



# Mecânico de Manutenção Aeronáutica

## **CÉLULAS DE AERONAVES**

Edição Revisada  
23 de Outubro de 2002

**INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL**  
DIVISÃO DE INSTRUÇÃO PROFISSIONAL

## PREFÁCIO

Edição revisada

Este volume, Células de Aeronaves, foi revisado, tendo sido feitas correções em todos os capítulos, bem como algumas alterações consideradas necessárias como a remoção do assunto referente à Aerodinâmica deste volume para o de Matérias Básicas, por ser disciplina do Módulo Básico.

Este volume, Células de Aeronaves, é uma tradução do AC 65-15A do FAA (*Airframe & Powerplant Mechanics-Airframe Handbook*) e tem por finalidade padronizar a instrução em todos os cursos de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica.

Este volume contém as matérias necessárias ao desenvolvimento da instrução referente a especialidade Célula, tendo como complemento obrigatório, o conteúdo do volume Matérias Básicas.

Os assuntos técnicos estão aqui apresentados sob um ponto de vista generalizado e, de maneira nenhuma, devem substituir as informações e regulamentos oficiais fornecidos pelos fabricantes das aeronaves e autoridades aeronáuticas.

Contribuíram para a tradução do AC 65-15A, as companhias aéreas Varig, Vasp, Tam, Lider e os componentes civis e militares da TE-1. A revisão gramatical da Primeira Edição foi efetuada por Helena Aquino de Araujo e a revisão técnica por Jorge Nunes das Neves.

O DAC obteve autorização da editora (FAA) para traduzir o conteúdo desse volume (AC 65-15A Célula de Aeronaves) e sua distribuição mediante indenização do valor material, sendo proibida a reprodução total ou parcial do mesmo sem a autorização do DAC (TE-1).

É de nosso interesse receber críticas e sugestões às deficiências encontradas para as devidas alterações em uma próxima revisão.

O prefácio original, traduzido, está reproduzido nas páginas seguintes.

A correspondência relativa a esse manual deverá ser endereçada ao Instituto de Aviação Civil – DIP - Avenida Almirante Silvio de Noronha, 369, Edifício anexo, CEP 20021-010 Rio de Janeiro - RJ - Brasil ou enviada ao e-mail: [dacg302@uninet.com.br](mailto:dacg302@uninet.com.br)

## PREFÁCIO DO MANUAL AC 65-15A

Este manual foi desenvolvido e impresso pela primeira vez em 1972 como parte de uma série de três manuais para pessoas interessadas em certificado de mecânico de células de aeronaves ou grupo motopropulsor. Esse manual apresenta informação básica sobre princípios, fundamentos e procedimentos técnicos nas áreas mencionadas. Procura também auxiliar os estudantes matriculados em um curso formal de instrução bem como aqueles que estudam por conta própria. Visto que os conhecimentos exigidos para as classificações de grupo motopropulsor e célula de aeronaves são semelhantes em algumas áreas, os capítulos que tratam dos sistemas de proteção contra fogo e sistemas elétricos contém algum material que é também duplicado no AC 65-12A Manual de Grupo Motopropulsor-Mecânicos de Grupo Motopropulsor e Células de Aeronaves.

Este volume contém informação sobre as características de construção estrutural, montagem e regulagem, revestimento não-trabalhante, reparos estruturais e soldagem de aeronaves. O manual também possui uma explanação das unidades que formam os vários sistemas estruturais.

Pelo fato de existirem muitos tipos de aviões em uso, atualmente, é razoável esperar que diferenças existam em componentes estruturais e sistemas. Para evitar repetição desnecessária, a prática do uso de sistemas representativos e unidades é mantida ao longo do manual. O assunto é tratado a partir de um ponto de vista generalizado e deve ser suplementado por consultas aos manuais dos fabricantes ou outros livros de texto se forem desejados maiores detalhes. Esse manual não pretende substituir ou suplantar regulamentos oficiais ou as instruções dos fabricantes.

