realizado em adição ao nível 1, em casos em que a causa da visita à oficina não é clara e é necessária a determinação e consequente reparação/substituição de algum componente que esteja a causar problemas operacionais. Este preconiza trabalho muito específico sem a necessidade de desmontagem total do componente. Alguns exemplos de procedimentos passam por casos de fugas de óleo, peças fraturadas, queimaduras na câmara de combustão, entre outros.

Onível 3 de intervenção é o mais elevado, designado de *Performance/Full Overhaul*. Neste nível, os sub-módulos que estejam incluídos nos trabalhos do *workscope* são totalmente retirados do *assembly* do motor e desmontados até *Piece Part Level*, ou seja, em cada uma das peças individuais que o constituem. São avaliadas todas as peças e são substituídas as *LLP* se o número de ciclos que apresentam se aproxima do limite da sua vida útil.

4.1.3 *Workscopes* do Motor

Os *workscopes* do motor utilizados na realização desta dissertação guiam-se pelos apresentados no manual do motor, e encontram-se de seguida. No entanto, há mais *workscopes* para além destes, alguns vindos de diretivas para alguns problemas crónicos do motor, outros vindos de uma junção de dois ou mais *workscopes* descritos.

- *HPT Module Repair* - Trabalhos relativos à reparação do módulo da turbina de alta pressão, prevendo a remoção do módulo principal MM03 e desmontagem parcial do módulo principal MM02.
- *Hot Section (CC+HPT) Repair* - Trabalhos relativos à reparação da *Hot Section*, a secção do motor que lida com altas temperaturas, constituída por turbina de alta pressão e câmara de combustão.
- *Core Engine minus LPT Stg. 1 Nozzle* - Trabalhos relativos à reparação de todos os constituintes do *core* do motor, à exceção do *nozzle* do primeiro andar da turbina de baixa pressão.
- *Complete Core Engine* - Trabalhos relativos à reparação de todos os constituintes do *core* do motor. Nenhuma intervenção nos módulos principais MM03 e MM01
- *Core Engine with all Core LLP minus LPT Stg. 1 Nozzle* - Trabalhos relativos à reparação de todos os constituintes do *core* do motor, à exceção do *nozzle* do primeiro andar da turbina de baixa pressão. Todos os componentes com tempos de vida limitados (*LLP*) são avaliados e substituídos.
- *Complete Core Engine with all Core LLP* - Trabalhos relativos à reparação de todos os constituintes do *core* do motor. Todos os componentes com tempos de vida limitados (*LLP*) são avaliados e substituídos.
- *Core Engine minus LPT Stg. 1 Nozzle + Booster* - Trabalhos relativos à reparação de todos os constituintes do *core* do motor, à exceção do *nozzle* do primeiro andar da turbina de baixa pressão, e com a inclusão da reparação do *Booster*, outra designação do compressor de baixa pressão.
- *Complete Core + Booster* - Trabalhos relativos à reparação de todos os constituintes do *core* do motor, com a inclusão da reparação do *Booster*.

- *Complete Core + Low Pressure Modules LLP* - Trabalhos relativos à reparação de todos os constituintes do *core* do motor e dos módulos de baixa pressão presentes no módulo principal MM03. É prevista a substituição de todas as peças *LLP*.
- *Engine Full Overhaul with Full LLP* - Trabalhos referentes à desmontagem até *PPL* e consequente reparação de todos os componentes do motor, com substituição de todas as peças *LLP*.
- *Low Pressure Modules Overhaul with LLP* - Trabalhos referentes à desmontagem até *PPL* e consequente reparação dos módulos de baixa pressão, com substituição de todas as peças *LLP*.
- *Booster Module Repair* - Trabalhos referentes à reparação do *Booster*, sem retirada dos outros módulos principais e apenas prevendo desmontagem parcial do MM01.
- *LPT Module Repair* - Trabalhos referentes à reparação do módulo principal MM03, do qual faz parte a turbina de baixa pressão.
- *Accessory Gearbox (AGB) Repair* - Trabalhos referentes à reparação da caixa de velocidades acessória. Pode ser desmontada por completo ou apenas reparar algum componente.
- *Transfer Gearbox (TGB) Repair* - Trabalhos referentes à reparação da caixa de velocidades de transferência. Pode ser desmontada por completo ou apenas reparar algum componente.

4.2 Espaços de Trabalho

4.2.1 Visão Geral da Oficina

A remoção/instalação dos módulos e sub-módulos que constituem o motor, assim como a desmontagem e montagem dos componentes que constituem os sub-módulos, são realizados em áreas diferentes da oficina, devidamente separadas e a trabalhar em coordenação para assegurar uma visita do motor à oficina o mais completa e expedita possível. De seguida será feita uma descrição mais detalhada acerca das áreas existentes na oficina e quais os trabalhos realizados em cada uma.

A Figura 4.1 permite visualizar as áreas que vão ser descritas nos subcapítulos seguintes.

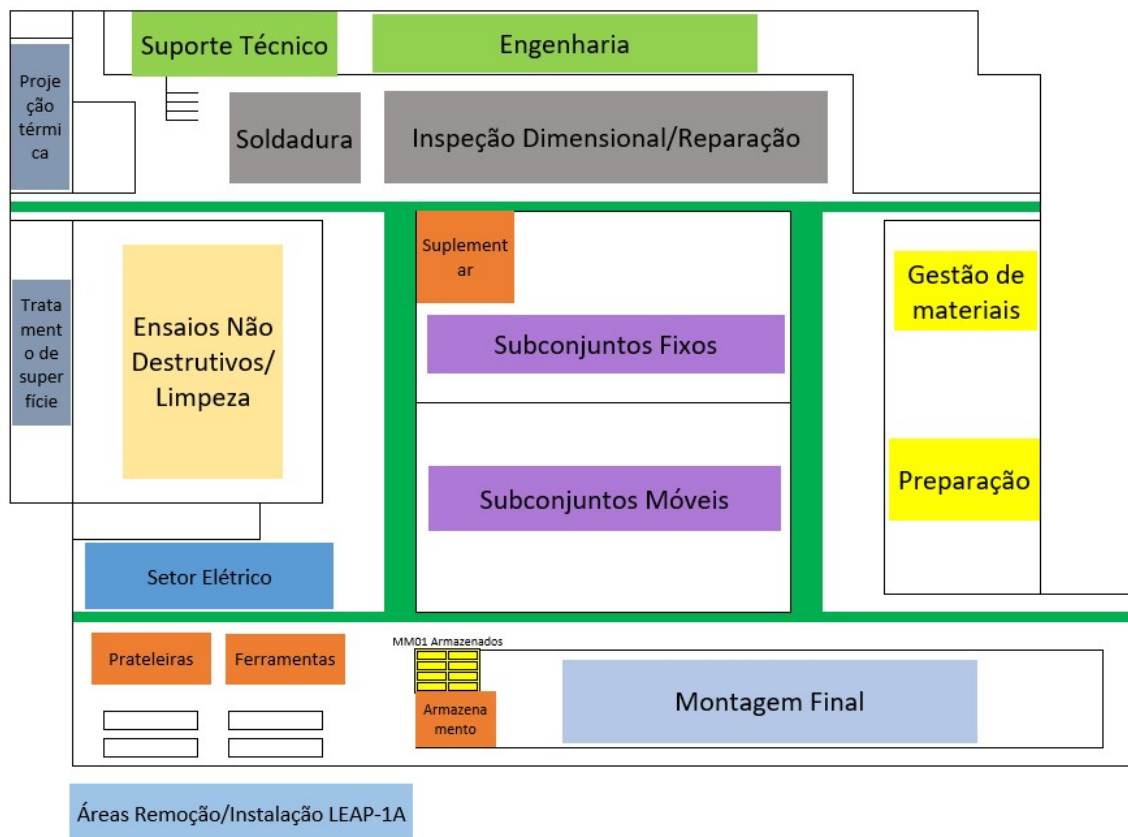


Figura 4.1: *Layout* da Oficina de Motores

A verde estão sinalizados os corredores de circulação, sendo que as saídas estão localizadas no fim de cada um dos corredores.

No piso inferior da oficina encontra-se a Área da Ferramentaria, acessível tanto por escadas como por um elevador de carga, situado entre as Áreas de Remoção/Instalação de LEAP-1A e as Áreas de Armazenamento contidas na montagem final.

4.2.2 Área da Montagem Final

A Área da Montagem Final é, como o nome indica, onde se executa a instalação de todos os módulos principais no *assembly* do motor. É a área com a maior extensão na oficina, pois muitas vezes acontecem atrasos na manutenção dos outros componentes e na montagem destes no *assembly* do motor. Serve também para armazenar módulos da *fan*, que ficam apoiados em pedestais, e motores que já estão prontos para sair mas que aguardam transporte. Na Figura 4.2 é possível ver uma representação da disposição geral desta área.



Figura 4.2: Área da Montagem Final

4.2.3 Área de Remoção/Instalação de *LEAP-1A*

A Área de Remoção/Instalação de *LEAP-1A* faz parte da Área da Montagem Final. Funciona tanto como receção de novos motores que entrem em oficina, como para a remoção e instalação de módulos principais, que depois saem para as outras áreas para serem desmontados nos respetivos sub-módulos e para sofrerem as intervenções previstas. Tem três zonas delineadas no solo, para as quais os motores são içados do seu transporte e pousados, sendo que todas as operações realizadas serão contidas nestes espaços, para evitar colocar outros intervenientes em perigo e impedir a livre circulação entre os espaços. Dispõe também de uma área adjacente, para a receção e armazenamento de ferramentas para este tipo de motor, e de uma zona de prateleiras, que serve o mesmo propósito. Na Figura 4.3 podem ser verificadas as áreas de remoção e instalação, assim como parte da área de armazenamento de ferramentas, que, ao momento da fotografia, encontrava-se vazia.



Figura 4.3: Área de Remoção/Instalação de LEAP-1A

4.2.4 Área dos Subconjuntos Fixos

A Área dos Subconjuntos Fixos recebe e realiza manutenção em todos os módulos e sub-módulos sem movimento axial/rotacional na sua génese. Estes incluem os módulos principais, assim como os sub-módulos que não contenham rotores ou estatores, como os das turbinas e compressores, ou que não contenham partes com função móvel, como as caixas de velocidades. Os módulos principais, denominados *MM* (*Major Modules*), que são desmontados/montados nesta área são: MM01, MM02, MM03. Os sub-módulos, denominados *SM* (*Submodules*), que são desmontados/montados nesta área são: SM59, SM56, SM54, SM53, SM51, SM42, SM41, SM30, SM24, SM23 e SM22. Os módulos e sub-módulos são desmontados nesta área e enviados para a área de reparação, caso seja necessário, sendo que voltam a esta área depois de reparados para serem montados ou para serem substituídas algumas das peças com tempo de vida limitado.

4.2.5 Área dos Subconjuntos Móveis

A Área dos Subconjuntos Móveis trata da manutenção dos sub-módulos compostos de partes móveis, tais como os compressores, turbinas e caixas de acessórios. Como tal, os sub-módulos que são intervencionados são os seguintes: SM58, SM57, SM52, SM32, SM31, SM21, SM61, SM62 e SM63. As intervenções nesta área são, em média, mais demoradas

relativamente à área dos subconjuntos fixos, muito devido à complexidade do processo de desmontagem e montagem, assim como outros processos associados à correta manutenção das partes móveis. Na Figura 4.4 estão representadas tanto a área referida neste sub-capítulo assim como a área do sub-capítulo anterior, visto apresentarem uma grande proximidade.



Figura 4.4: Área de Subconjuntos Móveis (mais perto) e Fixos (mais longe)

4.2.6 Área da Reparação

A Área da Reparação executa algumas das reparações mais simples dos componentes retirados do motor, sendo que as reparações mais substanciais são feitas noutra área fora da oficina de motores.

4.2.7 Área da Ferramentaria

A Área da Ferramentaria situa-se num piso abaixo do piso da oficina onde estão as restantes áreas, estendendo-se pela área da oficina quase na sua totalidade. Esta serve para armazenar todas as ferramentas específicas para remoção e instalação de componentes do motor, assim como outras menos volumosas, como por exemplo chaves de bocas, que não estão a ser utilizadas, de modo a não ocupar o piso da oficina desnecessariamente. Tem também uma secção de peças que saíram de circulação por se entrarem demasiado degradadas ou por terem chegado ao fim da sua vida útil prevista e uma secção que executa manutenção às máquinas de precisão e ferramentas que apresentem desgaste. Na Figura 4.5 está representada a área em si, sendo que os corredores de circulação de acesso a esta área, também dispõem de espaço para armazenamento de ferramentas de grandes

dimensões. O conjunto deste espaço com os corredores perfaz a totalidade da área da oficina.



Figura 4.5: Área da Ferramentaria

4.2.8 Outras Áreas

Existem muitas outras áreas, que não serão abordadas nesta dissertação devido à falta de histórico para este motor, mas que têm uma importância vital à operação da Oficina.

A Área de Pintura de Componentes recebe componentes que precisem de retoques no seu revestimento exterior.

A Área da Soldadura trata de analisar, reparar e/ou refazer soldaduras nos componentes do motor que o necessitem.

A Área da Inspeção Dimensional executa processos de medição e calibragem de vários componentes, como pás de rotor, que são esmerilados ou substituídos consoante estejam conforme com as dimensões preconizadas pelo manual.

A Área da Projeção Térmica executa processos de tratamentos térmicos, como o *plasma spray*, um processo de revestimento no qual se alimenta um jato de plasma a 10000K (cerca de 9727 graus Celsius) com um pó de revestimento, que é liquefeito e projetado para a superfície da peça, solidificando após o contacto e formando um revestimento formado de lamelas (Wang 2011).

A Área de Tratamentos de Superfície engloba tratamentos para a prevenção da corrosão, assim como confere uma maior durabilidade aos componentes em questão.

A Área de Gestão de Materiais e Preparação trata de coordenar com a oficina todas as chegadas de motores e componentes, de modo a evitar constrangimentos de espaço da oficina e a falta de algum material necessário à normal operação.

A Área de Suporte e Engenharia tem a função de prestar o suporte técnico necessário à linha de manutenção, na forma de encomenda de novas ferramentas, coordenação dos motores em oficina, entre outros procedimentos cruciais para o bom funcionamento da oficina.

4.3 Fluxos de Ações de Manutenção

Desde a chegada do motor à oficina até à sua saída, existe um trajeto muito específico tanto para todos os componentes que sofrem manutenção, como para os que são simplesmente removidos do motor à espera de serem instalados de novo neste.

Os fluxos de intervenção nos módulos, já em parte descritos no Capítulo 2, traduzem-se nas seguintes movimentações:

1. O motor é induzido em oficina pela porta adjacente à Área da Montagem Final e segue para a Área de Remoção/Instalação de *LEAP-1A*, de modo a removerem os módulos principais;
2. Os módulos principais *MM02* e *MM03* são encaminhados para as Áreas de Subconjuntos Móveis e Fixos, para serem removidos os sub-módulos que os constituem;
3. Os sub-módulos são desmontados nas Áreas de Subconjuntos Móveis e Fixos, de acordo com a sua afetação. Para a Área de Subconjuntos Móveis, são encaminhados alguns *SM* que têm o seu ciclo de intervenção nesta zona, enquanto que para a Área de Subconjuntos Fixos são encaminhados os restantes;
4. O módulo principal *MM01* permanece na Área da Montagem Final. Tanto pode ser desmontado nos seus constituintes, como pode ser armazenado por inteiro na mesma área;
5. Os componentes retirados dos sub-módulos são enviados para a Área da Limpeza, de modo a retirar quaisquer gorduras ou aparas metálicas que impeçam a manutenção destes;
6. Os componentes que necessitem são enviados para a Área da Reparação, de modo a sofrerem as intervenções previstas;
7. Os componentes são, posteriormente, enviados para as variadas áreas que necessitem de intervir nos componentes: Pintura, Inspeção Dimensional, Soldadura, Projeção Térmica, Ensaio Não Destrutivos, Tratamentos de Superfície, Limpeza;
8. Os componentes retornam às Áreas de Subconjuntos Móveis e Fixos para serem montados nos sub-módulos;
9. Os sub-módulos são instalados nos módulos principais nas Áreas de Subconjuntos Móveis e Fixos, consoante a sua afetação;

CAPÍTULO 4. PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DO MOTOR E ESPAÇOS DE TRABALHO

10. Os módulos principais são encaminhados para a Área da Montagem Final, de modo a serem instaladas no *assembly* do motor;
11. O *assembly* do motor completo é encaminhado para o camião de transporte pela porta adjacente à Área da Montagem Final.

Os fluxos acima referidos podem ser visualizados na Figura 4.6.

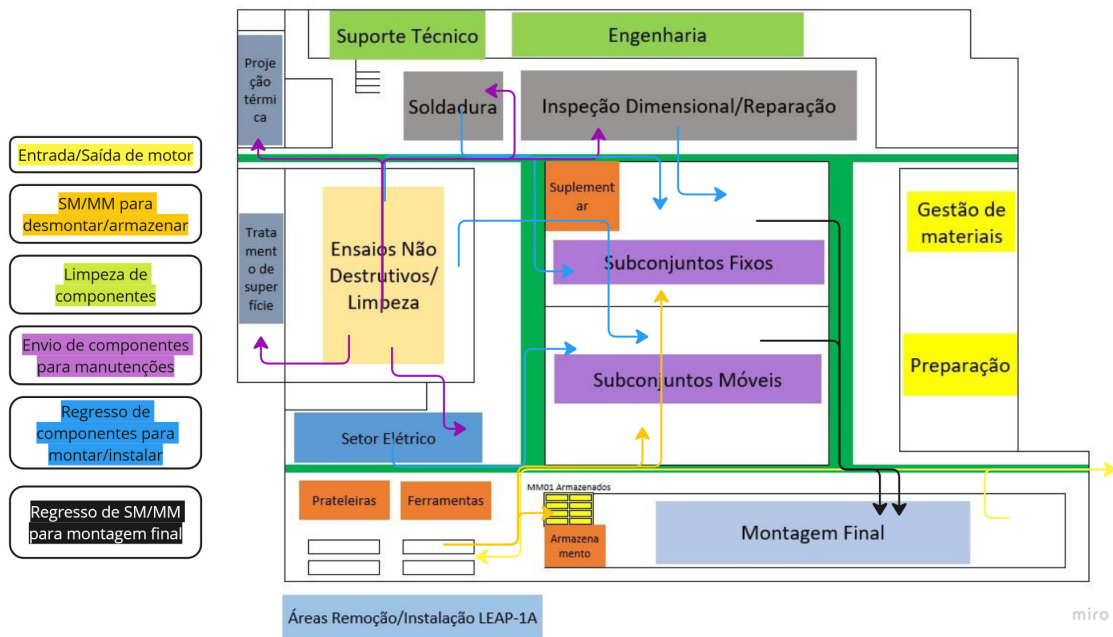


Figura 4.6: Fluxos de Trabalho no Piso de Oficina

A legenda da imagem encontra-se junto a esta. De notar que o esquema não conta com movimentações dentro da própria área e movimentações de pessoal de oficina, apenas dos módulos e sub-módulos que estão no processo de manutenção.

PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO DO MOTOR *LEAP-1A*

5.1 Considerações Iniciais

5.1.1 Introdução

Neste capítulo, são abordados os vários pontos que constituem o planeamento total da capacitação da oficina para a manutenção de dez motores em simultâneo. São considerados todos os pontos necessários ao bom funcionamento da oficina, tais como necessidades de recursos humanos, de ferramentas, a posição das áreas de trabalho e os fluxos de trabalho existentes.

Para executar os cálculos do número de Técnicos de Manutenção Aeronáutica (TMAs) e estudar as necessidades de ferramentas, a equipa de Engenharia forneceu as horas necessárias para a realização de cada uma das tarefas, sendo consequentemente retirados os valores para o número médio de TMAs necessário para cada área. Os *workflows* considerados para o cálculo de cada uma destas necessidades estão apresentados no sub-capítulos que se seguem ao atual.

5.1.2 Valores Considerados para Caso de Estudo

A atribuição de tempos aos trabalhos efetuados a nível de motor (remoções e instalações) e a nível de módulos (montagens e desmontagens) é o primeiro passo para a determinação dos tempos atribuídos a cada *workscape*.

O *workflow* relativo à determinação dos tempos de intervenção nos *workscopes* de motor é o que se verifica na Figura 5.1:

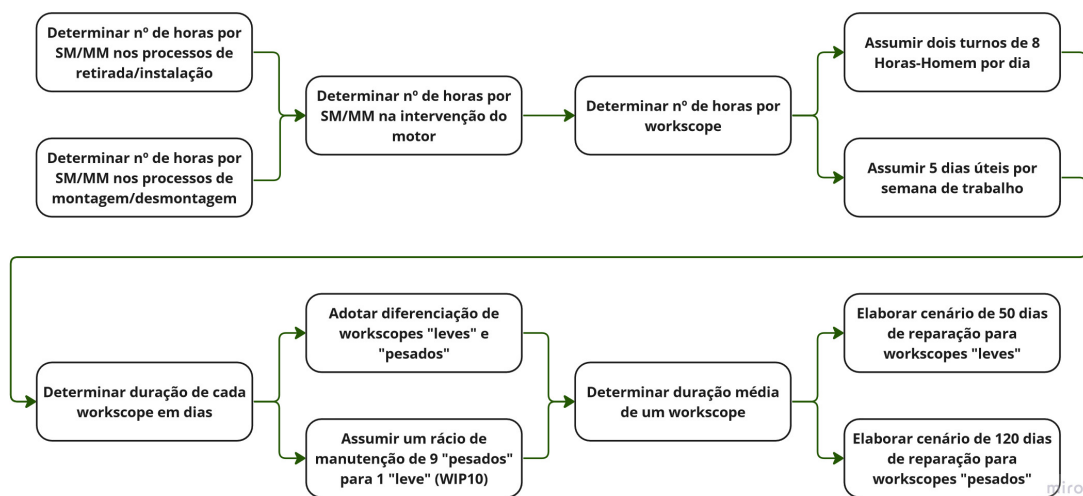


Figura 5.1: *Workflow* Referente à Fase de Definição do Caso de Estudo

São apresentados, na Tabela 5.1, os valores estimados pela equipa de Engenharia para o trabalho efetuado a nível do motor. De notar que estes valores foram atribuídos pela equipa de Engenharia a cada processo, tendo em consideração fatores de segurança entre 1,5 e 3. Os tempos e fatores de segurança foram ocultados desta dissertação por se tratarem de valores confidenciais.

Tabela 5.1: Valores Fornecidos para as Remoções e Instalações
ao Nível do Motor

Trabalho efetuado a nível do motor	Horas de trabalho	Número de TMA's
Inspeção c/ BSI	110	3
Remoção e Instalação de Componentes	-	-
Remoção e Instalação MM02	-	-
Remoção e Instalação MM03	-	-
Remoção e Instalação SM21	-	-
Remoção e Instalação SM22	-	-
Remoção e Instalação SM23	-	-
Remoção e Instalação SM61	-	-
Remoção e Instalação SM62	-	-
Remoção e Instalação SM63	-	-
Remoção e Instalação SM30	-	-
Remoção e Instalação SM32	-	-
Remoção e Instalação SM41	-	-
Remoção e Instalação SM42	-	-
Remoção e Instalação SM51	-	-
Remoção e Instalação SM52	-	-
Remoção e Instalação SM53	-	-
Remoção e Instalação SM54	-	-
Remoção e Instalação SM56	-	-
Remoção e Instalação SM57	-	-
Remoção e Instalação SM58	-	-
Remoção e Instalação SM59	-	-
Preparação para expedição/armazenamento	-	-

Na Tabela 5.2, apresenta-se o formato da tabela que contém os valores pertinentes aos trabalhos de montagem e desmontagem a nível modular. Os valores fornecidos foram, mais uma vez, ocultados da tabela, por questões de confidencialidade.

Tabela 5.2: Valores Fornecidos para a Montagem e Desmontagem a Nível Modular

Trabalho efetuado a nível modular	Horas Trabalho LVL.1	Número TMA's LVL.1	Horas Trabalho LVL.3	Número TMA's LVL.3
MM01	-	-	-	-
SM21 - Módulo <i>Fan and Booster</i>	-	-	-	-
SM21 - Pás da <i>Fan</i>	-	-	-	-
SM22 - Módulo de Suporte dos Rolamentos Nº1 e Nº2	-	-	-	-
SM23 - Módulo da <i>Fan Fase</i>	-	-	-	-
SM24 - Módulo da <i>Fan Frame</i>	-	-	-	-
SM61 - Módulo da <i>IGB</i> e do Rolamento Nº3	-	-	-	-
SM62 - Módulo da <i>TGB</i>	-	-	-	-
SM61 - Módulo da <i>AGB</i>	-	-	-	-
MM02	-	-	-	-
SM30 - Módulo do Compressor de Alta Pres- são (<i>HPC</i>)	-	-	-	-
SM31 - Módulo do Rotor do <i>HPC</i>	-	-	-	-
SM32 - Módulo do Estator Dianteiro do <i>HPC</i>	-	-	-	-
SM41 - Módulo do Bocal Difusor do Combus- tor	-	-	-	-
SM42 - Módulo da Câmara de Combustão	-	-	-	-
SM51 - Módulo do Bocal do 1º Andar (<i>Stg. 1</i>) da Turbina de Alta Pressão (<i>HPT</i>)	-	-	-	-
SM52 - Módulo do Rotor da <i>HPT</i>	-	-	-	-
SM53 - Módulo do Bocal do 2º Andar (<i>Stg.2</i>) da <i>HPT</i>	-	-	-	-
SM54 - Módulo da <i>Turbine Center Frame</i>	-	-	-	-
SM56 - Módulo do Bocal do 1º Andar da Tur- bina de Baixa Pressão (<i>LPT</i>)	-	-	-	-
MM03	-	-	-	-
SM57 - Módulo do Eixo da <i>LPT</i>	-	-	-	-
SM58 - Módulo do Estator e Rotor da <i>LPT</i>	-	-	-	-
SM59 - Módulo da <i>Turbine Rear Frame</i>	-	-	-	-

Os níveis de intervenção apresentados na Tabela 5.2 foram enumerados anteriormente, no sub-capítulo 4.1.1.. Apenas são apresentados tempos de intervenção para o nível 1 e

3, por não haver tempos definidos para o nível 2 para grande parte dos módulos ou por estes demorarem o mesmo tempo do que as intervenções de nível 3.

Com estes valores, somaram-se os tempos de cada processo correspondente a cada *workscope*. Também se somou outros valores fornecidos pela equipa de Engenharia, neste caso transversais a todos os *workscopes*, que são os da inspeção com uma sonda boroscópica, à chegada do motor (2 dias), limpeza dos componentes do motor (3 dias) e despacho do motor após a manutenção (1,5 dias). Com esta informação, é possível transformar o número de horas trabalhadas em dias de trabalho, tendo em conta que um dia de trabalho é constituído por dois turnos de 8 horas, e obter os valores de dias totais de trabalho por *workscope*, listados na Tabela 5.3. Visto estes valores serem obtidos diretamente da Tabela anterior, cujos valores foram ocultados, há o risco de quebrarem a confidencialidade e serão, portanto, ocultados de igual forma.

Tabela 5.3: Valores dos Tempos Totais de Manutenção por *Workscope*

<i>Workscope</i>	Número de Dias Dispendidos
Reparação do Módulo da <i>HPT</i>	-
Reparação do Módulo da <i>HPT</i> + Câmara de Combustão ("Secção Quente")	-
<i>Core</i> do Motor - <i>Nozzle</i> do 1º Andar da <i>LPT</i>	-
<i>Core</i> do Motor Completo	-
<i>Core</i> do Motor - <i>Nozzle</i> do 1º Andar da <i>LPT</i> c/ LLP	-
<i>Core</i> do Motor Completo c/ LLP	-
<i>Core</i> do Motor - <i>Nozzle</i> do 1º Andar da <i>LPT</i> + <i>Booster</i>	-
<i>Core</i> do Motor - <i>Nozzle</i> do 1º Andar da <i>LPT</i>	-
<i>Core</i> do Motor Completo + <i>Booster</i>	-
<i>Core</i> do Motor Completo + Módulos de Baixa Pressão	-
<i>Overhaul</i> do Motor c/ LLP	-
<i>Overhaul</i> dos Módulos de Baixa Pressão	-
Reparação do Módulo do <i>Booster</i>	-
Reparação do Módulo da <i>LPT</i>	-
Reparação do Módulo da <i>AGB</i>	-
Reparação do Módulo da <i>TGB</i>	-

Com base no histórico destes valores, é possível calcular tanto a média de dias dispendidos em *workscopes* "leves", como o *Overhaul* dos Módulos de Baixa Pressão e as

Reparações dos Módulos do *Booster*, *LPT*, *AGB* e *TGB*, e "pesados", que são os restantes, presentes na Tabela 5.4. De notar que estes valores apenas são pertinentes aos tempos de remoção/instalação e montagem/desmontagem dos componentes, assim como processos de inspeção, limpeza e outros essenciais à reentrada do componente no motor. O tempo despendido no processo de reparação de componentes não está ainda incluído nestes valores, por ter especificidades na sua duração relativas a processos aplicados nos mesmos, encomenda de peças a fornecedores e outros fatores externos que podem influenciar este processo. Serão assumidos valores para a reparação de *worksopes* "leves" e "pesados", explicado em maior detalhe mais à frente.

Tabela 5.4: Tempo Médio Despendido em *Worksopes* Pesados e Leves

<i>Workscope</i>	Valor em dias
Pesado	75,8
Leve	19,1

5.1.3 Regras para o Planeamento

Aquando o projeto do planeamento, foi discutida qual a cadência esperada de *worksopes* de manutenção dos motores que dessem entrada na oficina. Foi sugerida uma indução de motor por semana até chegar à capacidade máxima de dez motores em oficina, sendo que apenas iria dar entrada um outro motor do mesmo tipo assim que houvesse capacidade para tal. Também foi discutida a tipologia das intervenções esperadas a nível de intervenções que fossem necessárias. Foi considerado um cenário provável, em que para cada cinco motores que entrassem para fazer manutenção "pesada" (*worksopes* que envolvam trabalhos com uma extensão temporal elevada e um grande número de módulos intervencionados), se seguisse um motor que viria apenas fazer manutenção "leve" (por exemplo, *worksopes* para a reparação do *Booster* ou da turbina de baixa pressão).

Com esta ordem de entrada de motores, é possível concluir que, no caso mais exigente e de estabilização do fluxo de manutenção dos motores *LEAP-1A*, os motores terão uma proporção de 9:1 de manutenções "pesadas" relativamente às "leves". O cenário mais provável num contexto de início de aumento de capacidade passaria pela inclusão de mais *worksopes* "leves" relativamente aos "pesados", numa proporção de 6:4, menos exigente que o cenário de estabilização.

Para produzir um valor de média ponderada com esta distribuição de *worksopes*, tendo em conta o rácio já mencionado, é necessário obter o valor das médias tanto dos *worksopes* menos trabalhosos, como dos *worksopes* que exijam um maior dispêndio de horas de trabalho.

Tendo em conta o rácio do cenário de estabilização, o valor da média ponderada para a duração média de um caso geral de um *workscope*, sem a inclusão do tempo de reparação, é de aproximadamente 65 dias.

Este valor foi calculado de acordo com a Equação 5.1.

$$\frac{9 \times \text{workscopes pesados} + 1 \times \text{workscopes leve}}{10 \text{ workscopes}} = \frac{9 \times 75,8 + 1 \times 19,1}{10} \approx 65 \text{ dias} \quad (5.1)$$

O valor do cenário inicial, apesar de não ser tão crucial no contexto desta dissertação, é calculado na Equação 5.2.

$$\frac{6 \times \text{workscopes pesados} + 4 \times \text{workscopes leve}}{10 \text{ workscopes}} = \frac{6 \times 75,8 + 4 \times 19,1}{10} \approx 54 \text{ dias} \quad (5.2)$$

5.1.4 Hipótese Considerada

Tendo em conta a estrutura e valores para o planeamento apresentados nos anteriores subcapítulos, a grande variável que ainda não foi discutida é a reparação dos componentes do motor. Adicionalmente ao valor médio para um qualquer *workscope* já calculado, tem de ser adicionado o valor da reparação, uma parte muito significativa do processo de manutenção dos motores.

O histórico incompleto de reparações dos componentes do motor *LEAP-1A*, assim como a grande variabilidade de intervalo temporal de reparação, consoante o estado de conservação dos componentes e procedimentos necessários à reparação, tornam quase impossível a recriação das condições reais de *TAT*. Para ajudar à análise deste planeamento, assumem-se dois valores médios de tempos de reparação: 50 e 120 dias. Juntamente com a equipa de Engenharia, foram assumidos 50 dias para os *workscopes* "leves", sendo que os tempos relativos aos *workscopes* "pesados" são cerca de 120 dias. Estes valores são, na sua génese, conservadores, de modo a não sobrecarregar a oficina de motores.

Hipótese para *workscopes* pesados

- Reparação a 120 dias
- $TAT = 76 + 120 = 196$ dias
- *WIP* 10 - 10 motores em simultâneo

Hipótese para *workscopes* leves

- Reparação a 50 dias
- $TAT = 20 + 50 = 70$ dias
- *WIP* 10 - 10 motores em simultâneo

5.1.5 *Kits* de Ferramentas

As ferramentas do motor *LEAP-1A* podem ser divididas em *kits*, que neste caso em específico são designados como aglomerados de ferramentas para utilização num determinado módulo, havendo distinção entre as ferramentas que são utilizadas por um período de tempo inferior a um dia e outras utilizadas por um período de tempo superior a um dia, respetivamente *Kits* de Curta e Longa Duração. Ambos serão explicados em maior pormenor de seguida.

5.1.5.1 *Kits* de Longa Duração

Nestes *kits* são incluídas as ferramentas cuja utilização ultrapassa a barreira diária. Ou seja, estas ferramentas são utilizadas no decorrer de vários dias, como suporte de módulos, proteção de componentes facilmente danificáveis num piso de oficina, entre outras funções que obriguem estas a ter um maior intervalo de utilização que outras ferramentas.

Estes *kits* são, na sua maioria, compostos por ferramentas volumosas e pesadas. Muitas delas têm, dentro dos mesmos *kits*, interações que inviabilizam a utilização destas que não de uma forma conjunta apenas. A sua volumetria e peso impedem o armazenamento de todas as ferramentas destes *kits* em piso oficial, sendo que grande parte se encontra na Área da Ferramentaria. São previstos espaços para algumas ferramentas que compõem os *kits* LD, nomeadamente as ferramentas de suporte.

Os *kits* são compostos por um número avultado de ferramentas e, como tal, a composição destes estará disponível para consulta no Apêndice A.

5.1.5.2 *Kits* de Curta Duração

De maneira oposta aos *kits* LD, os *kits* CD contém apenas ferramentas cuja utilização é relativamente rápida (numa janela temporal de um dia ou menos) ou com funções simples de executar. Estas ferramentas podem variar muito, desde aparafusadoras a ferramentas específicas para a desmontagem de componentes específicas de sub-módulos.

Os *kits* CD são compostos por ferramentas de vários tamanhos e utilidades e, devido à natureza da manutenção de motores, serão utilizadas com bastante frequência. Como não foi previsto nenhum espaço para ferramentas em piso de oficina, estas têm que ser armazenadas Área da Ferramentaria quando não estão a ser utilizadas. No entanto, uma grande parte delas está em utilização constante e a outra parte que é utilizada mais pontualmente não tem necessidade de meios especiais de deslocação para fora da ferramentaria (elevador de carga).

Analogamente aos *kits* LD, a constituição destes estará descrita no Apêndice A.

5.2 Necessidades de Ferramentas para o Motor *LEAP-1A*

Este estudo abrange todas as necessidades para acomodar o aumento de capacidade de manutenção, o que inclui as ferramentas utilizadas para cada um dos módulos e sub-módulos considerados que constituem o motor. O *workflow* referente a este sub-capítulo encontra-se na Figura 5.2.

