



SEJA BEM – VINDO!

GMP 47

COMEÇAREMOS EM BREVE!

TEORIA E CONSTRUÇÃO DE MOTORES DE AERONAVES

MOTORES ALTERNATIVOS

AULA 2

Carlos



HISTÓRICO DO MOTOR CONVENCIONAL

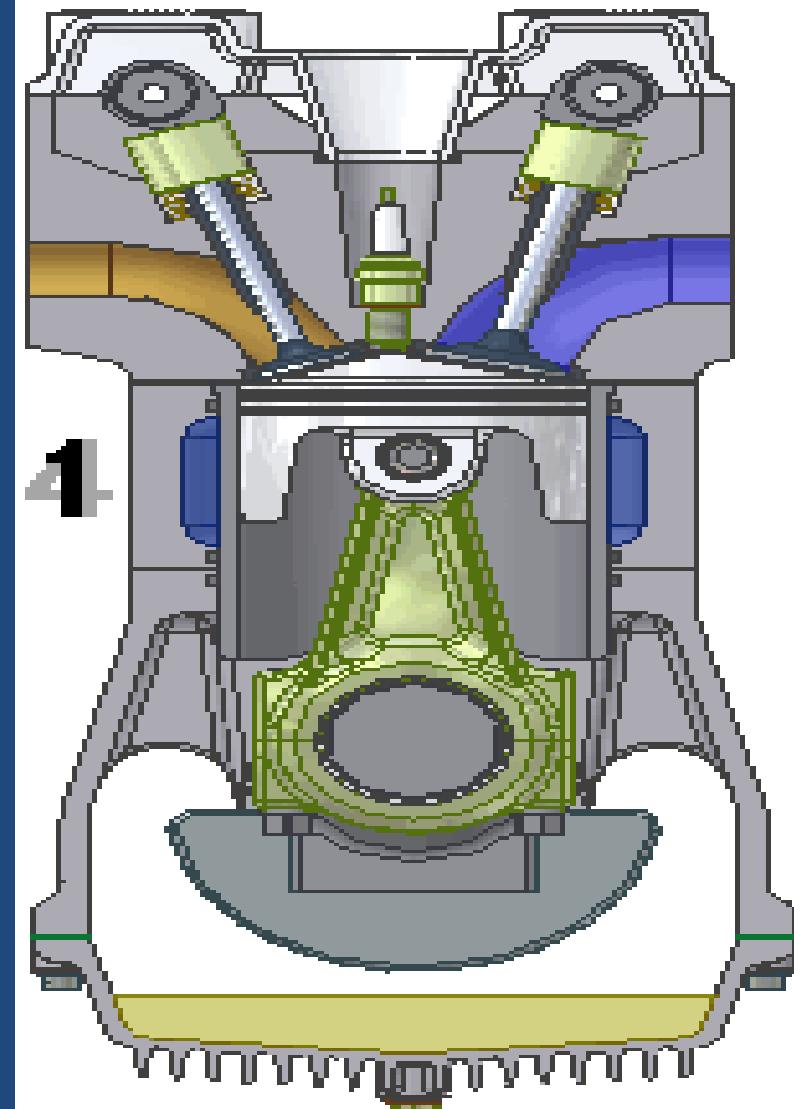
Ciclo “OTTO” 4 Tempos

Em [1867](#), NICOLAUS OTTO desenvolveu o primeiro MOTOR Atmosférico.