Expressamos agradecimentos aos fabricantes de motores, hélices e acessórios dos grupos motopropulsores pela sua cooperação ao fornecerem material impresso para inclusão nesse manual.

Material com direitos autorais (COPYRIGHT) é usado com permissão especial das seguintes organizações e não pode ser extraído ou reproduzido sem permissão do proprietário do COPYRIGHT:

(R)	
Monsanto Chemicals Co	Fluidos “Skydrol”
Towsend Corporation	Rebites “Cherry” e Luvas “Acres”
J. O. King, Inc.	Luvas “Acres”
Gravines, Inc.	Extintores de fogo
Walter Kidde	Extintores de fogo
DuPont DeNemours	Elementos de extintores de fogo
Associação Nacional de Proteção contra o Fogo	Extintores e especificações de elementos de extinção de fogo

Associação Nacional de Distribuidores de Extintores de Fogo	Extintores de fogo e especificações
Fundação para a segurança do voo	Dados de reabastecimento
Instituto Americano do Petróleo	Combustíveis de aviação
Corporação Exxon	Combustíveis de aviação
Parker Hannifin	Acessórios de aviação
Goodyear Pneus e Borrachas	Pneus, rodas e freios de aviação
Firestone	Pneus de aviação
Controles de energia Bendix	Rodas de aviação e Freios de aviação
Rohm and Haas	Plásticos
Companhia Douglas de Aviões	Geradores portáteis de oxigênio de DC-10
Fundação de Manutenção de Aviação	Ar condicionado
BF Goodrich	Pneus, rodas e freios de aviação
Equipamento Puritan	Geradores portáteis de oxigênio

Os avanços na tecnologia aeronáutica obrigam um manual de instrução a estar sob revisão contínua e ser atualizado periodicamente. As normas de voo (FLIGHT STANDARDS) exigiram comentários das escolas autorizadas de técnicos de manutenção de aviação, nos três manuais. Como resultado desta inspeção, os manuais foram atualizados até este ponto.

Novo material foi acrescentado nas áreas que foram apontadas como deficientes e alguns dados foram reagrupados para melhorar a didática dos manuais.

Apreciaríamos tomar conhecimento dos erros, bem como receber sugestões para melhorar o objetivo dos manuais. Comentários e sugestões serão mantidos em arquivo até a saída da próxima revisão.

Toda correspondência relativa a estes manuais deve ser endereçada a:

U.S. Department of Transportation  
 Federal Aviation Administration  
 Flight Standards National Field Office  
 P.O. Box 25082, Oklahoma City, Oklahoma 73125

Os manuais que formam a série com o AC 65-15A são o AC65-9A e AC 65-12A.

## CONTEÚDO

<b>PREFÁCIO</b> .....	III
<b>CONTEÚDO</b> .....	VII
<b>CAPÍTULO 1 - ESTRUTURAS DE AERONAVES</b>	
Introdução .....	1-1
Principais estresses estruturais .....	1-1
Aeronave de asa fixa .....	1-2
Fuselagem .....	1-3
Estrutura alar .....	1-6
Naceles ou casulos .....	1-13
Empenagem .....	1-16
Superfícies de controle de vôo .....	1-17
Trem de pouso .....	1-22
Revestimento e carenagens .....	1-22
Portas e janelas de acesso e inspeção .....	1-22
Estruturas de helicóptero .....	1-22
<b>CAPÍTULO 2 - MONTAGEM E ALINHAMENTO</b>	
Introdução .....	2-1
Sistemas de controles de vôo .....	2-1
Sistemas de controle operados hidraulicamente .....	2-2
Guias dos cabos .....	2-3
Ligações mecânicas .....	2-4
Tubos de torque .....	2-5
Batentes .....	2-5
Amortecedores de superfícies de controle e equipamentos para travamento .....	2-6
Ajustando a aeronave .....	2-7
Verificação do ajuste .....	2-10
Ajuste das superfícies de comando .....	2-12
Ajustagens de um helicóptero .....	2-13
Princípios de balanceamento ou rebalanceamento .....	2-16
Procedimentos para rebalanceamento .....	2-19
Métodos .....	2-19
<b>CAPÍTULO 3 - ENTELAGEM</b>	
Introdução .....	3-1
Tecidos para aeronaves .....	3-1
Miscelânea de materiais têxteis .....	3-4
Emendas .....	3-6
Aplicando o revestimento .....	3-7
Revestindo asas .....	3-10
Revestimento de fuselagens .....	3-15
Aberturas de inspeção, drenagem e ventilação .....	3-15
Reparos de coberturas de tecidos .....	3-16
Substituição de painéis em coberturas de asas .....	3-19
Revestimento de superfícies de aeronaves com fibra de vidro .....	3-20
Causas da deterioração dos tecidos .....	3-21
Verificação da condição do tecido dopado .....	3-22