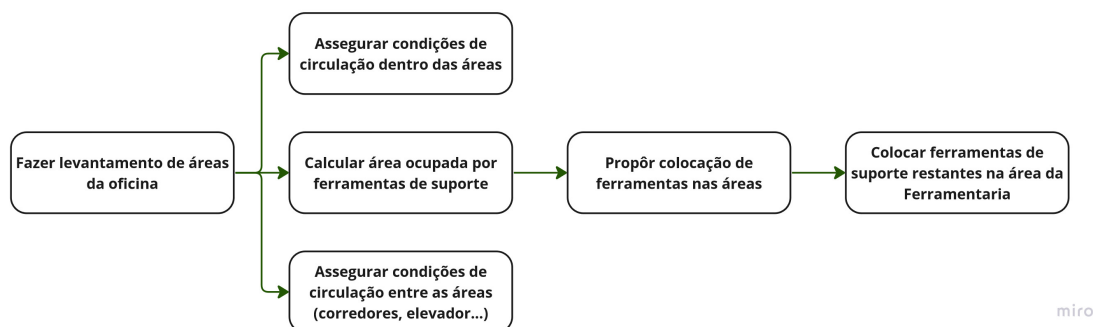


Figura 5.2: *Workflow* Referente à Necessidade de Ferramentas

5.2.1 Sobreposições nas Áreas

O mais importante a ter em conta aquando a realização deste projeto é que os motores vão estar em várias fases de intervenção, com diferentes *worksopes* que prevê uma certa necessidade de ferramentas, que podem não estar a ser utilizadas em simultâneo. Portanto, é de esperar quanto menor o tempo de intervenção em cada área, menos interferências existirão nas áreas que fazem o grosso das intervenções (Montagem Final, Subconjuntos Móveis e Fixos).

Visto cada módulo e sub-módulo ter intervenções espaçadas de acordo com o tempo de indução previsto pela equipa de engenharia, apenas vão estar em cada área de subconjuntos móveis e fixos cerca de três a quatro fases do motor em simultâneo, sendo que é previsto um maior número na fase da montagem final, pois esta está dependente dos sub-módulos que vêm das diversas outras áreas. Estes valores foram retirados por base na observação da operação atual e discutidos com a equipa de Engenharia, considerando que o objetivo seria uma substituição de motores em intervenção, não uma adição à quantidade de motores que fazem manutenção atualmente.

É necessário ter em conta que o espaço de grande parte das áreas, excetuando a área dedicada a *LEAP-1A* da Montagem Final, terá que ser partilhada com outros motores de diferentes tipologias. Contudo, e devido não só ao cenário descrito no parágrafo anterior, como à similitude de componentes e dimensões, não existirá uma ocupação de área maior que a atual.

5.2.2 Encomenda de Ferramentas com Função de Remoção/Instalação e Montagem/Desmontagem

Muitos dos processos de manutenção envolvem ferramentas que têm tempos de utilização relativamente reduzidos (na ordem dos 20/30 minutos, por vezes menos). Há, portanto, alguma flexibilidade no que toca à utilização deste tipo de ferramentas para a execução do processo a que pertencem.

Grande parte das ferramentas acima descritas encontram-se nos *kits* CD, o que leva a concluir que a encomenda de vários exemplares de ferramentas que constituam cada *kit* CD é uma operação mais complexa do que se esperava. Por um lado, a relação custo-benefício da encomenda de uma ferramenta extra de curta duração para a poupança de alguns minutos não seria favorável à empresa, e como tal não é recomendada. Este equilíbrio de necessidades de ferramentas CD é um assunto que terá que ser apurado futuramente pela equipa de Engenharia, visto envolver análises de risco às ferramentas de maior utilização e tempo de utilização suficiente das mesmas.

A recomendação desta dissertação passa por, pelo menos numa fase inicial, fazer encomendas de todas as ferramentas constituintes dos *kits* CD, mesmo tendo em conta a repetição de algumas destas entre *kits*. Deste modo, será garantida algum tipo de redundância pela análise mais simples aplicada à manutenção, que presume que uma ferramenta utilizada em diferentes processos de manutenção.

5.2.3 Encomenda de Ferramentas de Suporte

As ferramentas de suporte são ferramentas que, devido à sua função principal, vão ser utilizadas extensivamente e por um período temporal maior que as restantes ferramentas. São ferramentas que, devido a esta particularidade, se encaixam nos *kits* LD.

Juntamente com o departamento de Engenharia da oficina de motores, determinou-se a lista de ferramentas de suporte necessárias para o aumento de capacidade de manutenção que este estudo preconiza. A Tabela 5.5 indica o *Part Number* geral das ferramentas, assim como o seu nome e a sua função.

Tabela 5.5: Ferramentas de Suporte e Respetivas Descrições

<i>Part Numbers</i>	Nome da Ferramenta	Função
956A1618	<i>Aft Fan Case Pedestal Set</i>	Pedestais para suporte dianteiro do <i>assembly</i> do motor
956A6013	<i>Engine Assembly Front Trunnion Pin</i>	Pedestais para suporte do motor
956A1620	<i>TRF Pedestal Set</i>	Pedestais para suporte traseiro do <i>assembly</i> do motor

5.2. NECESSIDADES DE FERRAMENTAS PARA O MOTOR *LEAP-1A*

956A1619	<i>TCF Pedestal Set</i>	Pedestais para suporte do <i>assembly</i> motor + <i>core</i>
956A1600	<i>TCF Ground Handling Fixture</i>	Suporte do <i>assembly</i> do motor + <i>core</i>
956A1617	<i>Forward Fan Case Pedestal Set</i>	Pedestais para suporte frontal do MM01
956A1309	<i>Forward Fan Case Support Bracket</i>	Suporte frontal do MM01
956A7332	<i>LPT Dimension Check Assembly Stand</i>	Suporte para medições no módulo da <i>LPT</i>
956A6323	<i>LPT Dolly Horizontal Stand</i>	<i>Dolly</i> para armazenamento horizontal da <i>LPT</i>
956A7300	<i>LPT Dolly Vertical Stand</i>	<i>Dolly</i> para armazenamento vertical da <i>LPT</i>
956A6327	<i>LPT Double Restrainer</i>	Suporte/fixação da <i>LPT</i>
956A6321	<i>Strongback</i>	Suporte estrutural da <i>LPT</i>
956A6319	<i>Lock Rotor</i>	Suporte do MM03
956A6573	<i>Nº 5 Bearing Outer Race Jack Screws</i>	Suporte do módulo da <i>LPT</i> e do rolamento nº 5
956A6335	<i>Shaft Forward Protector</i>	Proteção da ponta do veio da <i>LPT</i>
956A7623	<i>Nº 5 Bearing Rear Sump Protector</i>	Proteção do cárter traseiro do rolamento nº 5
956A1200	<i>Core Module Build-up Fixture</i>	Armazenamento/Suporte do MM02
956A6070	<i>Fan Assy Dolly</i>	<i>Dolly</i> para armazenamento do MM01
956A1025	<i>HPT Rotor Horizontal Transport Dolly</i>	<i>Dolly</i> para armazenamento/transporte do rotor da <i>HPT</i>
956A1001	<i>HPT Rotor Assembly and Disassembly Fixture</i>	Suporte para montagem/desmontagem do rotor da <i>HPT</i>
956A1216	<i>Stg.2 Nozzles Fixture</i>	Suporte para os <i>nozzles</i> do 2º andar da <i>HPT</i>
956A1219	<i>Stg.2 Shrouds Fixture</i>	Suporte para as coberturas do 2º andar da <i>HPT</i>

As ferramentas estão agrupadas, na tabela, consoante o módulo em que estão a intervir e a sua dependência em utilização.

Quanto ao número de ferramentas que são necessárias para conseguir suportar o aumento de capacidade pretendido, existem algumas considerações na estimativa tomada. Os dez motores em simultâneo, previstos em piso de oficina de acordo com o objetivo deste estudo, encontrar-se-ão em várias fases de intervenção, em diferentes partes da

oficina. Como tal, é de esperar a falta de necessidade de dispôr de dez exemplares de cada uma das ferramentas acima mencionadas.

Seguindo as regras do planeamento (cinco *worksopes* "pesados" seguidos de um *workscope* "leve"), foram estudadas várias sequências de *worksopes*, com entradas concordantes com a hipótese considerada. Apesar de haver algumas flutuações no número de módulos em armazenamento, reparação ou montados no motor, foi montada uma lista de necessidades para estas ferramentas, com algumas unidades extra nos módulos mais críticos (*LPT*, *Core* do motor) de modo a acomodar quaisquer imprevistos que possam acontecer. A Tabela 5.6 mostra a quantidade de ferramentas necessária para obter *WIP* 10.

Tabela 5.6: Necessidades de Ferramentas de Suporte

<i>Part Numbers</i>	Nome da ferramenta	Quantidades
956A1618	<i>Aft Fan Case Pedestal Set</i>	6 unidades
956A6013	<i>Engine Assembly Front Trunnion Pin</i>	6 unidades
956A1620	<i>TRF Pedestal Set</i>	6 unidades
956A1619	<i>TCF Pedestal Set</i>	4 unidades
956A1600	<i>TCF Ground Handling Fixture</i>	4 unidades
956A1617	<i>Forward Fan Case Pedestal Set</i>	4 unidades
956A1309	<i>Forward Fan Case Support Bracket</i>	4 unidades
956A7332	<i>LPT Dimension Check Assembly Stand</i>	1 unidade
956A6323	<i>LPT Dolly Horizontal Stand</i>	2 unidades
956A7300	<i>LPT Dolly Vertical Stand</i>	3 unidades
956A6327	<i>LPT Double Restrainer</i>	4 unidades
956A6321	<i>Strongback</i>	4 unidades
956A6319	<i>Lock Rotor</i>	8 unidades
956A6573	<i>Nº 5 Bearing Outer Race Jack Screws</i>	8 unidades
956A6335	<i>Shaft Forward Protector</i>	8 unidades
956A7623	<i>Nº 5 Bearing Rear Sump Protector</i>	8 unidades
956A1200	<i>Core Module Build-up Fixture</i>	8 unidades
956A6070	<i>Fan Assy Dolly</i>	8 unidades
956A1025	<i>HPT Rotor Horizontal Transport Dolly</i>	4 unidades
956A1001	<i>HPT Rotor Assembly and Disassembly Fixture</i>	4 unidades
956A1216	<i>Stg.2 Nozzles Fixture</i>	4 unidades
956A1219	<i>Stg.2 Shrouds Fixture</i>	4 unidades

Com este número de ferramentas, é possível ter dez motores em simultâneo, em várias fases de intervenção, na oficina. Mais especificamente, conseguem ser armazenados até 6 motores totalmente montados, 4 motores sem o módulo da *LPT* (só com os módulos

da *fan* e *core*), 4 módulos da *fan* em armazenamento estático com pedestais, 1 módulo da *LPT* em armazenamento estático na ferramenta de suporte de verificação de dimensões e outros 8 em *dolllys* e *strongbacks*, 8 módulos do *core*, 8 módulos da *fan* em armazenamento móvel, 4 rotores da *HPT* e 4 módulos *nozzle* de 2º andar da *HPT*.

Estas previsões de necessidades foram feitas tendo em conta uma análise de interseções de diferentes *workscopes* nas mesmas áreas, para vários exemplos. Como tal, tem incluída um fator de segurança igual ao que foi determinado com a equipa de Engenharia anteriormente (entre 1,5 a 3), que determinou à encomenda de algumas ferramentas de suporte extra. Assim, está garantida a redundância de ferramentas caso seja necessário reparar/substituir alguma ferramenta ou caso existam atrasos nas reparações. Também dá alguma flexibilidade à equipa da oficina sobre qual o melhor meio para armazenar os módulos inativos, visto existirem um grande número de soluções de armazenamento estáticas e móveis. Por fim, esta flexibilidade garante à equipa de engenharia algum tempo para projetar e testar algumas ferramentas de suporte fabricadas *in-house*, de modo a reduzir custos de aquisição e manutenção das mesmas.

5.3 Layout da Oficina

A harmonia entre as várias áreas da oficina é essencial para o correto acomodamento do aumento de capacidade de manutenção proposto. Para esse efeito, foi representada a disposição geral dos espaços de trabalho da oficina, são propostas alterações à disposição atual das áreas e posição de ferramentas de suporte no piso de oficina. Estas alterações têm como objetivo poupar idas à ferramentaria, que exigem a utilização do elevador da oficina para as trazer para o piso superior, o que exige um gasto de tempo desnecessário e que pode tornar-se prejudicial ao fluxo de trabalho. O *workflow* seguido para o projeto do *layout* sugerido encontra-se na Figura 5.3. De seguida, discutem-se os tópicos abordados neste parágrafo com maior detalhe.

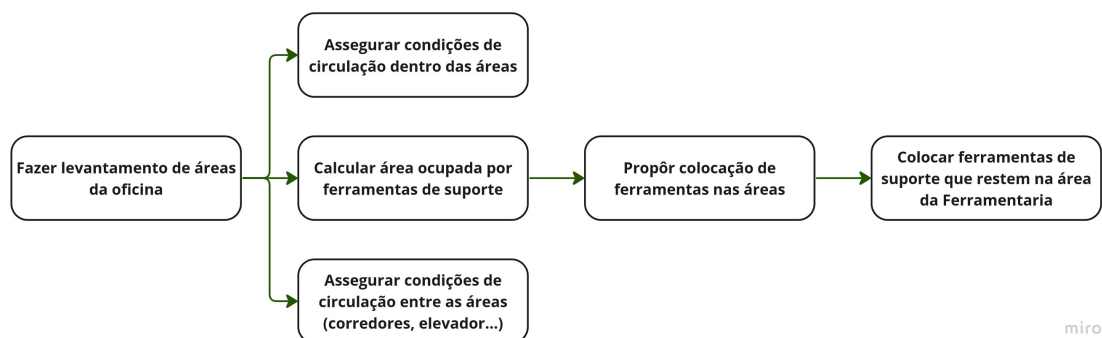


Figura 5.3: *Workflow* Referente à Definição de Novo *Layout* do Piso Oficial

5.3.1 Alteração dos Espaços de Trabalho

As atuais áreas de trabalho estão pensadas para os motores da família *CFM56* (-5A, -5B e -7B, maioritariamente) e, como tal, não estão otimizadas para o alvo desta dissertação, o motor *LEAP-1A*.

Para a receção e remoção/instalação de componentes deste motor, a equipa de Engenharia designou uma área num canto da oficina, junto à área da Montagem Final, apelidada de "Área de Remoção/Instalação de *LEAP-1A*". Estão delimitados três perímetros, as zonas em que se vão colocar os motores, de modo a instruir quais as áreas que devem estar desimpedidas para os motores serem depositados para as suas intervenções. O espaço para as ferramentas fica junto a estes perímetros, e apresenta uma área de 50 metros quadrados. Na periferia da zona que contém as ferramentas e entre o corredor e os perímetros, existem prateleiras verticais com dois andares, que podem armazenar ferramentas de dimensões e pesos menores. A dimensão de cada um dos andares da prateleira é de 5 metros quadrados. Será apenas considerada a prateleira de baixo de cada conjunto de prateleiras, sendo que a de cima estará reservado ao armazenamento de determinados materiais e peças que sirvam a linha de manutenção. A área em questão está representada na Figura 5.4.

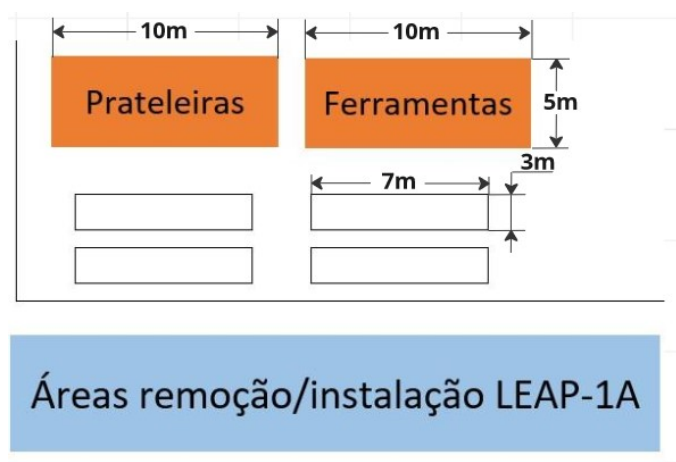


Figura 5.4: Esquema da Área de Ferramentas e Prateleiras

Outra alteração proposta, que na verdade apenas será substituição do sistema atual, é no armazenamento de módulos da *fan* na área designada de "Armazenamento". Atualmente são armazenados os módulos dos *CFM56-5A* e *-5B*, apoiados em ferramentas móveis que os suportam na horizontal, sendo o objetivo saber quantos módulos da *fan* de *LEAP-1A* podem ser armazenados no espaço dedicado ao efeito. De notar que os módulos mencionados, e ferramentas com função similar à mencionada, do motor *LEAP-1A* são de maiores dimensões, sendo portanto crucial saber qual o máximo de módulos que se podem armazenar sem comprometer o espaço de circulação da área em que estão posicionados. Visto cada módulo da *fan* armazenado ocupar cerca de 5 metros quando colocados lado a lado, com um espaço entre módulos reduzido (cerca de 20 a 30 centímetros), este espaço

fica totalmente preenchido com 10 módulos, sendo que é recomendável armazenar no máximo 8 exemplares para não comprometer o espaço de manobra dentro da área. A área atribuída ao armazenamento é de 60 metros quadrados, visível na Figura 5.5.



Figura 5.5: Esquema da Área de Armazenamento de Módulos da *Fan*

Existe uma outra área suplementar na Área da Montagem Final, situada junto ao elevador de carga e "colado" com a área de armazenamento previamente mencionada, que também será utilizada. Esta área apresenta 32 metros quadrados, sendo que está a ser contabilizado um corredor entre estas duas áreas que permita a livre circulação de técnicos e de máquinas de carga, como se pode ver na Figura 5.6.



Figura 5.6: Esquema da Área Suplementar de Armazenamento na Área da Montagem Final

Quanto a áreas adicionais no piso de oficina, é de notar a solução temporária de espaço criada no canto superior esquerdo da Área de Subconjuntos Móveis, junto ao corredor,

que por não ser uma zona com função definida ao certo, pode servir para armazenamento de ferramentas. Esta área dispõe de 30 metros quadrados, e pode ser vista na Figura 5.7.