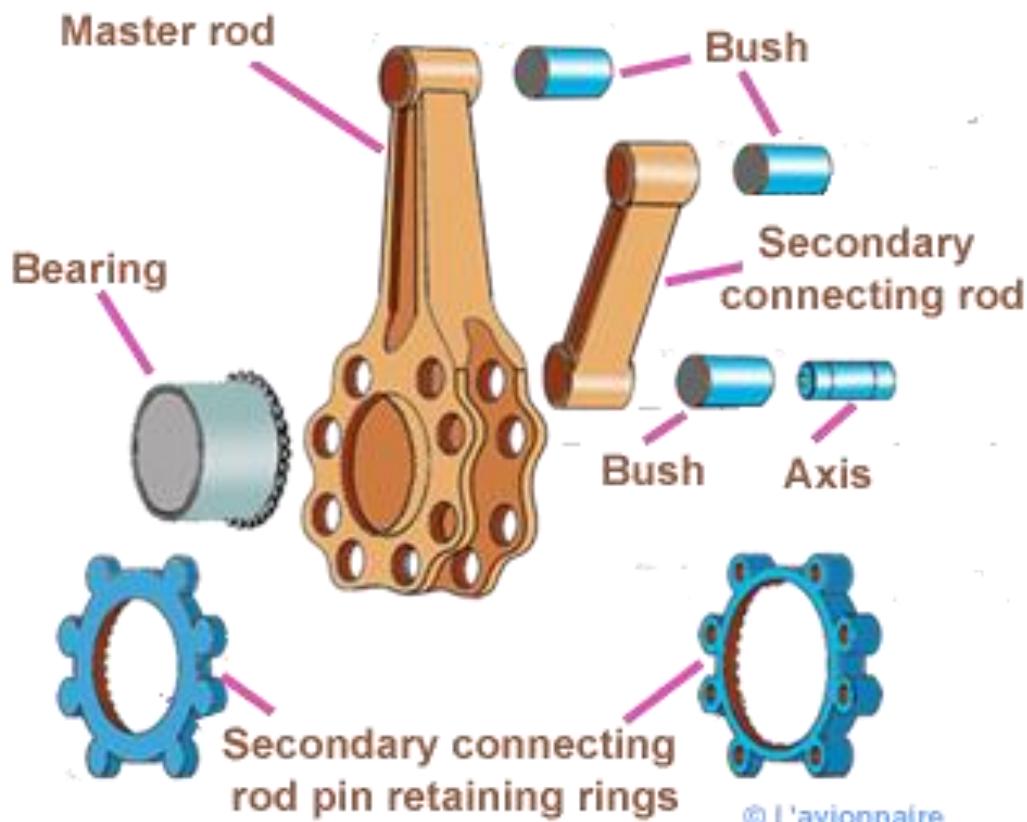
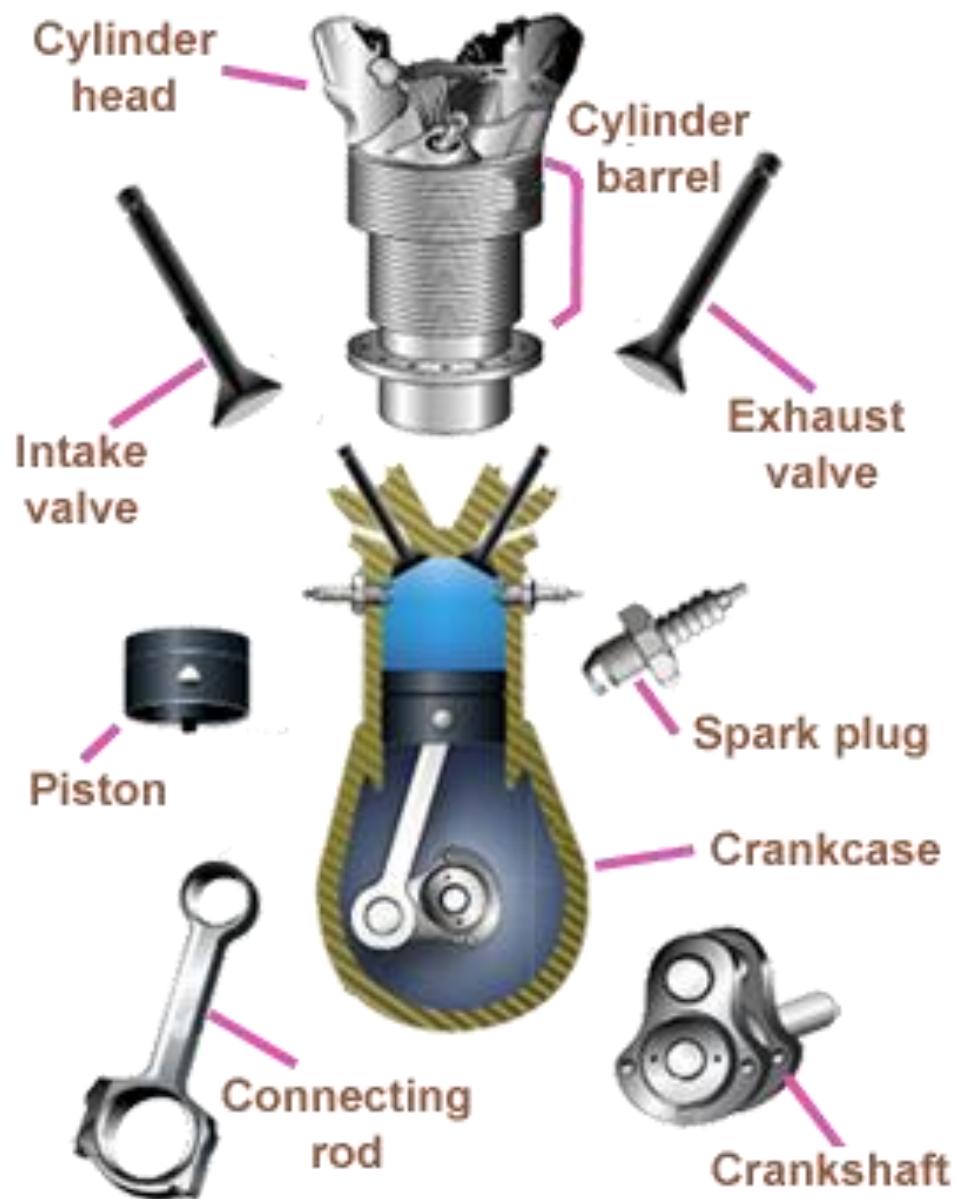
Logo após, unido esforços com GOTTLIEB DAIMIER e WILHELM MAYBACK, desenvolveram o primeiro MO de 04 Tempos.