Teste do tecido de revestimento .....	3-23
Critérios de resistência para tecido utilizado em aeronave .....	3-23
Dopes e aplicação de dope .....	3-24
Materiais do dope .....	3-25
Dopes de alumínio pigmentado .....	3-26
Efeitos da temperatura e umidade do dope.....	3-26
Problemas comuns na aplicação de dope .....	3-26
Técnica de aplicação.....	3-28
Número de camadas requeridas .....	3-28

## CAPÍTULO 4 - PINTURA E ACABAMENTO

Introdução.....	4-1
Materiais de acabamento .....	4-1
Laca de nitrocelulose.....	4-3
Base de cromato de zinco .....	4-3
Aguada base padrão ( <i>Wash primer</i> ) .....	4-4
Retoque de pintura.....	4-6
Identificação de acabamentos de pintura.....	4-6
Remoção de pintura .....	4-7
Restauração de acabamentos .....	4-8
Acabamentos com laca de nitrocelulose.....	4-8
Acabamento com laca de nitrocelulose acrílica .....	4-9
Acabamento em <i>epoxy</i> .....	4-10
Acabamentos fluorescentes .....	4-11
Acabamentos com esmalte .....	4-12
Compatibilidade do sistema de pintura .....	4-12
Métodos de aplicação de acabamentos.....	4-13
Preparação da tinta .....	4-14
Problemas comuns com tintas .....	4-15
Pintura de adornos e números de identificação .....	4-16
Decalcomanias (Decalques) .....	4-16

## CAPÍTULO 5 - REPAROS ESTRUTURAIS EM AERONAVES

Introdução.....	5-1
Princípios básicos para reparos de chapas de metal .....	5-1
Reparos gerais de estruturas .....	5-3
Inspeção de danos.....	5-3
Classificação de danos.....	5-5
Estresses em membros estruturais .....	5-5
Ferramentas e dispositivos especiais para chapas metálicas .....	5-7
Máquinas para trabalho em metais .....	5-9
Máquinas para modelagem.....	5-14
Termos e operações de moldagem.....	5-18
Confecção de dobras em linha reta.....	5-19
Reco (Setback).....	5-22
Moldagem a mão .....	5-28
Cálculo de rebiteagem.....	5-37
Instalação de rebites .....	5-39
Preparação dos furos para rebiteagem.....	5-41
A colocação de um rebite .....	5-45