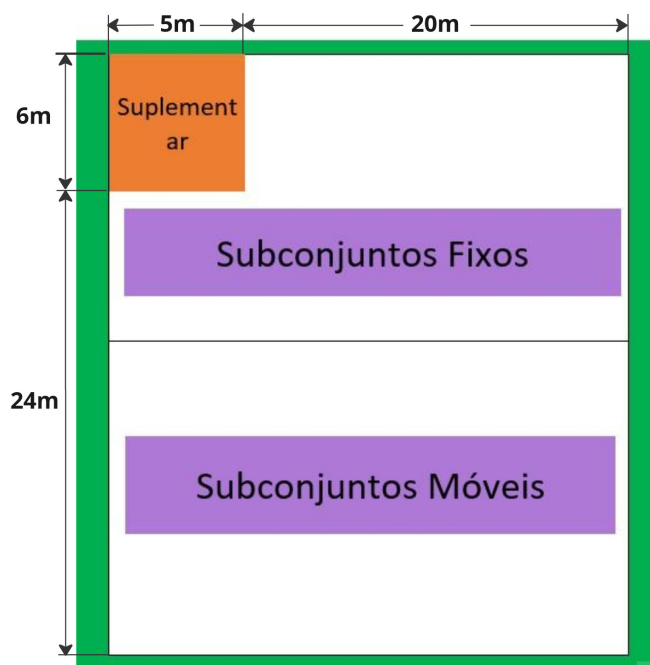


Figura 5.7: Esquema da Área Suplementar Temporária

Nas Áreas de Subconjuntos Móveis e Fixos, não é possível muito espaço de manobra, visto ter o grosso dos sub-módulos presentes numa área reduzida. Ainda assim, foi acordada com a equipa de Engenharia uma área de 20 metros quadrados no conjunto das duas, dando primazia à colocação de ferramentas móveis que permitam uma reorganização rápida do espaço, caso necessário. Como tal, não é recomendável a locação de um espaço em concreto para o armazenamento, não sendo também possível representar num esquema, como as áreas anteriores.

5.3.2 Posição das Ferramentas nas Áreas

A posição das ferramentas nas áreas é uma temática de grande importância, pois o espaço em oficina é muito limitado e passível a estar saturado de acordo com muitos fatores, entre eles entradas de vários motores de seguida, demora nas reparações e até uma maior necessidade de realização de *worksopes* pesados de manutenção.

As ferramentas com um maior tempo de utilização foram as consideradas com maior importância de ter em piso oficial. Também foi considerada, no planeamento, a posição das ferramentas favorável à sua função em cada área, ou seja, há necessidade das ferramentas serem armazenadas mais perto do seu local de utilização.

- Área do Armazenamento

Nesta área, apenas é considerada a zona suplementar descrita no subcapítulo anterior, pois a área do armazenamento em si é ocupada pelas ferramentas de suporte aos módulos da *fan* (956A6070 *Fan Assy Dolly*) com os módulos montados.

Para esta zona, considera-se a quantidade de ferramentas a colocar e respetivas áreas ocupadas das que se seguem na Tabela 5.7.

Tabela 5.7: Ferramentas de Suporte Colocadas na Área do Armazenamento

<i>Part Number</i>	Quantidades	Áreas
9429M39	6 unidades	0,64m ²
956A1617	4 unidades	0,23m ²
956A1618	3 <i>sets</i> de 2 unidades	4,18m ²
956A1619	4 unidades	0,80m ²
956A1620	6 unidades	1,68m ²

Com estas áreas, procede-se ao cálculo do espaço ocupado pelo conjunto de ferramentas:

$$(0,64 * 6) + (0,23 * 4) + (4,18 * 3) + (0,80 * 4) + (1,68 * 6) = 30,56m^2 \approx 31m^2 \quad (5.3)$$

Como podemos verificar no resultado da expressão 5.3, este espaço ocupado é inferior ao total disponível estimado (32 metros quadrados), o que cumpre com os critérios definidos.

- Área de Ferramentas de LEAP-1A

A zona de armazenamento de ferramentas nesta área complementa as ferramentas já colocadas na área do armazenamento previamente mencionada. Deste modo, todas as ferramentas de utilização mais prolongada, como *stands* de suporte dos módulos da *fan*, módulo da *fan* e *core* montados, e do motor completamente montado encontram-se à disposição das áreas que os utilizam.

Assim, são consideradas as seguintes ferramentas para esta área e apresentadas na Tabela 5.8:

Tabela 5.8: Ferramentas de suporte colocadas na Área de Ferramentas de LEAP-1A

<i>Part Number</i>	Quantidades	Áreas
--------------------	-------------	-------

956A1309	4 unidades	5,06m ²
956A1618	3 <i>sets</i> de 2 unidades	4,18m ²
956A1600	4 unidades	0,01m ²
956A1619	4 unidades	0,8m ²
956A6013	6 unidades	-
956A6321	4 unidades	1,65m ²
956A6327	4 unidades	0,28m ²
956A7300	3 unidades	1,64m ²

Com as áreas consideradas, é possível retirar o valor da área ocupada nesta zona:

$$(5,06*4)+(4,18*3)+(0,01*4)+(0,01*6)+(1,65*4)+(0,28*4)+(1,64*3) \approx 46m^2 \quad (5.4)$$

Os restantes 4 metros quadrados (área inicial menos o resultado da expressão 5.4) servem para ter algum espaço de manobra entre a zona das prateleiras e as ferramentas.

- Área Suplementar

Localizada num canto da Área de Subconjuntos Fixos, como já mencionado anteriormente, esta serve para armazenar as ferramentas presentes na Tabela 5.9.

Tabela 5.9: Ferramentas de suporte colocadas na Área Suplementar

<i>Part Number</i>	Quantidades	Áreas
956A1200	5 unidades	2,75m ²
956A1216	4 unidades	0,30m ²
956A1219	4 unidades	0,43m ²

O somatório das áreas ocupadas por todas as ferramentas consideradas nesta zona é, então, o que se segue:

$$(2,75 * 5) + (0,30 * 4) + (0,43 * 4) = 16,67m^2 \approx 17m^2 \quad (5.5)$$

Como não há garantias de poder vir a ser utilizada, pois a zona e o corredor adjacente teriam que sofrer uma remodelação significativa para facilitar a circulação de componentes do motor, esta é considerada apenas como uma solução de recurso.

- Área dos Subconjuntos Fixos e Móveis

O caso mais complicado é o das Áreas de Subconjuntos Fixos e Móveis. Não há muito espaço livre de maneira consistente para colocar ferramentas que não sejam mobilizadas sem recurso a várias pessoas ou a instrumentos de içamento e máquinas de força (empilhadoras, por exemplo). Como tal, é imperativo que as ferramentas estacionadas nestas áreas tenham sistemas de mobilidade integrados (rodas nos *dollys*, por exemplo) ou que estejam a ser constantemente utilizados dentro da própria área.

Com estas condicionantes, seleccionam-se as ferramentas apresentadas na Tabela 5.10.

Tabela 5.10: Ferramentas de suporte colocadas na Área dos Subconjuntos Móveis e Fixos

<i>Part Number</i>	Quantidades	Áreas
956A1025	4 unidades	0,93m ²
956A1200	2 unidades	2,75m ²
956A7332	1 unidade	1,54m ²

A ferramenta 956A7332 serve também para funções de armazenamento, uma função para a qual não foi projetada mas que pode executar por ser mais eficiente um tipo de armazenamento vertical do que um horizontal.

Com estes valores, é possível chegar ao valor total da área ocupada:

$$(0,93 * 4) + (2,75 * 3) + (1,54 * 1) = 13,51m^2 \approx 14m^2 \quad (5.6)$$

- Área das Prateleiras

Já referidas num contexto anterior, estas prateleiras ladeiam a Área de Ferramentas de *LEAP-1A*, têm dois andares e 10 metros quadrados disponíveis. Armazenar ferramentas nas prateleiras tem duas grandes limitações: o peso das ferramentas e a dimensão das mesmas, maioritariamente a altura. Estes fatores são contabilizados aquando a realização deste planeamento.

Nesta secção, apenas vão ser colocadas algumas ferramentas de suporte com dimensões e pesos mais contidos, devido às condições para o planeamento já anunciadas no parágrafo anterior.

As ferramentas consideradas são as que estão na Tabela 5.11:

Tabela 5.11: Ferramentas de Suporte Colocadas na Área das Prateleiras

<i>Part Number</i>	Quantidades	Áreas
956A6319	8 unidades	0,07m ²
956A6335	8 unidades	0,01m ²
956A6573	8 unidades	0,20m ²
956A7623	8 unidades	0,01m ²

A área ocupada nas prateleiras por estas ferramentas é a seguinte:

$$(0,07 * 8) + (0,01 * 8) + (0,20 * 8) + (0,01 * 8) \approx 3m^2 \quad (5.7)$$

Existe a intenção de utilizar as prateleiras para receção de encomendas e armazenamento de encomendas pouco volumosas/pesadas ou até de materiais que sejam necessários em piso de oficina.

5.3.3 Armazenamento dos Módulos Inativos

Com a definição da colocação das ferramentas por áreas, é importante definir a possibilidade de armazenar módulos e sub-módulos que não estão a ser intervencionados e que não estão em reparação.

É importante notar que, devido à falta de espaço ou, porventura, de ferramentas nas quais suportar os módulos/sub-módulos, alguns podem ser armazenados em zonas de corredor ou apenas um pouco fora dos limites delineados das áreas. Esta prática já é utilizada e não põe em causa a circulação, sendo que nos casos em que existem interferências, estes conjuntos poderem ser facilmente deslocados devido à preferencial utilização de ferramentas móveis.

O armazenamento dos módulos da *fan*, que aguardam que os restantes componentes do motor sofram os procedimentos de manutenção necessários, será feito na área de Armazenamento, presente na zona da Montagem Final. É uma prática corrente com os motores *CFM56-5A* e *CFM56-5B*, sendo que com o maior influxo de motores *LEAP-1A* relativamente aos anteriores, esta substituição vê-se como natural.

5.4 Necessidades de Mão-de-Obra

Um Técnico de Manutenção Aeronáutica é o principal elemento com o conhecimento técnico necessário para retirar/instalar, desmontar/montar, limpar, reparar e substituir peças de uma aeronave. No caso específico dos Técnicos de Manutenção Aeronáutica

da oficina de motores, estes especializam-se na manutenção dos sistemas propulsores, dispondo de licenças B1 ou B2, consoante o trabalho que realizam.

O detentor de uma licença B1 apoia o detentor das licenças B2 nas ações de manutenção realizadas na estrutura da aeronave, sistemas aviónicos e mecânicos, grupos propulsores e eletrónica. Também podem emitir certificados de aptidão para serviço e realizar testes simples aos sistemas aviónicos que comprovem a sua capacidade de funcionamento, desde que não exijam solução de problemas. Já o detentor da licença B2 pode atuar em todos os sistemas já referidos que exijam testes simples para comprovar o seu bom funcionamento (CENFORTEC 2023).

Os TMA's da Oficina de Motores da TAP tem um horário de trabalho de 8 horas. Cada dia tem dois turnos de trabalho, ou seja, um dia útil equivale a 16 Horas-Homem de trabalho. Para efetuar os cálculos que se seguem, foi seguido o *workflow* apresentado de seguida, na Figura 5.8.



Figura 5.8: *Workflow* Referente à Definição de Necessidades de Mão-de-Obra

A equipa de Engenharia procedeu à estimativa de valores de TMA's para qualquer procedimento relativo à manutenção. Estes valores têm em conta a eficiência dos trabalhos na oficina determinados pela mesma. Estes valores estão representados na Tabela 5.2 e, com recurso ao conhecimento dos procedimentos realizados em cada área e de uma função de *Excel* elaborada para o efeito, é calculado o valor médio de TMA's por área, por *workscope*. Esta perspetiva é apresentada na Tabela 5.12.

Tabela 5.12: Número Médio de TMA's por Área, por Motor

Área de trabalho	TMA's
Montagem Final	2,5
Subconjuntos Móveis	3,0
Subconjuntos Fixos	2,53

De modo a conseguir fazer a manutenção de 10 motores *LEAP-1A* em simultâneo, faz-se a divisão entre *workscores* "pesados" e "leves" e as seguintes considerações, com base nos valores da Tabela 5.14:

Workscores "pesados"

- $TAT = 196$ dias
- 2,5 TMA's na área da Montagem Final
- 3 TMA's na área de Subconjuntos Móveis
- 2,53 TMA's na área de Subconjuntos Fixos

$$2,5 \times 10 = 25 \text{ TMA's} \quad (5.8)$$

$$3 \times 10 = 30 \text{ TMA's} \quad (5.9)$$

$$2,53 \times 10 = 25,3 \approx 26 \text{ TMA's} \quad (5.10)$$

$$25 + 30 + 26 = 81 \text{ TMA's} \quad (5.11)$$

Workscores "leves"

- $TAT = 70$ dias
- 2,5 TMA's na área da Montagem Final
- 3 TMA's na área de Subconjuntos Móveis
- 2,53 TMA's na área de Subconjuntos Fixos

$$2,5 \times 10 = 25 \text{ TMA's} \quad (5.12)$$

$$3 \times 10 = 30 \text{ TMA's} \quad (5.13)$$

$$2,53 \times 10 = 25,3 \approx 26 \text{ TMA's} \quad (5.14)$$

$$25 + 30 + 26 = 81 \text{ TMA's} \quad (5.15)$$

Como se pode verificar nas equações 5.7 a 5.14, o número de TMA's necessário para cada área seria igual para os dois cenários caso todos os dez motores estivessem nas mesmas fases de intervenção na mesma janela temporal.

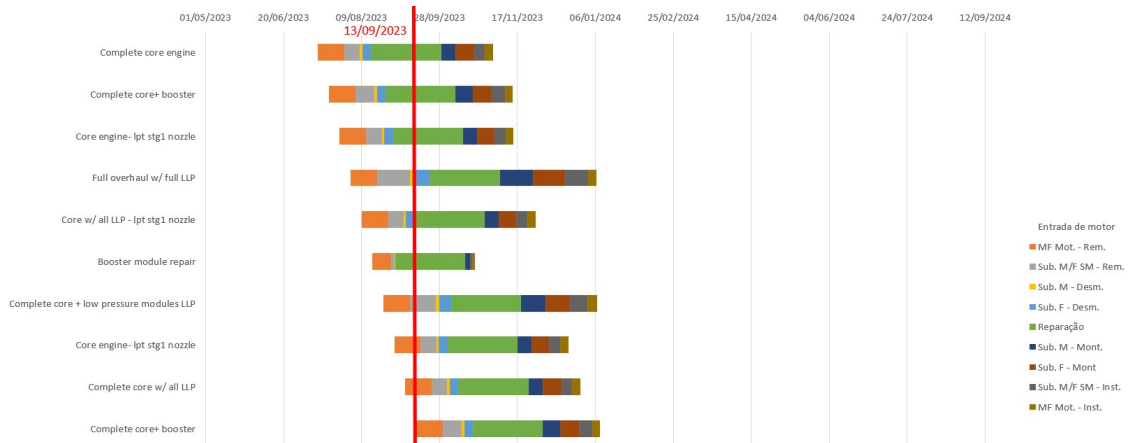
<i>Workscopes</i>
<i>Complete core engine</i>
<i>Complete core+ booster</i>
<i>Core engine- lpt stg1 nozzle</i>
<i>Full overhaul w/ full LLP</i>
<i>Core w/ all LLP - lpt stg1 nozzle</i>
<i>Booster module repair</i>
<i>Complete core + low pressure modules LLP</i>
<i>Core engine- lpt stg1 nozzle</i>
<i>Complete core w/ all LLP</i>
<i>Complete core+ booster</i>

Tabela 5.13: Distribuição de *Workscopes* Para o Estudo de Número de TMA's

Visto numa fase inicial de indução ser induzido um motor por semana útil em oficina, está presente o cenário mais exigente de manutenção, devido à sobreposição de motores nas mesmas áreas. Quando o número de motores em oficina começar a estabilizar, devido à regra FIFO que prevê a substituição de *workscopes* que terminem por outros da mesma tipologia, as intervenções nas áreas estarão mais espaçadas entre motores. Como tal, é importante saber o número de TMA's numa fase inicial de implementação do projeto.

Para proceder a este cálculo, será escolhida uma data de análise que englobe os dez motores em simultâneo numa fase inicial, com *workscopes* que representem o cenário mais exigente (9 "pesados" e 1 "leve"). A distribuição escolhida para esta análise é a que se verifica na Tabela 5.13:

Com esta distribuição de *workscopes* definida, procede-se à análise do diagrama de *Gantt* que é produzido com a escolha destes. A escolha do dia para análise é feita com auxílio visual do diagrama, de modo a determinar qual a melhor data de análise para os dez motores em simultâneo. Este diagrama, assim como uma linha auxiliar de análise, encontram-se na Figura 5.9.

Figura 5.9: Diagrama de *Gantt* com Distribuição Temporal de *Workscopes*

Com esta data selecionada, é retirado o número de motores que se encontram em cada área. Tal análise é feita no *software Excel* elaborada para esta temática, sendo que os resultados obtidos são os que se seguem:

- Três motores na fase de remoção de componentes do *assembly* do motor na Área da Montagem Final;
- Dois motores na fase de desmontagem de componentes dos SM na Área de Subconjuntos Fixos;
- Um motor na fase de desmontagem de componentes dos SM na Área de Subconjuntos Móveis;
- Quatro motores com componentes na Área de Reparação.

Visto serem conhecidos os valores médios de TMA's por área, por motor, é possível proceder ao cálculo do número realista de TMA's total e por área, para um dos cenários mais exigentes da manutenção. Este cálculo é realizado por meio das expressões 5.16 a 5.18.

- 2,5 TMA's na área da Montagem Final
- 3 TMA's na área de Subconjuntos Móveis
- 2,53 TMA's na área de Subconjuntos Fixos

$$2,5 \times 3 = 7,5 \approx 8 \text{ TMA's} \quad (5.16)$$

$$3 \times 1 = 3 \text{ TMA's} \quad (5.17)$$

$$2,53 \times 2 = 5,06 \approx 6 \text{ TMA's} \quad (5.18)$$

$$8 + 3 + 6 = 17 \text{ TMA's} \quad (5.19)$$

O número calculado é largamente inferior ao anterior, mas mais ajustado à realidade do número de TMA's existente em oficina atualmente. De notar que o número de TMA's presentes na Área da Reparação não é contabilizado nesta dissertação pela sua imprevisibilidade derivada da falta de experiência relativa a este motor.

5.5 Programa Excel de Análise da Temática

Este capítulo trata da explicação da ferramenta de análise que foi construída para esta dissertação.

Esta ferramenta tem como objetivo facilitar a análise do problema, tanto para tirar conclusões para esta dissertação, como para uso futuro da equipa de Engenharia. Foi construída sobre uma base de dados, permanentemente alimentada pela equipa de Engenharia, que contém os valores discutidos nos capítulos anteriores, assim como as ordens de remoção/instalação e de desmontagem/montagem de todos os *workscores* de motor.

O seu funcionamento passa por três fases:

1. Definição dos *workscores* dos motores que vão ser induzidos em oficina;
2. Verificação do diagrama de *Gantt* e da tabelas com duração e dias de começo e término por área;
3. Retirar valores de números de *kits* necessários e de número de motores por área.