Em [1896](#), KARL BENZ Patenteou o primeiro MOTOR “Boxer”, com Cilindros Opostos Horizontalmente.

O Engenheiro Alemão RUDOLF DIESEL patenteou um MOTOR à Combustão de Elevada Eficiência, demonstrando em [1900](#), um MOTOR movido a Óleo de Amendoim, cuja Tecnologia tem seu Nome atualmente.



PROJETO E CONSTRUÇÃO DE MOTORES RADIAIS



© L'avionnaire

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

CICLO TEÓRICO A QUATRO TEMPOS

1 ^a VOLTA DO EIXO DE MANIVELAS		2 ^a VOLTA DO EIXO DE MANIVELAS	
CURSO DESCENDENTE	CURSO ASCENDENTE	CURSO DESCENDENTE	CURSO ASCENDENTE
TEMPO: ADMISSÃO	TEMPO: COMPRESSÃO	TEMPO: MOTOR	TEMPO: ESCAPAMENTO
FASE: 1 ^a ADMISSÃO	FASE: 2 ^a COMPRESSÃO	FASE: 3 ^a IGNICÃO (PMA)- 4 ^a COMB.- 5 ^o EXPANÇÃO	FASE: 6 ^a ESCAPAMENTO

MOTORES ALTERNATIVOS



In-line Engine



V-type Engine



W-type Engine



Opposed Cylinder
Engine



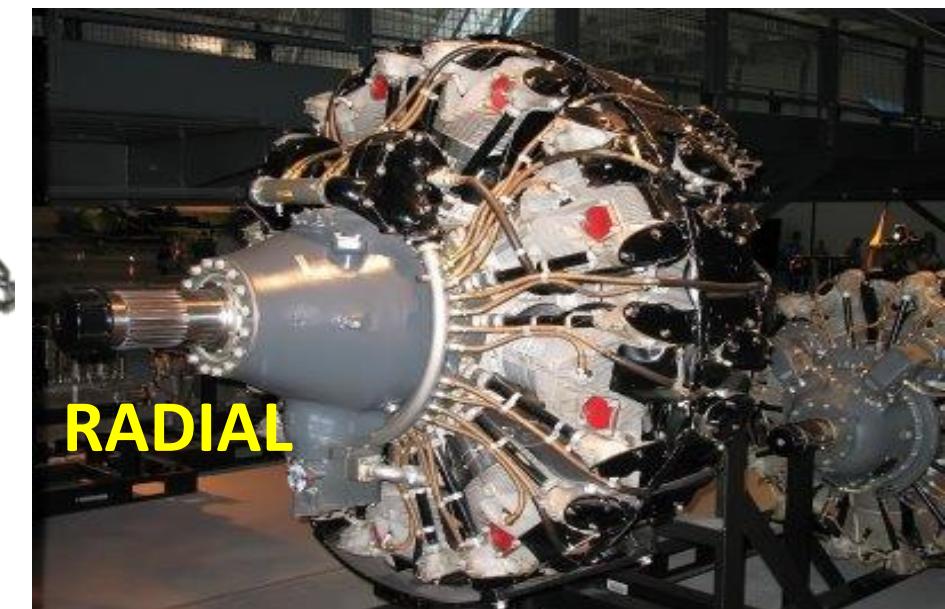
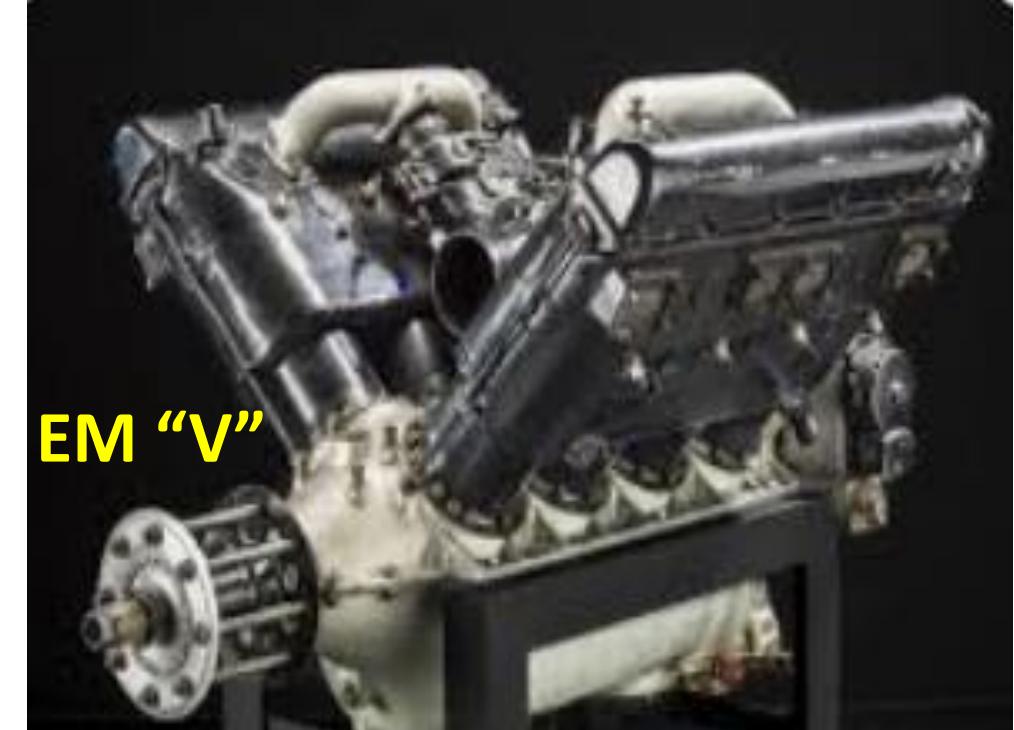
Radial Engine