Falhas de rebites .....	5-48
Remoção de rebites.....	5-49
Rebites especiais.....	5-50
Rebites auto travantes (trava por fricção).....	5-51
Rebites auto travantes (trava mecânica).....	5-53
Rebites “ <i>Pull Thru</i> ” .....	5-56
Rebite “ <i>Rivnuts</i> ” .....	5-56
“ <i>Dill lok-skrus</i> ” e “ <i>lock-rivets</i> ” .....	5-58
Rebites “ <i>Deutsch</i> ” .....	5-58
Rebites “ <i>Hi-Shear</i> ” .....	5-59
Tipos específicos de reparos.....	5-61
Selagem estrutural .....	5-70
Colméia metálica colada ( <i>honeycomb</i> ).....	5-72
Danos .....	5-72
Reparos .....	5-73
Materiais de reparo .....	5-76
Reparos com <i>Potting</i> .....	5-78
Reparos com sobreposição de tecido de vidro .....	5-79
Procedimentos de reparo de um revestimento e do miolo.....	5-81
Plástico .....	5-84
Plástico transparente.....	5-85
Armazenagem e proteção .....	5-86
Moldagem de plásticos .....	5-87
Procedimentos de instalação.....	5-92
Plástico laminados .....	5-93
Componentes de fibra de vidro.....	5-94
Radomes .....	5-95
Estruturas de madeira para aeronaves .....	5-97
Inspeção de estruturas de madeira .....	5-97
Inspeção de juntas coladas.....	5-98
Manutenção e reparo de estruturas de madeira .....	5-101
Defeitos permissíveis.....	5-102
Defeitos não permissíveis.....	5-102
Colas .....	5-103
Colagem.....	5-105
Teste de juntas coladas .....	5-106
Emenda de juntas.....	5-107
Reparos em revestimentos de compensado .....	5-108
Reparo inclinado.....	5-111
Reparo chanfrado.....	5-112
Remendo de tela .....	5-113
Reparo de longarinas e nervuras.....	5-113
Furos para parafusos e buchas .....	5-115
Reparos de nervuras .....	5-116

## CAPÍTULO 6 - SOLDAGEM DE AERONAVES

Introdução .....	6-1
Equipamento para soldagem a oxiacetileno .....	6-2
Posições de soldagem .....	6-9
Juntas soldadas .....	6-10
Expansão e contração dos metais .....	6-11

A correta formação de uma solda .....	6-12
Soldagem de metais não-ferrosos usando oxiacetileno .....	6-15
Titânio.....	6-18
Corte de materiais utilizando oxiacetileno .....	6-18
Métodos de brasagem .....	6-19
Soldagem macia.....	6-20
Soldagem por arco voltaico .....	6-21
Técnicas e procedimento de soldagem .....	6-24
Soldagem com passe múltiplo .....	6-26
Soldagem de estruturas de aço .....	6-31
Novos processos de soldagem .....	6-35
Soldagem por bombardeamento eletrônico (“ <i>eletron bean</i> ”).....	6-36
Soldagem por fricção.....	6-36
Soldagem por laser.....	6-37

## **CAPÍTULO 7 - PROTEÇÃO CONTRA CHUVA E GELO**

Introdução.....	7-1
Sistemas pneumáticos de degelo .....	7-2
Construção das polainas degeladoras .....	7-2
Componentes do sistema de degelo.....	7-6
Manutenção do sistema pneumático de degelo .....	7-8
Sistemas térmicos de antigelo .....	7-10
Dutos do sistema pneumático .....	7-15
Degelo da aeronave no solo.....	7-16
Sistemas de controle do gelo do pára-brisas.....	7-17
Aquecedores de drenos.....	7-21
Sistemas de eliminação dos efeitos da chuva .....	7-21
Manutenção dos sistemas de eliminação dos efeitos da chuva .....	7-24

## **CAPÍTULO 8 - SISTEMAS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS**

Sistemas hidráulicos de aeronaves .....	8-1
Fluido hidráulico .....	8-1
Tipos de fluidos hidráulicos .....	8-2
Fluido à base de Éster fosfato.....	8-3
Filtros.....	8-6
O sistema hidráulico básico.....	8-7
Reservatórios .....	8-9
Bomba a pistão tipo angular .....	8-14
Regulagem da pressão .....	8-15
Acumuladores.....	8-16
Cilindros atuadores.....	8-19
Válvulas seletoras.....	8-21
Sistemas pneumáticos de aeronaves .....	8-23
Componentes do sistema pneumático.....	8-25
Sistema pneumático típico.....	8-29
Manutenção do sistema pneumático de potência .....	8-31