5.5.1 Definição dos Workscopes

O passo mais importante para começar a análise de qualquer planeamento de manutenção, nesta ferramenta, é a escolha dos *workscores* na ordem em que vão ser induzidos em oficina. Esta escolha pode ser levada a cabo na ferramenta produzida para o efeito, que tem todos os *workscores* na sua memória, representados temporalmente num diagrama de *Gantt* realizado de acordo com os *workscores* escolhidos. Um exemplo de planeamento pode ser visto na Figura 5.10.

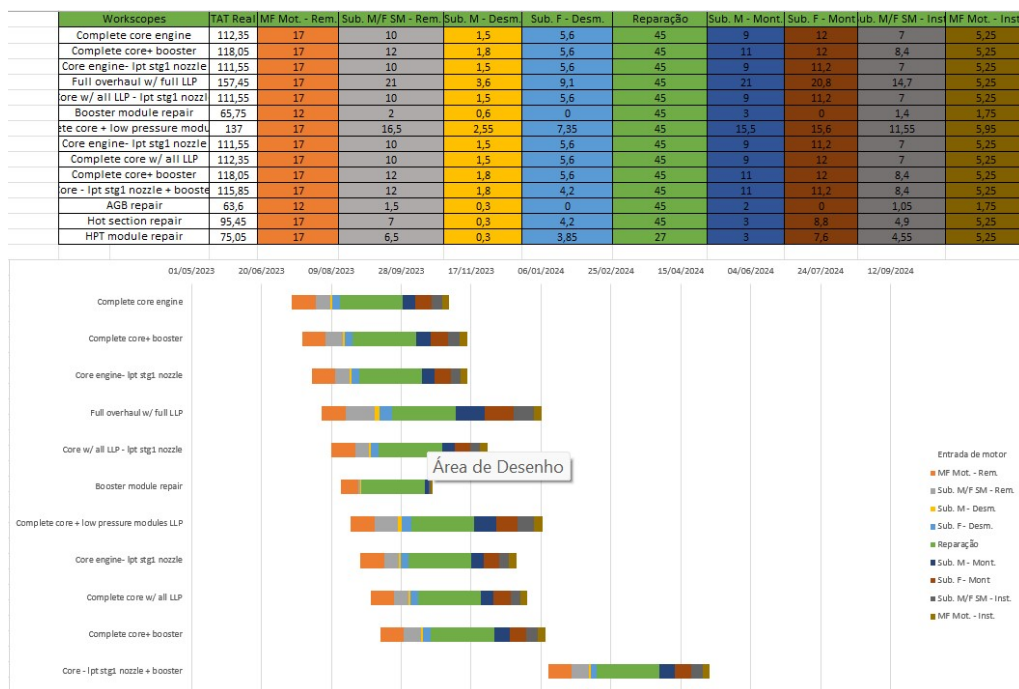


Figura 5.10: Diagrama de *Gantt* do Planeamento de *Workscopes*

5.5.2 Relação de *Workscopes* na Escala Temporal

Visto o objetivo deste planeamento ter em conta a capacidade máxima de manutenção de 10 motores em simultâneo, é posto como condição que o 11º motor apenas seja induzido em oficina após a saída do 1º que entre. Tal deve-se à estratégia *FIFO* (*First In First Out*) aplicada de um modo peculiar neste caso. Este conceito é largamente aplicado em gestão de *stocks* em armazéns, e baseia-se no princípio de que os primeiros produtos ou bens a entrar no armazém são os primeiros a sair também (Solutions 2022).

Neste caso em concreto, os motores que entram em primeiro lugar são os primeiros a sair, não por uma razão de obsolescência ou perecibilidade de bens, mas de gestão do espaço de oficina. É provável que, a certa altura do planeamento, existam motores cujos *workscopes* sejam levados a cabo mais expeditamente que o motor que sucedem. Neste caso, a equipa de Engenharia tem a opção de entregar os motores ao cliente, com a condição de não aceitar mais motores em oficina até que o motor anterior saia da oficina. Deste modo, e seguindo esta sequência indeterminadamente, é certo que a estratégia de planeamento cumprirá com o estipulado, mesmo com avarias e tempos de reparação superiores ao esperado, pois a oficina poderá passar por períodos em que registe *WIP7*, *WIP8*, mas nunca terá mais do que a capacidade máxima projetada de *WIP10*.

Tendo em conta o planeamento apresentado na Figura 5.9., este relaciona-se com uma tabela que apresenta as datas de entrada e de saída de cada processo, para cada *workscope* específico. Esta tabela é apresentada na Figura 5.11.

Filtrar Workscopes não ativos		Inserir datas de indução		Data de término									
Workscopes	Entrada de motor	Saída de motor	MF Mot. - Rem.	Sub. M/F SM - Rem.	Sub. M - Desm.	Sub. F - Desm.	Reparação	Sub. M - Mont.	Sub. F - Mont.	MF SM - Inst.	MF Mot. - Inst.		
Complete core engine	12/07/2023	11/01/2024	04/08/2023	18/08/2023	25/08/2023	06/09/2023	15/11/2023	28/11/2023	19/12/2023	02/01/2024	11/01/2024		
Complete core+ booster	19/07/2023	29/01/2024	11/08/2023	29/08/2023	06/09/2023	18/09/2023	27/11/2023	12/12/2023	02/01/2024	18/01/2024	29/01/2024		
Core engine-lpt stg1 nozzle	26/07/2023	24/01/2024	18/08/2023	01/09/2023	08/09/2023	20/09/2023	29/11/2023	12/12/2023	01/01/2024	15/01/2024	24/01/2024		
Full overhaul w/ full LLP	02/08/2023	22/04/2024	25/08/2023	25/09/2023	11/10/2023	30/10/2023	08/01/2024	06/02/2024	13/03/2024	11/04/2024	22/04/2024		
Core w/ all LLP - lpt stg1 nozzle	09/08/2023	07/02/2024	01/09/2023	15/09/2023	22/09/2023	04/10/2023	13/12/2023	26/12/2023	15/01/2024	29/01/2024	07/02/2024		
Booster module repair	16/08/2023	27/11/2023	01/09/2023	05/09/2023	07/09/2023	07/09/2023	16/11/2023	21/11/2023	23/11/2023	27/11/2023			
Complete core + low pressure modules LLP	23/08/2023	02/04/2024	15/09/2023	09/10/2023	19/10/2023	02/11/2023	11/01/2024	01/02/2024	28/02/2024	21/03/2024	02/04/2024		
Core engine-lpt stg1 nozzle	30/08/2023	28/02/2024	22/09/2023	06/10/2023	13/10/2023	25/10/2023	03/01/2024	16/01/2024	19/02/2024	28/02/2024			
Complete core w/ all LLP	06/09/2023	07/03/2024	29/09/2023	13/10/2023	20/10/2023	01/11/2023	10/01/2024	23/01/2024	13/02/2024	27/02/2024	07/03/2024		
Complete core+ booster	13/09/2023	25/03/2024	06/10/2023	24/10/2023	01/11/2023	13/11/2023	22/01/2024	06/02/2024	27/02/2024	14/03/2024	25/03/2024		
Core - lpt stg1 nozzle + booster	11/01/2024	18/07/2024	05/02/2024	21/02/2024	29/02/2024	08/03/2024	17/05/2024	03/06/2024	21/06/2024	09/07/2024	18/07/2024		
AGB repair	29/01/2024	03/05/2024	14/02/2024	15/02/2024	16/02/2024	16/02/2024	26/04/2024	30/04/2024	30/04/2024	01/05/2024	03/05/2024		
Hot section repair	24/01/2024	25/06/2024	16/02/2024	27/02/2024	28/02/2024	07/03/2024	16/05/2024	21/05/2024	05/06/2024	14/06/2024	25/06/2024		
HPT module repair	22/04/2024	16/08/2024	15/05/2024	23/05/2024	24/05/2024	31/05/2024	12/07/2024	17/07/2024	30/07/2024	07/08/2024	16/08/2024		
Data de começo													
MF Mot. - Rem.	Sub. M/F SM - Rem.	Sub. M - Desm.	Sub. F - Desm.	Reparação	Sub. M - Mont.	Sub. F - Mont.	Sub. M/F SM - Inst.	MF Mot. - Inst.					
12/07/2023	26/07/2023	02/08/2023	14/08/2023	23/10/2023	03/11/2023	24/11/2023	08/12/2023	19/12/2023					
19/07/2023	04/08/2023	14/08/2023	24/08/2023	02/11/2023	17/11/2023	08/12/2023	26/12/2023	04/01/2024					
26/07/2023	09/08/2023	16/08/2023	28/08/2023	06/11/2023	17/11/2023	07/12/2023	21/12/2023	01/01/2024					
02/08/2023	31/08/2023	18/09/2023	05/10/2023	14/12/2023	12/01/2024	19/02/2024	19/03/2024	28/03/2024					
09/08/2023	23/08/2023	30/08/2023	11/09/2023	20/11/2023	01/12/2023	21/12/2023	04/01/2024	15/01/2024					
16/08/2023	18/08/2023	22/08/2023	22/08/2023	31/10/2023	03/11/2023	03/11/2023	07/11/2023	09/11/2023					
23/08/2023	14/09/2023	26/09/2023	10/10/2023	19/12/2023	09/01/2024	05/02/2024	27/02/2024	08/03/2024					
30/08/2023	13/09/2023	20/09/2023	02/10/2023	11/12/2023	22/12/2023	11/01/2024	25/01/2024	05/02/2024					
06/09/2023	20/09/2023	27/09/2023	09/10/2023	18/12/2023	29/12/2023	19/01/2024	02/02/2024	13/02/2024					
13/09/2023	29/09/2023	09/10/2023	28/12/2023	12/01/2024	02/02/2024	20/02/2024	29/02/2024	29/02/2024					
11/01/2024	29/01/2024	06/02/2024	14/02/2024	24/04/2024	09/05/2024	29/05/2024	14/06/2024	25/06/2024					
29/01/2024	30/01/2024	31/01/2024	31/01/2024	10/04/2024	12/04/2024	12/04/2024	15/04/2024	17/04/2024					
24/01/2024	02/02/2024	05/02/2024	13/02/2024	23/04/2024	26/04/2024	13/05/2024	22/05/2024	31/05/2024					
22/04/2024	30/04/2024	01/05/2024	08/05/2024	19/06/2024	24/06/2024	05/07/2024	15/07/2024	24/07/2024					
1	0	1	6	0	2	0	0	0					

Figura 5.11: Tabela de Datas por *Workscope* e por Processo

Os processos representados estão divididas por tarefas realizadas por área, e pela tipologia de componente intervencionado. Como tal, temos os seguintes processos:

1. Área de Montagem Final - Remoção de Componentes do Motor;
2. Área de Montagem Final - Remoção de Submódulos;

3. Desmontagem de Submódulos na área de Subconjuntos Móveis;
4. Desmontagem de Submódulos na área de Subconjuntos Fixos;
5. Reparação de Componentes;
6. Montagem de Submódulos na área de Subconjuntos Móveis;
7. Montagem de Submódulos na área de Subconjuntos Fixos;
8. Área de Montagem Final - Instalação de Submódulos;
9. Área de Montagem Final - Instalação de Componentes do Motor;

Podem ser retiradas outras informações da análise da tabela da Figura 5.11, como por exemplo quantos *worksopes* se encontram em determinado processo e área respetiva. Para fazer esta análise, é necessário ter em conta as seguintes regras, representadas na Figura 5.12.

Data pretendida								
20/09/2023								
Atualizar valores depois de cada análise!								
Começo								
MF Mot. - Rem.	Sub M/F SM - Rem.	Sub. M - Desm.	Sub. F - Desm.	Reparação	Sub. M - Mont.	Sub. F - Mont.	Sub. M/F SM - Inst.	MF Mot. - Inst.
1	0	1	6	0	2	0	0	0

Regras para análise:
Colocar a data pretendida
Verificar a fase do motor (sempre a célula mais à direita na tabela "Data de começo")
Preencher na tabela acima quantos WS por fase na data pretendida
Verificar número de kits nas tabelas do lado direito
Prestar atenção à data pretendida vs. Data dos worksopes (podem estar inativos)

Figura 5.12: Regras de Análise da Tabela

Como se pode verificar, é necessário escolher uma data pretendida de análise, sendo que esta só faz sentido ser realizada nas colunas de data de término, por assinalar de uma maneira mais precisa se o motor se encontra na fase assinalada pelo programa.

Esta data pretendida de análise vai pintar de amarelo as células da fase atual e fases anteriores, sendo que a contagem apenas vai ser feita pela célula pintada mais à direita na linha de cada *workscope*. Neste caso em específico, e fazendo referência à Figura 5.10., é possível fazer a contagem deste modo e aferir que, dos dez motores em oficina:

- 2 motores encontram-se na fase de Montagem de Submódulos na Área de Subconjuntos Móveis;
- 6 motores encontram-se na fase de Desmontagem de Submódulos na Área de Subconjuntos Fixos;

- 1 motor encontra-se na fase de Desmontagem de Submódulos na Área de Subconjuntos Móveis;
- 1 motor encontra-se na fase de Remoção de Componentes na Área da Montagem Final.

É necessário assinalar, depois da análise concluída, estes valores na tabela construída para o efeito. Esta vai conjugar com a tabela que contabiliza o número de *kits* necessários mediante o planeamento realizado. Este vai ser explicado em maior detalhe de seguida.

5.5.3 Contagem de *Kits* CD e LD

Com todas as informações obtidas anteriormente, o último passo na análise do planeamento é a contabilização de *kits* CD e LD, de acordo com a utilização destes por processo e área.

Esta informação é cruzada com o número de motores assinalado na tabela da Figura 5.12., e refletida nas tabelas presentes na Figura 5.13., que conjugam *kits* para os MM, em cima, e para os SM, em baixo.

Data pretendida

20/09/2023

Atualizar valores depois de cada análise!

Começo

MF Mot. - Rem.	Sub M/F SM - Rem.	Sub. M - Desm.	Sub. F - Desm.	Reparação	Sub. M - Mont.	Sub. F - Mont.	Sub. M/F SM - Inst.	MF Mot. - Inst.
1	0	1	6	0	2	0	0	0

Regras para análise:

Colocar a data pretendida

Verificar a fase do motor (sempre a célula mais à direita na tabela "Data de começo")

Preencher na tabela acima quantos WS por fase na data pretendida

Verificar número de kits nas tabelas do lado direito

Prestar atenção à data pretendida vs. Data dos workscopes (podem estar inativos)

Kits necessários

MM03 LD	MM02 LD	MM01 LD
10	10	10

SM59 LD	SM58 LD	SM57 LD	SM56 LD	SM54 LD	SM53 LD	SM52 LD	SM51 LD	SM42 LD	SM41 LD
2	2	2	9	9	9	9	9	9	9
SM32 LD	SM30 LD	SM24 LD	SM23 LD	SM22 LD	SM21 LD	SM61 LD	SM62 LD	SM63 LD	
9	9	4	4	5	4	1	1	1	

Figura 5.13: Contagem de *Kits* CD e LD

Esta contabilização é essencial para que a equipa de Engenharia consiga cruzar esta informação com as ferramentas que dispõem de momento, de modo a saber se têm capacidade de levar a cabo este planeamento ou se necessitam de alterar a ordem de entrada ou tipos de *workscope* planeados.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Ao longo da realização da dissertação, foram aprofundados os conhecimentos acerca do motor *LEAP-1A* e dos seus componentes, assim como dos processos de remoção, instalação, montagem e desmontagem de componentes. Foram estudadas as movimentações de TMA's em oficina, locais de armazenamento dos módulos inativos, espaços da oficina e as 576 ferramentas utilizadas na manutenção deste motor. Esta análise abrangente é necessária para englobar todos estes aspetos num processo tão exigente a nível de recursos como o aumento de capacidade de manutenção para dez motores em simultâneo, com a inclusão deste novo fluxo de trabalho no já existente com outros modelos (CFM56-5A, -5B, 7B).

É no âmbito da previsão de constrangimentos, avaliação de necessidades da oficina e do planeamento da manutenção que se insere esta dissertação, com um especial foco na capacitação da oficina para a receção, processamento e manutenção de dez motores em simultâneo.

Os motores, para efeitos de avaliação inicial do acréscimo de capacidade de manutenção, são induzidos em oficina a cada cinco dias úteis, até chegar à capacidade máxima pretendida de dez motores. Após a chegada a este patamar, apenas é induzido um novo motor quando sair algum destes dez que entrou, mantendo-se esta cadência enquanto esta estratégia de planeamento se mantiver. Os *workscores* que são associados a cada motor que entrar são definidos pelo cliente, sendo que nesta dissertação é considerado o rácio de nove *workscores* mais trabalhosos para um *workscope* com uma carga laboral mais reduzida, num cenário de estabilização do fluxo de trabalho, e de seis *workscores* "pesados" para quatro "leves" num cenário de início de implementação do aumento de capacidade.

O número de TMA's, para cada um dos cenários previstos de intervalos de reparação (50 ou 120 dias), é o mesmo, devido à contabilização destes apenas ter em conta número de trabalhadores por módulo, e não o tempo despendido no processo. Devido à flutuação de número de TMA's consoante os *workscores* escolhidos e a sua distribuição temporal por áreas, arbitrou-se um conjunto de dez *workscores* a induzir em oficina com uma semana

de intervalo. Estimou-se, no cenário realizado, que, para o conjunto dos dez motores, em diferentes áreas, são necessários 21 TMA's, distribuídos da seguinte forma pelas áreas: 8 na Área da Montagem Final; 3 na Área de Subconjuntos Móveis; 6 na Área de Subconjuntos Fixos. O número de TMA's pode, portanto, ser maior, mas o que é expectável é este número ser mais baixo e melhor distribuído consoante as áreas, quando a cadência de entrada de motores e de processos de manutenção estiverem estabilizados. Não foram contabilizados os TMA's para a Área da Reparação devido à falta de informação e imprevisibilidade dos *workscores* de um motor relativamente novo à manutenção.

Os *kits* de ferramentas, e a composição dos mesmos, estão descritos no Apêndice A, tanto os *kits* CD como os *kits* LD, contabilizando entre os dois cerca de 668 ferramentas, como já referido no início do capítulo.

Foram elaborados 18 *kits* CD e 20 *kits* LD. Existem 500 ferramentas distribuídas em *kits* CD e 168 ferramentas nos *kits* LD, não existindo partilhas de ferramentas entre os dois, devido à própria definição dos *kits*. É de notar que 137 ferramentas são partilhadas entre processos de montagem/desmontagem do mesmo sub-módulo, assim como 5 *kits* que partilham ferramentas entre si.