## **CAPÍTULO 9 - SISTEMAS DE TRENS DE POUSO**

Introdução.....	9-1
-----------------	-----



Alinhamento, fixação e retração da perna de força principal .....	9-7
Sistemas de extensão em emergência .....	9-10
Dispositivos de segurança do trem de pouso .....	9-10
Sistema de direção da roda do nariz .....	9-12
Amortecedores de vibração ( <i>Shimmy</i> ) .....	9-14
Sistemas de freios .....	9-18
Conjuntos de freios .....	9-24
Inspeção e manutenção dos sistemas de freio .....	9-29
Rodas de aeronaves .....	9-30
Pneus de aeronaves .....	9-35
Manutenção de pneus de aeronaves .....	9-38
Inspeção do pneu montado na roda .....	9-40
Inspeção do pneu desmontado .....	9-42
Inspeção da câmara .....	9-44
Montagem e desmontagem .....	9-45
Causas de perda da pressão do ar em pneus sem câmaras para aeronaves .....	9-51
A roda .....	9-52
Estocagem de pneus e câmaras de ar para aeronaves .....	9-53
Reparos de pneus e câmaras .....	9-55
Informações sobre manuseio e operações .....	9-56
Reparos de câmaras de ar .....	9-59
Pneus de aeronaves com inflação lateral .....	9-59
Resumo da inspeção de pneus .....	9-62
Sistema de antiderrapagem .....	9-62
Manutenção do sistema do trem de pouso .....	9-63

## **CAPÍTULO 10 - SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA FOGO**

Introdução .....	10-1
Métodos de detecção .....	10-1
Sistemas de detecção de fogo .....	10-2
Sistemas de aviso de superaquecimento .....	10-5
Tipos de fogo .....	10-6
Classificação das zonas de fogo .....	10-6
Características de agentes extintores .....	10-7
Características de alguns agentes halogenados .....	10-8
Sistemas de extinção de fogo .....	10-11
Sistemas extintores de fogo de CO <sub>2</sub> dos motores convencionais .....	10-13
Sistema de proteção de fogo de turbojato .....	10-15
Sistema de extinção de fogo de motores a turbina .....	10-16
Proteção de fogo no solo dos motores a turbina .....	10-18
Práticas de manutenção dos sistemas de detecção de fogo .....	10-19
Pesquisas de panes do sistema de detecção do fogo .....	10-20
Práticas de manutenção do sistema extintor de fogo .....	10-21
Proteção e prevenção contra incêndio .....	10-24
Interiores da cabine .....	10-24
Sistemas detectores de fumaça .....	10-25

## **CAPÍTULO 11 - SISTEMAS ELÉTRICOS DE AERONAVES**

Introdução .....	11-1
Bitola de fio .....	11-1

Isolamento do condutor .....	11-5
Identificação de fios e cabos.....	11-5
Instalação de fiação elétrica.....	11-6
Amarração e enlace dos chicotes.....	11-11
Corte de fios e cabos.....	11-12
Emendas de emergências.....	11-16
Conexão de terminais a blocos terminais .....	11-17
Ligação à massa.....	11-17
Conectores .....	11-19
Conduite .....	11-21
Instalação de equipamento elétrico .....	11-22
Dispositivos de proteção de circuitos .....	11-23
Sistema de iluminação de aeronaves .....	11-24
Manutenção e inspeção dos sistemas de iluminação .....	11-30

## CAPÍTULO 12 - INSTRUMENTOS

Introdução.....	12-1
Caixas de instrumento .....	12-1
Mostradores .....	12-2
Marcações de limites .....	12-2
Painéis dos instrumentos .....	12-2
Reparo dos instrumentos das aeronaves .....	12-3
Indicadores de pressão (Manômetros).....	12-3
Sistema pitot estático.....	12-7
Manutenção do sistema de pitot estático .....	12-14
Indicadores de inclinação e curva ( <i>TURN AND BANK</i> ) .....	12-15
Sistemas de indicação remota tipo “Sincro” .....	12-16
Indicações remotas de pressão de óleo e combustível.....	12-18
Sistema de quantidade de combustível tipo capacitor .....	12-18
Sistema de indicação do ângulo de ataque .....	12-20
Indicadores de RPM (Tacômetro) .....	12-21
Manutenção de tacômetros (Contagiros).....	12-22
Sincroscópio .....	12-22
Indicadores de temperatura.....	12-25
Termômetro de resistência de razão elétrica .....	12-30
Sistemas de medir fluxo de combustível ( <i>Fuel flow</i> ).....	12-31
Instrumentos giroscópicos.....	12-33
Fontes de força para operação de giroscópio .....	12-34
Giroscópios de atitude acionados por sucção.....	12-38
Giroscópios operados por pressão .....	12-39
Práticas de manutenção de um sistema de sucção.....	12-39
Indicadores elétricos de atitude .....	12-40
Sistemas de piloto automático .....	12-44
Componentes básicos de um piloto automático .....	12-46
Sistema diretor de voo .....	12-48
Manutenção do sistema de piloto automático .....	12-49
Sistemas anunciador .....	12-50
Sistemas de alerta auditivo .....	12-51

## CAPÍTULO 13 SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO E NAVEGAÇÃO

Introdução.....	13-1
Princípios básicos do rádio.....	13-1
Componentes básicos dos equipamentos.....	13-2
Antenas.....	13-3
Fontes de alimentação.....	13-4
Sistemas de comunicação.....	13-4
Equipamento de navegação de bordo.....	13-7
Sistemas de pouso por instrumentos (ILS).....	13-8
Feixes balizadores ( <i>Marker Beacons</i> ).....	13-10
Equipamento de detecção da distância ( DME).....	13-11
Detector automático da direção (ADF).....	13-12
Sistema ATC ( <i>Air traffic control</i> ).....	13-13
Sistema de navegação Doppler.....	13-14
Sistema de navegação Inercial.....	13-14
Sistema de radar meteorológico.....	13-16
Sistema Rádio-altímetro.....	13-17
Transmissor localizador.....	13-17
Instalação de equipamentos de comunicação e navegação.....	13-18
Redução da radiointerferência.....	13-19
Instalação da antenas na aeronave.....	13-21

## CAPÍTULO 14 SISTEMA DE AR CONDICIONADO E PRESSURIZAÇÃO

Introdução.....	14-1
Composição da atmosfera.....	14-1
Pressurização.....	14-3
Sistemas de pressurização e ar condicionado.....	14-5
Requisitos básicos.....	14-6
Fontes de pressão da cabine.....	14-7
Válvulas de pressurização.....	14-12
Sistema de controle da pressão da cabine.....	14-14
Sistemas de ar condicionado.....	14-22
Sistema de aquecimento.....	14-22
Aquecedores a combustão.....	14-24
Manutenção dos sistemas do aquecedor a combustão.....	14-27
Sistemas de resfriamento.....	14-28
Sistema de resfriamento do tipo ciclo de ar.....	14-28
Operação dos componentes do sistema de ciclo de ar.....	14-31
Sistema eletrônico de controle da temperatura da cabine.....	14-36
Sistema de ciclo de vapor a <i>Freon</i> .....	14-39
Componentes de um sistema a <i>Freon</i> .....	14-40
Descrição de um sistema típico a ciclo de vapor.....	14-44
Manutenção do sistema de pressurização e ar condicionado.....	14-46
Verificações operacionais da pressurização da cabine.....	14-49
Pesquisa de panes na pressurização da cabine.....	14-50
Sistema de oxigênio.....	14-51
Equipamento de proteção contra fumaça.....	14-52
Cilindros de oxigênio.....	14-52
Sistema de oxigênio em estado sólido.....	14-53
Tubulações do sistema de oxigênio.....	14-55

Válvulas de oxigênio .....	14-56
Reguladores .....	14-58
Indicadores de fluxo do sistema de oxigênio .....	14-61
Indicadores de pressão.....	14-61
Máscaras de oxigênio.....	14-62
Abastecimento do sistema de oxigênio gasoso .....	14-62
Prevenção contra fogo e explosão do oxigênio .....	14-65