Alguns *kits* CD não foram equacionados, devido à natureza das ferramentas utilizadas na sua manutenção ser mais adequada à composição de *kits* LD. São, no entanto, equacionados *kits* LD para todos os módulos componentes do motor, visto ser necessário o apoio e armazenamento de módulos em todos os *workscores* de motor previstos.

A recomendação desta dissertação, baseada no trabalho realizado em piso de oficina pelos TMA's e equipa de Engenharia, é de elaborar uma encomenda de ferramentas de suporte de acordo com os valores apresentados na Tabela 5.6. Foi feito o acompanhamento dos trabalhos durante o período do estágio e verificou-se que esta seria uma estratégia viável, para otimizar os fluxos de manutenção. A diferença das ferramentas de suporte para as Longa Duração deve-se à natureza da sua utilização prever o suporte aos módulos do motor por um período de tempo que se pode estender desde o início da manutenção do motor até à montagem final do mesmo. As encomendas de ferramentas de suporte permitirão suportar os dez motores, em várias fases de montagem e desmontagem, com um máximo de:

- 6 motores totalmente montados;
- 4 motores com MM01+MM02;
- 4 MM01 armazenados em pedestais;
- 9 MM03 armazenados (1 estático e 8 em suportes móveis);

-
- 8 MM02 armazenados; 8 MM01 em suportes móveis;
 - 4 rotores da *HPT*;
 - 4 *nozzles* 2º andar *HPT*.

Quanto à disposição das ferramentas de suporte no espaço de oficina, são consideradas cinco áreas de armazenamento das ferramentas: Área do Armazenamento (junto ao armazenamento de MM01 inativos); Área de Ferramentas de *LEAP-1A*; Área Suplementar; Área de Subconjuntos Fixos e Móveis; e área das Prateleiras (junto à Área de Ferramentas de *LEAP-1A*). Destas áreas, apenas a Área Suplementar é considerada como solução de recurso, caso seja possível a alteração da área em que está inserida de modo a acomodar a criação desta. As restantes áreas estão já definidas como espaços de armazenamento e não serão alocadas a outros propósitos. Recomenda-se a colocação, pelo menos uma fase inicial, de ferramentas de suporte nas áreas acima definidas, com a disposição referida no Capítulo 5.3.2. Deste modo, apenas ficam 113 ferramentas de suporte na Área da Ferramentaria. É assegurado um grande número de ferramentas para ajudar na operação normal pretendida (*WIP10*) e é assegurado um fluxo de movimentações na oficina mais eficiente, por evitar mais deslocações à Ferramentaria.

Uma das recomendações para a operação da oficina é o armazenamento de MM01 inativos nas ferramentas de armazenamento móvel tipo *dolly*, e posterior substituição do atual armazenamento de MM01 inativos dos motores da família CFM56. Pretende-se uma substituição total pelos módulos de *LEAP-1A*, com um número máximo de armazenamento de oito unidades, distribuídos por duas filas. Os restantes módulos inativos serão armazenados com o formato atual de operação da oficina - aposta no armazenamento em ferramentas de suporte móveis, nas principais áreas ou contiguamente a estas (corredores junto às áreas), de modo a ser possível a fácil movimentação destas quando necessário.

Futuramente, seria importante a realização de análises de risco das ferramentas que tenham sofrido um maior número de falhas ao longo de um certo período temporal (por exemplo 6 meses a 1 ano). Este seria um trabalho de elevada importância, para permitir mapear as ferramentas com maior uso, e determinar quais as ferramentas que tenham outras necessidades, tanto em quantidades como em períodos de manutenção preventiva, para evitar indisponibilidades. Também se considera de elevada importância o projeto de *kits* de ferramentas numa plataforma móvel, que aglomerassem o máximo de ferramentas com utilização frequente em vários sub-módulos, ou até o total de ferramentas de Curta Duração que fossem utilizadas na montagem e desmontagem de um qualquer sub-módulo. Este trabalho passa pelo projeto em ferramentas de desenho e simulação 3D, como o *SolidWorks*, prova de conceito e projeto da disposição das ferramentas no *kit*.

De igual modo, seria relevante uma análise, com recurso a ferramentas e metodologias apropriadas ao efeito, aos processos realizados em piso oficial, de modo a melhorar a movimentação dos trabalhadores e melhorar tanto a qualidade de vida destes como a segurança e rapidez nos procedimentos que realizam. Esta análise poderá ser acompanhada de uma que avalie a possibilidade de fabricar algumas ferramentas mais simples nas instalações da oficina, o que iria representar um custo menor de aquisição de ferramentas e de manutenção das mesmas.

BIBLIOGRAFIA

- Ackert, S. (2011). «Engine maintenance concepts for financiers». Em: *Aircraft Monitor*.
- Bureau, Aviation Safety (2010). *Aircraft repair*. URL: <http://www.aviation-safety-bureau.com/aircraft-repair.html>. Consultado em 18/6/2023.
- Button, K. (2002). «Debunking some common myths about airport hubs». Em: (Virginia, USA).
- Carpenter, R. e A. Henderson (2008). «Keep Them Flying: Find your winning position in the MRO game». Em: *IBM Global Business Services*.
- CENFORTEC (2023). *Técnico de Manutenção Aeronáutica*. URL: <https://cenfortec.pt/>. Consultado em 30/5/2023.
- CIMData (2002). *Product lifecycle management: Empowering the future of business*.
- EFNMS (2013). *MRO Definition. European Federation of National Maintenance Society*. URL: <http://www.efnms.org/>. Consultado em 3/4/2023.
- Engineering, TAP Maintenance (2023). *TAP Maintenance Engineering*. URL: <https://www.tapme.pt/en/>. Consultado em 7/6/2023.
- Geisbush, J. (2023). «Reliability centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice». Em: (Arizona, USA).
- Imobiliário, Diário (2022). *Onde irá aterrar a sede da TAP?* URL: <https://www.diarioimobiliario.pt/Atualidade/Escritorios/Onde-ira-aterrar-a-sede-da-TAP>. Consultado em 29/3/2023.
- International, CFM (2023). *Engine Maintenance Manual*.
- Kinnison, H. A. (2012). *Aviation Maintenance Management*. 2nd. McGraw-Hill.
- Lourenço, João M. (2021). *The NOVAthesis L^AT_EX Template User's Manual*. NOVA University Lisbon. URL: <https://github.com/joaomlourenco/novathesis/raw/master/template.pdf>.
- Moubray, J. (2000). «Reliability Centered Maintenance (RCM)». Em: (Aladon, United Kingdom).
- Safran (2023). *LEAP-1A, a new-generation engine for the A320neo family*. URL: <https://shorturl.at/loAGZ>. Consultado em 20/2/2023.

BIBLIOGRAFIA

- Sherwin, D. (2000). «A review of overall models for maintenance management». Em: *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 6 No. 3, pp. 138-164.
- Skybrary (2023). «Auxiliary Power Unit (APU)». Em: URL: <https://skybrary.aero/articles/auxiliary-power-unit-apu>. Consultado em 9/2/2023.
- Soares, C. (2008). «Performance, Performance Testing, and Performance Optimization». Em: *Gas Turbines*.
- Solutions, Rangel Logistic (2022-01). *FIFO e LIFO: para que servem?* URL: <https://www.rangel.com/pt/blog/fifo-e-lifo-para-que-servem/>. Consultado em 15/5/2023.
- Wang, M. (2011). «Plasma Spraying - an overview». Em: *Nanocoatings and Ultra-Thin Films*.

A

KITS DE CURTA DURAÇÃO (CD) E DE LONGA DURAÇÃO (LD)

Kits CD

MM03 CD			
Name	Ref.	Qty	Stock
REAR LIFTING FIXTURE	-	1	1
BEARING 4 ROTATING SEAL REMOVING FIXTURE	-	1	0
LPT REAR FRAME INSTALLATION GUIDE FIXTURE	-	1	1
REAR FRAME GUIDING FIXTURE	-	1	0
LPT REAR FRAME REMOVAL FIXTURE	-	1	1
BEARING 4 ROTATING SEAL REMOVE	-	1	0
ROTOR STATOR RESTRAINER FIXTURE	-	1	1
FIXTURE, RESTRAINER - D BOLT, LPT SHAFT	-	1	1
BALANCING FIXTURE	-	1	1
BALANCE WEIGHT TORQUING WRENCH (all except G01)	-	1	1
No. 5 BEARING SLAVE INSTALLING FIXTURE	-	1	1
No. 5 BEARING SLAVE LIFTING FIXTURE	-	1	1
LPT SHAFT INSTALLATION GUIDE FIXTURE	-	1	1
BALANCING RING	-	1	1
LPT SIMPLE RESTRAINER	-	1	1
SEAL RING AND TRUNNION TORQUE WRENCH	-	1	1
M10 RING SEAL REMOVAL FIXTURE	-	1	1
No.5 BEARING OUTER RACE JACK SCREWS	-	1	2
JACK SCREWS SET	-	1	1
FORWARD SHAFT LIFTING FIXTURE	LEAP-00-H	1	1
LPT REAR FRAME AND LPT CASE LIFTING FIXTURE	-	1	1
DUMMY BOLT	-	1	1
LPT ASSY BALANCING DRIVER	-	1	1
SEAL RING PUSHING SCREWS SET	-	1	1
LPT REAR FRAME LIFT ADAPTER	LEAP-00-H	1	1
KIT, GUIDE PIN - LPT	-	1	1
REAR PROTECTION PLATE DUMMY SHIM	-	AR	0

Figura A.1: Kit CD para o MM03

APÊNDICE A. KITS DE CURTA DURAÇÃO (CD) E DE LONGA DURAÇÃO (LD)

MM02 CD								
Name	Ref.	Qty	TAP	Name	Ref.	Qty	TAP	
Air HPT Rotor Lift and Turn Fixture	-	1		1 Jack Screws Tool Set	-	1		1
Install Stage 1 HPT Blade Retainer and HPT Interstage Seal Chill Fixture	-	1		1 HIGH PRESSURE TURBINE ROTOR/HIGH PRESSURE COMPRESSOR	-	1		1
Stage 2 Aft Blade Retainer Install/Remove Fixture	-	1		1 STAGE 2 NOZZLE REMOVAL GUIDE FIXTURE	-	1		1
Aft and Forward HPC and HPT Rotor Lift and Turn Fixture	-	1		1 CDN Build-up Fixture	-	1		1
HPT Stage 2 Blade Retainer Chill Fixture	-	1		1 CDN Roll Over Stand Adapter	-	1		0
TURBINE CENTER FRAME HORIZONTAL/VERTICAL LIFT ADAPTER	-	1		1 Hydraulic Portable Hand Pump	-	1		0
NO. 4 BEARING AFT ROTATING AIR SEAL ASSEMBLY PULLER	-	1 EA		1 Assembly Lube System Airflow Test Stand	-	1		0
NO. 4 BEARING INNER RACE REMOVE FIXTURE	-	1 EA		1 Rotor Compressor/ Assembly Inspection System	-	1		0
NO. 4 OIL SCOOP REMOVE FIXTURE	-	1 EA		1 Portable Hydraulic Actuator	-	1		0
NO. 4 SEAL RUNNER REMOVE FIXTURE	-	1 EA		1 NO. 4 BEARING INNER RACE/OIL SCOOP/ROTATING SEAL/FO	-	1		1
TURBINE CENTER FRAME ROLLOVER STAND BRACKET SET	-	1		1 No. 4 CARBON SEAL LEAK TEST CLOSURE SET	-	1		0
STATIONARY SEALS, B-SUMP REMOVE FIXTURE	-	1 EA		1 TCF Dummy Fixture	-	1		1
COMPRESSOR DISCHARGE PRESSURE NUTS BREAK TORQUE FIXTURE	-	1		1 NO. 4 CARBON SEAL INSTALL FIXTURE	-	1		1
TCF AND HPT CASE SEPARATION FIXTURE	-	1		1 NO. 4 BEARING OUTER RACE INSTALL FIXTURE	-	1		1
COMPRESSOR DISCHARGE PRESSURE JOINT (AMD) TORQUE SYSTEM	-	1		1 NO. 4 BEARING CARBON SEAL LEAKAGE TEST FIXTURE	-	1		1
Stage 2 HPT Blade Retainer Horizontal Removal Chill Fixture	-	1		0 CDP Bore Run Out Fixture	-	1		1
CDN Guide Adapter Set	-	1		1 VISUAL INSPECTION SYSTEM	-	1		0
CDN Assembly Lift Fixture	-	1		1 HYDRAULIC COMPRESSOR DISCHARGE NOZZLE MODULAR TU	-	1		1
HPT Rotor Air Duct Installation Fixture	-	1		1 HPC/HPT Kink Check Program	-	1		1
HPT Stage 2 Nozzle Assembly Horizontal/Vertical Lift and Turn Fixture	-	1		1 Stage 1 HPT Disk Forward Flange Chill Fixture	-	1		1
Aft HPT Rotor Lock Fixture	-	1		1 CORE ENGINE LOCK ADAPTER	-	1		1
HPT Air Duct Install and Removal Tool Set	-	1		1 Locally manufactured code	-	1		0

Figura A.2: Kit CD para o MM02

MM01 CD								
Name	Ref.	Qty	TAP	Name	Ref.	Qty	TAP	
SET SCREW, REMOVE	-	1		1 FAN SHROUD ASSY LUG FIXTURE	-	1		1
FIXTURE, GUIDE - N°1-2 BEARING SUPPORT	-	1		1 FAN SHROUD ASSY BUILD STAND FIXTURE	-	1		0
No. 1 AND No. 2 BEARING SUPPORT GUIDE FIXTURE	-	1		1 No. 1 AND No. 2 BEARING SUPPORT STORAGE STAND	-	1		0
FIXTURE, LIFTING - TRANSFER GEARBOX	-	1		1 TRANSFER GEARBOX PREPARATION FIXTURE	-	1		1
1-2 BEARING SUPPORT LIFTING AND TURNING FIXTURE	-	1		1 FIXTURE, REMOVAL/INSTALL - PANEL FLOW PATH	-	1		2
FIXTURE LIFT VARIABLE CG - BEARING SPT 1 AND 2	-	1		1 FIXTURE, REMOVAL/INSTALLATION - SPLITTER FAIRING	-	1		1
BOOSTER GUIDE SHAFT FIXTURE	-	1		1 FAN GUIDE PIN SET	-	1		1
BOOSTER ASSY LIFTING AND TURNING FIXTURE	-	1		0 OIL TANK REMOVE/INSTALL ADAPTER	-	1		1
FIXTURE, LIFT VARIABLE CG - FAN AND BOOSTER	-	1		1 JACK BOTTOM LRU	-	1		1
FAN AND BOOSTER REMOVE FIXTURE	-	1		1 SLIDE HAMMERS AND ADAPTERS KIT	-	1		1
BOOSTER SHAFT NUT TORQUE WRENCH	-	1		1 FAN LIFTING FIXTURE	-	1		1
ADAPTER, PLATE AND SPHERICAL JOINT - FAN MODULE	-	1		3 TGB PISTON RING INSTALL FIXTURE	-	1		1
BOOSTER SHAFT NUT TORQUE FIXTURE	-	1		1 FAN AND BOOSTER NUT CHECK ALIGNMENT FIXTURE	-	1		1
ADVANCE KEY DOLLY	-	1		1 FIXTURE, CHECK LOCATION - SYSTEM ANTI ICING, FAIRING FL	-	1		1
FIXTURE, LIFT AND TURN - FAN CASE / SHROUD FAN FRAME	-	1		1 PIN, GUIDE - SHROUD FRONT PLATFORM	-	1		1
KIT, RESTRAIN - OIL PIPE, SACOC	-	1		1 FIXTURE, GUIDE - NUT, BARREL, FAN DISK	-	1		1
FIXTURE, REMOVE - SPACER, FAN BLADE (all except G01)	-	1		1 SHROUD FAN FRAME BLANK OFF AND ADAPTER KIT	-	1		0
FAN DISK SPACER REMOVE FIXTURE	-	1		0 FAN CASE GUIDING FIXTURE	-	1		0
SET, LIFTING BRACKET - FRONT, ENGINE ASSEMBLY	-	1		1 TRANSFER GEAR BOX RADIAL SHAFT MANUAL ORIENTATION	-	1		1
FAIRING FLOW PATH RESTRAINING FIXTURE	-	1		1 BLADES MAPPING SOFTWARE	-	1		1
FIXTURE, REMOVE - PLATFORM FRONT SHROUD (all except G01)	-	1		1 FIXTURE, INSTALL - PLATFORM FRONT SHROUD (all except G	-	1		1

Figura A.3: Kit CD para o MM01

SM63 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
REMOVE/INSTALL TOOL FOR DYNAMIC SEAL OF AGB ASSEMBLY	-	1	1
RIGGING FIXTURE FOR AGB ASSEMBLY	-	1	1
PUSHER/PULLER FOR RESTRICTOR OF OPT ASSEMBLY	-	1	1
ALIGNMENT PIN FOR BEARING OF AGB DAMPERS	-	1	1
HANDLING OF SLING ON AGB ASSEMBLY	-	1	0
Puller for AGB bearing	-	1	1
Puller for AGB bearing	-	1	1
Puller for AGB bearing	-	1	1
PULLER FOR AGB BEARING	-	1	1
PULLER FOR AGB BEARING	-	1	1
Puller for AGB bearing	-	1	1
Puller for AGB bearing	-	1	1
Puller for AGB bearing	-	1	1
Puller for AGB bearing	-	1	1
PULLER FOR AGB BAFFLE	-	1	1
ALIMENTATION NIPPLE FOR AGB ASSEMBLY	-	1	1
TARGET TOOL SET FOR AGB ASSEMBLY	-	1	1
TARGET TOOL SET FOR AGB ASSEMBLY	-	1	1
Pusher for TGB bearing	-	1	1
Pusher guide tool for AGB bearing	-	1	1
Pusher for TGB bearing	-	1	1
Pusher guide tool for AGB bearing	-	1	1
PUSHER GUIDE TOOL FOR LINE 8 BEARING OF AGB ASSEMBLY	-	1	1
ALIGNMENT PIN FOR COVERS OF AGB ASSEMBLY	-	2	1
Install set for AGB O-ring	-	1	1
PUSHER SET FOR AGB OIL BAFFLE	-	1	1
LEAK TEST SET FOR AGB ASSEMBLY	-	1	1
Drive splines adapter for bevel gears of AGB assembly	-	1	1
LEAK TEST SET FOR AGB ASSEMBLY	-		1

Figura A.4: Kit CD para o SM63

SM62 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
HANDLING OF SLING ON TGB ASSEMBLY	-	1	1
Torque fixture adapter for L1 nut of TGB assembly	-	1	1
torque wrench for bevel gear of TGB assembly	-	1	1
TORQUE WRENCH FOR BEVEL GEAR OF TGB ASSEMBLY	-	1	1
TORQUE FIXTURE ADAPTER FOR L2 NUT OF TGB ASSEMBLY	-	1	1
Torque fixture for nuts of TGB assembly	-	1	1
Torque wrench for bevel gear of TGB assembly	-	1	1
TORQUE WRENCH FOR RDS ASSEMBLY	-	1	1
TORQUE WRENCH FOR RDS ASSEMBLY	-	1	1
PULLER SET FOR RDS BEARING	-	1	1
IMPINGEMENT TEST TARGETTING SET FOR TGB OIL NOZZLE	-	1	1
INSTALL SET FOR TGB O-RING	-	1	1
IMPINGEMENT TEST TARGETTING SET FOR TGB OIL NOZZLE	-	1	1
ALIMENTATION NIPPLE FOR TGB ASSEMBLY	-	1	1
IMPINGEMENT TEST TARGETTING SET FOR TGB OIL NOZZLE	-	1	1
Load set for TGB bearing	-	1	1
Pusher for AGB/TGB bearing	-	1	1
Support fixture for bearing of TGB assembly	-	1	1
Pusher for TGB bearing	-	1	1
Pusher for TGB bearing	-	1	1
Torque wrench for bevel gear of TGB assembly	-	1	1
BACKLASH SUPPORT FOR BEVEL GEARS OF TGB ASSEMBLY	-	1	0
BACKLASH STAND FIXTURE FOR BEVEL GEARS OF TGB ASSEMBLY	-	1	0
BACKLASH FIXTURE FOR BEVEL GEARS OF TGB ASSEMBLY	-	1	0
Drive splines adapter for bevel gears of TGB assembly	LEAP-00-G	1	1
LEAK TEST SET FOR TGB ASSEMBLY	-	1	1
INSTALL SET FOR TGB O-RING	-	1	1
TGB BEVEL GEAR BACKLASH SUPPORT	-	1	1

Figura A.5: Kit CD para o SM62

SM61 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
IGB Assembly Lift Fixture	-	1	1
Pinion Outer Race Removal Fixture	-	1	0
3B Bearing Locknut Torque Fixture	-	1	1
Pinion Bearing Removal Fixture	-	1	1
3R Bearing Outer Race Removal Fixture	-	1	1
No. 3 Bearing Forward Inner Ring/Oil Distributor Removal Fixture (PRE SB 72-0185)	-	1	1
3R Bearing Oil Scoop Puller	-	1	1
3R Bearing Seal Runner Puller	-	1	1
3R Bearing Inner Ring Puller Fixture	-	1	1
3B Bearing Inner Race Puller	-	1	1
Radial Bevel Gear Locknut Torque Fixture	-	1	1
IGB Locknut Assembly Fixture	-	1	1
IGB Shipping Fixture	-	1	0
Pinion Outer Race Removal Fixture	-	1	1
No. 3 Bearing Assembly Fixture	-	1	1
Assembly Aligning Install Fixture Retaining Pins	-	1	1
Shimming IGB Inspect Fixture	-	1	1
IGB Self Retaining Bolts Install Fixture	-	1	1
Ball Bearings Loading Fixture	-	1	1
Nut Pin Depth Inspect Fixture	-	1	1

Figura A.6: Kit CD para o SM61

APÊNDICE A. KITS DE CURTA DURAÇÃO (CD) E DE LONGA DURAÇÃO (LD)

SM59 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
LPT REAR FRAME FERRULE REMOVAL FIXTURE	-	1	0
No. 5 BEARING OUTER CASE REMOVAL FIXTURE	-	1	0
No.5 BEARING SQUEEZE FILM REMOVAL FIXTURE	-	1	0
No.5 BEARING SUPPORT LIFTING FIXTURE	-	1	0
LPT REAR FRAME LIFT ADAPTER	-	1	1
No.5 BEARING SUPPORT PROTECTOR	-	1	1
No.5 BEARING INNER CASE REMOVAL SET	-	1	0
OIL TUBE LPT REAR FRAME TORQUE SET	-	1	0
No.5 BEARING SUPPORT EQUIPPED LIFTING FIXTURE	-	1	0
JACK SCREWS SET	-	1	1
LPT REAR FRAME AND LPT CASE LIFTING FIXTURE	LEAP-00-H	1	1
LPT REAR FRAME GRINDING FIXTURE	-	1	0
LPT REAR FRAME GAUGING RING	-	1	0
LPT REAR FRAME GRINDING PROTECTOR	-	1	0
No.5 BEARING FERRULE HEATER	-	1	0
No.5 BEARING FERRULE RESTRAINING FIXTURE	-	1	0
No.5 BEARING SQUEEZE FILM HEATER	-	1	0
No.5 BEARING SQUEEZE FILM RESTRAINING FIXTURE	-	1	0
No.5 BEARING SUPPORT EQUIPPED GUIDING AND PUSHING SET	-	1	0
No.5 BEARING OUTER RACE HEATER	-	1	0
No.5 BEARING OUTER RACE JACK SCREWS	-	1	2
SEALING RING RESTRAINING FIXTURE	-	1	0
No.5 BEARING OUTER RACE RESTRAINING FIXTURE	-	1	0
KIT, GUIDE PIN - LPT	-	1	1
LOCKING RING ASSEMBLY FIXTURE	-	1	0

Figura A.7: Kit CD para o SM59

SM58 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
LPT DISKS LIFTING FIXTURE	-	1	0
STAGE 1 TO 7 DISK LIFTING AND TURNING FIXTURE	-	1	0
FIXTURE, LIFTING/HOLDING - LPT, CASE TOOL	-	1	0
TRUNNION LIFTING AND TURNING FIXTURE	-	1	0
DISK TIGHTENING WRENCH	-	1	1
STAGE 7 BLADE REMOVAL FIXTURE	-	1	0
STAGE 2 SEAL RING ASSY AND DISASSY FIXTURE	-	1	0
DUMMY SCREW SET	-	1	1
HOLDING FIXTURE	-	1	0
LPT STAGE 2 AND 3 RING SEAL DISASSY FIXTURE	-	1	1
STAGE 2 TO 4 HEAT SHIELD INSTALLATION FIXTURE	-	1	1
TORQUE CONE AND DISK 5 LIFTING FIXTURE	-	1	0
SHAFT D BOLTS RESTRAINING FIXTURE	-	1	0
DISK BUSHINGS PUSHER PULLING SET	-	1	0
STAGE 2 TO 6 ANTI WEAR SHIM DISASSEMBLY FIXTURE	-	1	0
REAR ENCLOSURE RING SEAL PULLING FIXTURE	-	1	0
BEARING 5 RING SEAL PULLING FIXTURE	-	1	0
BEARING No.5 REMOVAL FIXTURE	-	1	0
NOZZLE SUPPORT 7 LIFTING AND REMOVAL FIXTURE	-	1	1
NOZZLE SUPPORT 2 LIFTING AND REMOVAL FIXTURE	-	1	0
NOZZLE SUPPORT 3 LIFTING AND REMOVAL FIXTURE	-	1	0
NOZZLE SUPPORT 4 LIFTING AND REMOVAL FIXTURE	-	1	0
NOZZLE SUPPORT 5 LIFTING AND REMOVAL FIXTURE	-	1	0
LPT NOZZLE SUPPORT STAGE 7 STAND	-	1	0
NOZZLE SUPPORT 6 LIFTING AND REMOVAL FIXTURE	-	1	0
NOZZLE SUPPORT 7 LIFTING AND REMOVAL FIXTURE	-	1	0
STAGE 5 DISK AND ROTATING RING SEAL PULLER	-	1	1
RETAINING RING REMOVAL FIXTURE	-	1	1
STAGE 1 TO 6 SHROUD ASSY AND DISASSY FIXTURE	-	1	0
STAGE 1 TO 7 BLADES STORAGE BOX	-	1	0
BEARING 5 LOCKING NUT TORQUING FIXTURE	-	1	0
STAGE 7 NOZZLE GAGE TOOL SET	-	1	0
FIXTURE, PULLER - LPT, RETAINING RING 7	-	1	1
SQUARE HEAD BOLT STAGE 4 RESTRAIN FIXTURE	-	1	0
LPT LIFTING FIXTURE	-	1	0
TURBINE WHEELS LIFTING BEAM	-	1	0
LPT REAR FRAME AND LPT CASE LIFTING FIXTURE	-	1	1
LPT PIN CHECK SET	-	1	0
SHROUD STAGE 7 PUSHING SCREW SET	-	1	1
DISK LIFTING AND TURNING FIXTURE	-	1	1
DIMENSION CHECK FIXTURE	-	1	0
STAGE 1 SEAL RING PUSHING FIXTURE	-	1	0
STAGE 2-6 NOZZLE SEGMENT LOCATING PIN SET	-	1	0
STAGE 7 RETAINING RING DUMMY	-	1	0
REAR SUMP SEAL RING PUSHING FIXTURE	-	1	0
RING SEAL PULLING SET	-	1	0
BEARING 5 RING SEAL PUSHING FIXTURE	-	1	0
BEARING 5 ROLLER LOCKING NUT	-	1	1
TORQUE CONE AND DISK 5 CRISS CROSS PATTERN PLATE	-	1	0
AXIAL MEASURE CLEARANCE GAUGE	-	1	0
STAGE 2-3 BLADES RESTRAINING FIXTURE	-	1	0
DISK 1 CENTERING RING FIXTURE	-	1	0
SET, GAGE TOOL - LPT BLADED DISK	-	1	0
DISK 5 AND TORQUE CONE PULLING SET	-	1	0
KIT, GUIDE PIN - LPT	-	1	1
BLADES MAPPING SOFTWARE	-	1	1
BLADED DISK BALANCE BASEPLATE	-	1	1

Figura A.8: Kit CD para o SM58

SM54 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
TURBINE CENTER FRAME HORIZONTAL/VERTICAL LIFT ADAPTER	-	1 EA	1
TURBINE CENTER FRAME ROLLOVER STAND BRACKET SET	-	1	1
Turbine Center Frame Seal Installation Guide Pins	-	1	1
STATIONARY SEALS, B-SUMP REMOVE FIXTURE	-	1	1
Stage 1 LPT Nozzles Lift Fixture	-	1 EA	1
B-Sump Remove Fixture Stationary Seals	-	1	1
HPT Aft Stationary Seal Remove Fixture	-	1	0
Vertical Lift Fixture	-	1	0
Turbine Center Frame Leak Test Closure Set	LEAP-00-SP-02-16-00		1
FORWARD STATIONARY OIL SEAL INSTALL FIXTURE	-	1	1
Bearing Support Housing Installation and Alignment Fixture	-	1	1
Services Tube Nuts Retaining Pin Install Fixture	-	1	1
Fuel Manifold Pressure Check Nitrogen Cart	-		1
Service Tube Nuts Retaining Wire Install Fixture	-	1	1

Figura A.9: Kit CD para o SM54

SM53 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
General Purpose Hoist Adapter	-		1
Stage 2 Shroud Hanger Removal Fixture	-	1	1
HPT Stage 2 Aft Retainer Removal Fixture	-	1	1
AIR TUBE REMOVAL FIXTURE	-		1
Stage 1 HPT Shroud Hangers Removal Fixture	-	1	1
CMC Segmented Shroud Assembly	-	1	1
Stage 2 HPT Shroud C-Clips Removal Tool Set	-	1	0
Stage 1 Three Piece Hanger Disassembly Fixture	-	1	0
HAND HELD RING PLACEMENT TOOL	-	1	0
STAGE 1 HANGER/SUPPORT HIGH PRESSURE TURBINE STATOR CASE INSTALL FIXTURE	-	1	0
HIGH PRESSURE TURBINE STAGE 2 AIR TUBE ALIGN/INSTALL TOOL SET	-	1	1
STAGE 2 HIGH PRESSURE TURBINE DUMMY SHROUD HANGER C-CLIP	-	1	1
HPT Stage 2 Nozzle Assembly Horizontal/Vertical Lift and Turn Fixture	-	1	1
Grind Stages 1 and 2 HPT Shrouds Fixture	-	1	0
Grind-Stages 1 and 2 HPT Shrouds Fixture	-	1	0
Go/No-Go Gauge for Stage 1 Hanger Forward Rail	-	1	0

Figura A.10: Kit CD para o SM53

SM52 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Aft HPT Rotor Lift and Turn Fixture	-	1	1
HPT Rotor Install and Remove Interstage Seal Fixture	-	1 EA	1
HPT Rotor Stage 2 Disk Install/Remove Fixture	-	1	0
HPT Rotor Coupling Nut Install/Remove Fixture	-	1	1
Aft and Forward HPC and HPT Rotor Lift and Turn Fixture	-	1	1
Stage 1 HPT Rotor Blade Clamping Fixture	-	1	1
HPT Rotor Forward Seal Install/Remove Fixture	-	1	1
HPT Stage 2 Blade Retainer Chill Fixture	-	1 EA	1
HPT Rotor Aft Seal Removal Fixture	-	1	1
HPT Rotor Interstage Seal/Stage 1 Aft Retainer Chill Fixture	-	1 EA	1
Interstage Seal/Blade Retainer Separation Fixture	-	1	1
HPT Rotor Stage 2 Disk Installation Guide	-	1	0
HPT Stage 1 Blades Install/Remove Fixture	-	1	1
HPT Stage 1 Blade Retainer Remove Fixture	-	1 EA	1
HPT Rotor Anti-Torque Adapter	-	1	1
HPT Rotor Stage 2 Disk Remove Fixture	-	1	1
Balance Blade Installation/Replacement Program	-	1	0
Rotor Compressor/ Assembly Inspection System	-	1	0

Name	Ref.	Qty	TAP
HPT Coupling Nut Torque System	-	1	0
Torque System Air Control Cart	-	1	0
Install Stage 1 HPT Blade Retainer and HPT Interstage Seal C	-	1	1
Aft HPT Rotor Stage 2 Disk Lift Fixture	-	1	1
HPT Rotor Stage 2 Disk Heater	-	1	1
HPT Rotor Balance Arbor	-	1	1
Stage 1 and Stage 2 Blades Tip Notch Fixture	-	1	1
Stage 1 Blade Retainer Install Fixture	-	1	0
Grind Forward Arbor	-	1	1
Balance Arbors Lift Fixture	-	1	1
HPC Rotor Assembly (Genspect) Support Fixture	-	1	1
HPT Forward Outer Seal Installation Fixture	-	1	0
HPT Forward Outer Seal Installation Fixture	-	1	1
Stage 1 HPT Disk Forward Flange Chill Fixture	-	1	1
Chilling Kit	-	1	1
HPT Rotor Coupling Nut Torque System	-	1	0
HPT Rotor Aft Seal Chill Fixture	-	1	1

Figura A.11: Kit CD para o SM52

APÊNDICE A. KITS DE CURTA DURAÇÃO (CD) E DE LONGA DURAÇÃO (LD)

SM41 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
CDN Aft Heat Shield Removal Fixture	-	1	1
CDN Assembly Lift Fixture	-	1	1
Combustor Puller	-	1	1
CDP Nut Removal Inner Nozzle Torque Fixture	-	1	1
CPD Stationary Seal Puller	-	1	1
CDN Roll Over Stand Adapter	-	1	0
Combustor Lift Fixture	-	1	1
Fuel Manifold Pressure Check Adapter Set	-	1	1
CDN Seal Bolts and Guide Pin Set	-	1	1
Igniter Depth Gage	-	1	2
Fuel Manifold Pressure Check Nitrogen Cart	-	1	1

Figura A.12: Kit CD para o SM41

SM32 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Compressor Stator Shroud Pins Remove Tool Set	-	1	0
HPC Stator Forward Half Case Lift Fixture	-	1	1
Alignment HPC Stator Split Case Fixture	-	1	0
Alignment HPC Stator Split Case Fixture	-	1	1

Figura A.13: Kit CD para o SM32

SM31 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
HPCR Stage 3 Blisk Lift Bore Tool	-	1	0
Aft and Forward HPC and HPT Rotor Lift and Turn Fixture	-	1	1
HPC Tube Support Removal Fixture	-	1	0
Compressor Rotor Stages 3 - 4 Flange Bolts Starting Nut Driver	-	1	1
Retaining Nut Removal and Installation Fixture	-	1	1
CDP Stages 6-10 Spool Removal Fixture	-	1	0
Geared Nut Driver	-	1	1
HPC Forward Shaft Lift and Turn Fixture	-	1	1
HPC Rotor Stage 2 Torque Fixture	-	1	0
HPC Aft Spool Lift and Turn Fixture	-	1	0
CPD Stage 6-10 Spool Removal Fixture	-	1	0
HPC Rotor Lift Fixture Set	-	1	1
Chilling Kit	-	1	1
Rotor Blade Locking Lugs Remove Fixture	-	1	1
HPC Rotor Stage 5 Final Torque Fixture	-	1	0
Rotor Compressor/ Assembly Inspection System	-	1	0
Aft HPT Rotor Lift and Turn Fixture	-	1	1
Balance Arbors Lift Fixture	-	1	1
HPC Rotor Lift and Turn Fixture	-	1	1
HPC Rotor Assembly Vertical Support Adapter	-	1	0
Torque Adapter to Install/Remove Tube Impeller Fixture	-	1 EA	1
Installation Stage 2 Alignment Pin	-	1	1
Aft HPC Rotor Balance/Grind Adapter	-	1	1
Aft HPC Rotor Balance and Grind Adapter	-	1	1
Compressor Locking Lugs Gage	-	1	1
HPC Rotor Assembly (Genspect) Support Fixture	-	1	1
HPC Rotor Stage 2 and Stage 5 Lift and Turn Fixture	-	1	1
Balance Bolts Calculator Program	-	1	1

Figura A.14: Kit CD para o SM31

SM30 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Aft and Forward HPC and HPT Rotor Lift and Turn Fixture	-	1 EA	1
Stage 6-10 CDP Seal/Spool Dummy Bolt Tool Kit	-	1 EA	1
HPC Forward Shaft Lift and Turn Fixture	-	1 EA	1
HPC Aft Stator Assembly Support Fixture	-	1	1
HPC Aft Case Shim	-	1	1
HPC Stator Forward Half Case Lift Fixture	-	1 EA	1
Aft Compressor Case Support Fixture	-	1 EA	1
VSV Electronic Portable Protractor	-	1	0
Portable Hydraulic Actuator	-	1	0
HPC Stator Rings Alignment Pin Set	-	1	1
Alignment HPC Stator Split Case Fixture	-	1	0
VSV Rigging Adapter	-	1	1
VSV Electronic Protractor Adapter	-	1	1
HPC Forward Stator Wear Guide Install Fixture	-	1	1
Alignment HPC Stator Split Case Fixture	-	1	1
VSV HPC Turnbuckle Gauging Fixture	-	1	1
VSV Actuation Portable Air Adapter	-	1	1

Figura A.15: Kit CD para o SM30

SM24 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
NO. 3 CARBON SEAL GUIDE FIXTURE	-	1	1
SET SCREW, REMOVE	-	1	1
FAN FRAME HUB IGB DAMPER REMOVAL FIXTURE	-	1	0
FIXTURE, LIFT AND TURN - FAN CASE / SHROUD FAN FRAME	-	1	1
FAN HUB LIFTING FIXTURE	-	1	1
FAN HUB BUILT STAND LUG FIXTURE	-	1	1
FAN HUB ASSEMBLY STAND FIXTURE	-	1	1
AFT SHROUD ASSY AND DISASSY SET	-	1	1
FIXTURE, LIFT - VANE LPC STAGE 4	-	1	0
FAN SHROUD ASSY LUG FIXTURE	-	1	1
FAN SHROUD ASSY BUILD STAND FIXTURE	-	1	0
VBV SLAVE ACTUATOR FIXTURE	-	1	1
OIL DISTRIBUTOR HUB BLANK OFF+	-	1	0
OGV LOCATION BELT	-	1	1
OIL TUBE GUIDING FIXTURE	-	1	1
ARM 8 O'CLOCK BLANK OFF REMOVAL FIXTURE	-	1	1
INNER RDS INSTALLING FIXTURE	-	1	1
FIXTURE, TORQUE AND LOOSEN WRENCH - STAGE 4 BOOSTER	-	1	0
FAN SHROUD AND FAN HUB GUIDE PIN AND CENTER FIXTURE	-	1	1
LIFT INTERNAL GEARBOX FIXTURE	-	1	0
VBV DOOR AXIS RETAINING TOOL	-	1	0
BELLCRANCK ACTUATING ASSEMBLY FIXTURE	-	1	1

Figura A.16: Kit CD para o SM24

SM22 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
No. 2 bearing support install/remove fixture	-	1	0
No. 1 bearing support install/remove fixture	-	1	0
No. 2 bearing inner race torque fixture	-	1	0
No. 2 bearing outer race torque fixture	-	1	0
Slotted rear nut torque fixture	-	1	0
No. 1 bearing nut torque fixture	-	1	0
No. 1 and no. 2 bearing support lifting fixture	-	1	0
No. 2 bearing inner race remove fixture	-	1	0
No. 2 bearing outer race remove fixture	-	1	0
No. 1 bearing inner race remove fixture	-	1	0
No. 2 bearing support remove fixture	-	1	0
Shaft front side lifting fixture	-	1	1
Disk load reduction device lifting fixture	-	1	1
Fixture, lifting - support bearing 2 assy	-	1	0
Shaft rear side lifting fixture	-	1	0
No. 1 bearing support assy lifting fixture	-	1	0
No. 2 bearing installation guide (Except 956A6825P01)	-	1	1
No. 2 bearing support shaft lifting and turn fixture	-	1	0
Remove screw set	-	3	1
Joint rotating seal assy/disassy fixture	-	1	0
No. 1 and no. 2 bearing support shaft protector	-	1	0
No. 2 bearing support remove fixture	-	1	0

Figura A.17: Kit CD para o SM22

APÊNDICE A. KITS DE CURTA DURAÇÃO (CD) E DE LONGA DURAÇÃO (LD)

SM21 CD			
Name	Ref.	Qty	TAP
BOOSTER ASSY LIFTING AND TURNING FIXTURE	-	1	0
FIXTURE, LIFT VARIABLE CG - FAN AND BOOSTER	-	1	1
No. 1 and no. 2 bearing support lifting fixture	-	1	0
LOW PRESSURE COMPRESSOR VANE LIFTING FIXTURE	-	1	0
FAN DISK LIFTING FIXTURE	-	1	0
Low pressure compressor spool lifting fixture	-	1	0
Low pressure compressor stage 3 and 4 blade storage fixture	-	1	0
SPOOL FAN DISK REMOVE FIXTURE	-	3	0
LOW PRESSURE COMPRESSOR SPOOL LIFTING FIXTURE	-	1	0
LOW PRESSURE COMPRESSOR VANE REMOVE SCREW SET	-	3	3
Guide - vane low pressure compressor	-	1	0
HEX BOLT GREASING BOX	-	1	0
D HEAD BOLT GREASING BOX	-	1	0
LOW PRESSURE COMPRESSOR VANE INSTALL SCREW SET	-	1	0
SPOOL ASSEMBLY HEATER	-	1	0
Low pressure compressor balancing fixture	-	1	0
BLADES MAPPING SOFTWARE	-	1	1
LOW PRESSURE COMPRESSOR VANE GUIDE	-	1	0
FIXTURE, TORQUE - LPC AND BEARING SUPPORT	-	1	0

Figura A.18: Kit CD para o SM21

Kits LD

MM03 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
ASSEMBLY STAND FIXTURE	-	1	1
BEARING 4 ROTATING SEAL RESTRAINING FIXTURE	-	1	1
LOCK ROTOR (all except G01 and G02)	-	1	3
STRONGBACK (all except G01 and G02)	-	1	2
FIXTURE, CGBAR-LPT ASSY (all except G01 and G02)	-	1	1
LPT DOLLY	LEAP-00-C	1	1
COVER, PROTECTOR - LPT ASSY	-	1	0
LPT DOUBLE RESTRAINER	-	1	3
LPT SHIPPING STAND	-	1	0
SHAFT FORWARD PROTECTOR	-	1	7
LPT SHAFT PROTECTOR	-	1	2
REAR SUMP RING SEAL PROTECTOR	-	1	2
RING SEAL PROTECTOR	-	1	1
BEARING 5 RING SEAL PROTECTOR	-	1	1
LPT REAR PROTECTOR	-	1	1
BOROSCOPIC PLUG SHUTTER	-	1	1
LPT REAR FRAME ASSEMBLY STAND FIXTURE	-	1	1
LPT REAR FRAME COVER	-	1	1
ASSEMBLY STAND DIMENSION CHECK - LPT	-	1	1
COVER, PROTECTOR - REAR, TRF	-	1	0
LPT LIFTING FIXTURE	LEAP-00-H	1	1
SHAFT PROTECTOR	-	1	1
DOLLY, STORAGE - SHAFT, LP TURBINE ASSEMBLY	-	1	1
ROTOR STATOR STORAGE DOLLY	-	1	1

Figura A.19: Kit LD para o MM03

MM02 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Standard Arm Lift Fixture	-	1	0
Sub Assembly Adjustable Rollover Stand	-	1	0
HIGH PRESSURE TURBINE ROTOR ASSEMBLY AND DISASSEMBLY FIXTURE	-	1	1
HPT ROTOR HORIZONTAL TRANSPORT DOLLY	-	1	1
Core Module Build-up Fixture	-	1	2
CDN Build-up Fixture	-	1	1
HIGH PRESSURE TURBINE STAGE 2 NOZZLE PROTECTOR COVER	-	1	1

Figura A.20: *Kit* LD para o MM02

MM01 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
AFT FAN CASE PEDESTAL SET	-	1	5
FAN CASE TRUNNION FIXTURE	-	1	1
FAN ASSY VERTICAL STORAGE PALLET	-	1	1
BOOSTER SHAFT PROTECTOR	-	1	1
ENGINE ASSEMBLY FRONT TRUNNION PIN	-	1	5
PROTECTIVE COVER - FAN CASE	-	1	1
DOLLY, STORAGE - BOOSTER ASSY	-	1	0
FAN ASSY STORAGE DOLLY	-	1	1
FAN ASSY SHIPPING CONTAINER	-	1	0
DOLLY, STORAGE - FAN BLADES	-	1	0
no. 1 and no. 2 bearing support storage dolly	-	1	1
LOW PRESSURE COMPRESSOR STORAGE DOLLY	-	1	1
FAN DISK PROTECTOR	-	1	3
FIXTURE, GUIDE AND CENTER - BOOSTER SHAFT TOOLS	-	1	1
FAN DISK PROTECTOR	-	1	1
SURFACE AIR COOLING OIL COOLER AND FAN FRAME PROTECTOR	-	1	0
BEARING No. 1 AND 2 SHAFT PROTECTOR	-	1	1
SWEENEY 8200 DOLLY STORAGE	-	1	0
FAN ASSY STAND FIXTURE	-	1	0

Figura A.21: *Kit* LD para o MM01

SM63 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
SUPPORT FIXTURE FOR BEARING OF TGB ASSEMBLY	-	1	1
FLANGE ADAPTER FOR AGB ASSEMBLY	-	1	1
CLAWS FOR AGB BEARING	-	1	1
Claws for AGB bearing	-	1	1
FLANGE ADAPTER FOR AGB ASSEMBLY	-	1	1
Support fixture for line 1 bearing of AGB assembly	-	1	1
Support fixture for bearing of AGB assembly	-	1	1
Support fixture for bearing of AGB assembly	-	1	1
Support fixture for line 3 bearing of AGB assembly	-	1	1
Support fixture for line 3 bearing of AGB assembly	-	1	1
Support fixture for line 5 bearing of AGB assembly	-	1	1
SUPPORT FIXTURE FOR LINE 7 BEARING OF AGB ASSEMBLY	-	1	1
SUPPORT FIXTURE FOR BEARING OF AGB ASSEMBLY	-	1	1
SUPPORT FIXTURE FOR LINE 8 BEARING OF AGB ASSEMBLY	-	1	1

Figura A.22: *Kit* LD para o SM63

APÊNDICE A. KITS DE CURTA DURAÇÃO (CD) E DE LONGA DURAÇÃO (LD)

SM62 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
FLANGE ADAPTER FOR TGB ASSEMBLY	-	1	1
STAND FIXTURE FOR TGB ASSEMBLY	-	1	1
SUPPORT FIXTURE FOR BEARING OF TGB ASSEMBLY	-	1	1
Pusher for TGB bearing	-	1	1
Claws for TGB bearing	-	1	1
Pusher for TGB bearing	-	1	1
Claws for TGB bearing	-	1	1
Support fixture for nuts of TGB assembly	-	1	1
PUSHER FOR TGB BEARING	-	1	1
CLAWS FOR TGB BEARING	-	1	1
CLAWS FOR TGB BEARING	-	1	1
STAND FIXTURE FOR RDS	-	1	1
FLANGE ADAPTER FOR TGB ASSEMBLY	-	1	1
Support fixture for bearing of TGB assembly	-	1	1
Support fixture for bearing of TGB assembly	-	1	1
PUSHER FOR RDS BEARING	-	1	1
Support fixture for lines 1-2 bearing of TGB assembly	-	1	1

Figura A.23: Kit LD para o SM62

SM61 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
IGB Assembly Tool Set	-	1	1
Seal Cover	-	1	1
IGB Assembly Tool Set	-	1	1
Pinion Gear Assembly Tool Set	-	1	1

Figura A.24: Kit LD para o SM61

SM59 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
LPT REAR FRAME ASSEMBLY STAND FIXTURE	-	1	1
LPT REAR FRAME COVER	-	1	1
PROTECTOR - NO. 5 BEARING	-	1	1
No.5 BEARING SUPPORT ASSEMBLY STAND FIXTURE	-	1	0
LPT REAR FRAME GRINDING TOOLS STORAGE DOLLY	-	1	0

Figura A.25: Kit LD para o SM59

SM58 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
ROTOR STATOR RESTRAINER FIXTURE	-	1	1
LPT DISK STAGE 1 TO 5 PROTECTOR	-	1	0
SPOOL PROTECTOR	-	1	1
REAR SUMP RING SEAL PROTECTOR	-	1	2
BEARING 5 RING SEAL PROTECTOR	-	1	1
LPT REAR PROTECTOR	-	1	1
STAGE 1 TO 7 ROTOR ASSY AND DISASSY FIXTURE	-	1	0
LPT NOZZLE HOLDING FIXTURE	-	1	0
TORQUE CONE ASSY AND DISASSY FIXTURE	-	1	0
BOROSCOPIC PLUG SHUTTER	-	1	1
SCREW LPT BLADE ASSEMBLY PROTECTOR	-	1	1
BLADES ASSEMBLY PROTECTOR SET	-	1	0
NOZZLE ASSEMBLY PROTECTOR	-	1	0
ROTOR ASSEMBLY TOOL SET	-	1	1
STAGE 7 PROTECTOR	-	1	0
STAGE 2 TO 7 NOZZLE STORAGE BOX	-	1	0
LPT DISK STORAGE DOLLY	-	1	1
ROTOR STATOR ASSY AND DISASSY STAND	-	1	0

Figura A.26: *Kit* LD para o SM58

SM57 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
BEARING 4 ROTATING SEAL RESTRAINING FIXTURE	LEAP-00-G1	1	1
SHAFT FORWARD PROTECTOR	LEAP-00-F1	1	7
DOLLY, STORAGE - SHAFT, LP TURBINE ASSEMBLY	LEAP-00-GH-01-33	1	1

Figura A.27: *Kit* LD para o SM57

SM56 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Stage 1 LPT Nozzles Lift Fixture	-	1 EA	0
Stage 1 LPT Nozzle Build Up Fixture	-	1	0
Stage 1 LPT Nozzle Build Up Fixture	-	1	1

Figura A.28: *Kit* LD para o SM56

SM54 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Jack Screws Set	-	1	0
Sub Assembly Adjustable Rollover Stand	-	1	0
HPT Stationary Seal Protector	-	1	1

Figura A.29: *Kit* LD para o SM54

APÊNDICE A. KITS DE CURTA DURAÇÃO (CD) E DE LONGA DURAÇÃO (LD)

SM53 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
STAGE 2 HIGH PRESSURE TURBINE NOZZLE ASSEMBLY LIFT AND INSTALL BUILDUP FIXTURE	-	1	1
STAGE 2 SHROUD/HANGER BUILDUP FIXTURE	-	1	2

Figura A.30: Kit LD para o SM53

SM52 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Standard Arm Lift Fixture	-	4	0
HIGH PRESSURE TURBINE ROTOR ASSEMBLY AND DISASSEMBLY FIXTURE	LEAP-00-S	1	1
HPT ROTOR HORIZONTAL TRANSPORT DOLLY	LEAP-00-S	1	1
HPT Rotor Stage 1 Slave Blade Retainer	-	1	1
HPT Rotor Stage 2 Slave Blade Retainer	-	1	1
Stage 1 HPT Rotor Auxiliary Retainer Blade	-	1	1

Figura A.31: Kit LD para o SM52

SM51 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Stage 1 HPT Nozzle Assembly Buildup Fixture	-	1 EA	1
Stage 1 HPT Nozzle Assembly Retaining Clamp	-	1 EA	1
Jack Screws Tool Set	-	1	1

Figura A.32: Kit LD para o SM51

SM41 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Stage 1 HPT Nozzle Assembly Buildup Fixture	-	1	1
Stage 1 HPT Nozzle Assembly Retaining Clamp	-	1	1
Frame Subassembly Dolly	-	1	1
CDN Build-up Fixture	-	1	1

Figura A.33: Kit LD para o SM41

SM32 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
VSV Holder Set	-	1	0
Vertical Lift Fixture	-	1	0

Figura A.34: Kit LD para o SM32

SM31 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Standard Arm Lift Fixture	-	1	0
Stage 6-10 CDP Seal/Spool Dummy Bolt Tool Kit	-	1	1
General Purpose Hoist Adapter	-	1	1
HPC Rotor Stage 5 Torque Fixture	-	1	0
HPC Rotor Components Clamp Fixture	-	1	1
HPC Rotor Horizontal Dolly	-	1	1
HPC Rotor Disassembly Stand	-	1	0
HPC Rotor Forward/aft End Down Stand	-	1	1
HPC Disassembly Support Fixture	-	1	1
HPC Rotor Separate and Disassemble Fixture	-	1	1
HPC Rotor Blades Set Protector	-	1	1
HPC Rotor Blades Protector Set	-	1	1

Figura A.35: *Kit* LD para o SM31

SM30 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
Standard Arm Lift Fixture	-	1 EA	0
HPC Rotor Blades Protector Set	-	1	1
Core Module Build-up Fixture	-	1	2
Jack Screws Tool Set	-	1	1
HPC Rotor Horizontal Dolly	-	1 EA	1

Figura A.36: *Kit* LD para o SM30

SM24 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
IGV PROTECTOR	-	1	1
OGV ARM PROTECTOR	-	1	0
FAN ASSY STAND FIXTURE	-	1	0
IGB ASSY DOLLY	-	1	1

Figura A.37: *Kit* LD para o SM24

SM22 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
No. 2 bearing support assy/disassy fixture	-	1	0
No. 1 bearing support assy/disassy fixture	-	1	0
No. 1 and no. 2 bearing support shipping stand	-	1	0
No. 1 AND No. 2 BEARING SUPPORT STORAGE STAND	-	1	0
no. 1 and no. 2 bearing support storage dolly	-	1	1
Install screw set	-	1	1
LIFTING TOOL STORAGE DOLLY	-	1	0

Figura A.38: *Kit* LD para o SM22

APÊNDICE A. *KITS* DE CURTA DURAÇÃO (CD) E DE LONGA DURAÇÃO (LD)

SM21 LD			
Name	Ref.	Qty	TAP
LIFTING TOOL STORAGE DOLLY	-	1	0
LOW PRESSURE COMPRESSOR ASSY/DISASSY FIXTURE	-	1	0
LOW PRESSURE COMPRESSOR STORAGE DOLLY	-	1	1
LOW PRESSURE COMPRESSOR BLADE STORAGE FIXTURE	-	1	0
LOW PRESSURE COMPRESSOR SHIPPING STAND	-	1	0
LOW PRESSURE COMPRESSOR STAGE 2 STORAGE FIXTURE	-	1	0

Figura A.39: *Kit* LD para o SM21