✓ CLASSIFICAÇÃO:

- ✓ MONTAGEM DOS CILINDROS COM RELAÇÃO AO EIXO DE MANIVELAS:

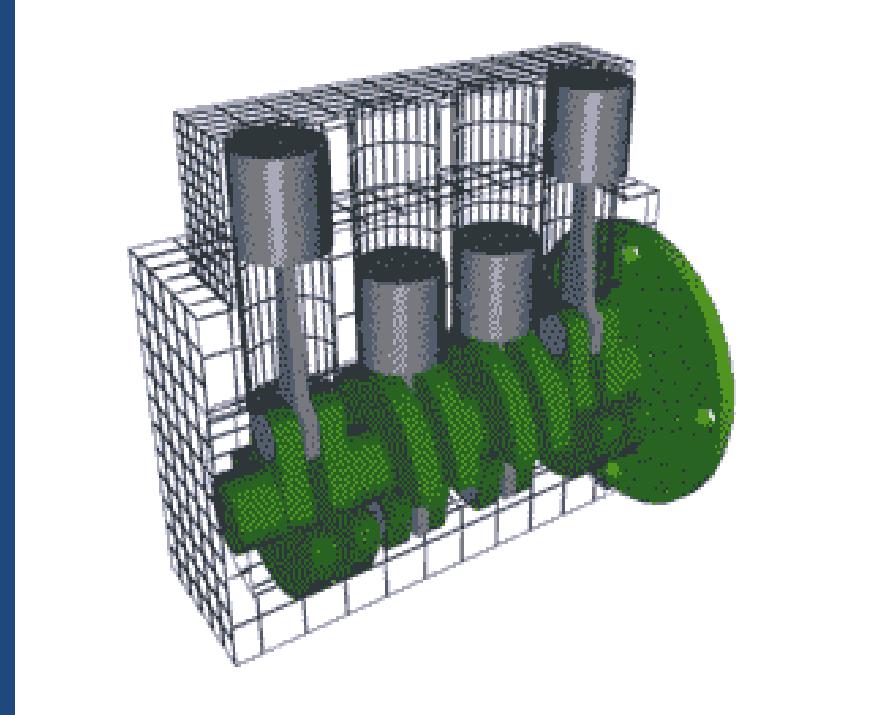
- ✓ EM LINHA
- ✓ EM "V"
- ✓ RADIAL
- ✓ OPOSTOS

✓ TODOS OS MOTORES SÃO REFRIGERADOS ATRAVÉS DA TRANSFERÊNCIA DO EXCESSO DE CALOR PARA O AR AO SEU REDOR.



✓ MOTORES EM LINHA

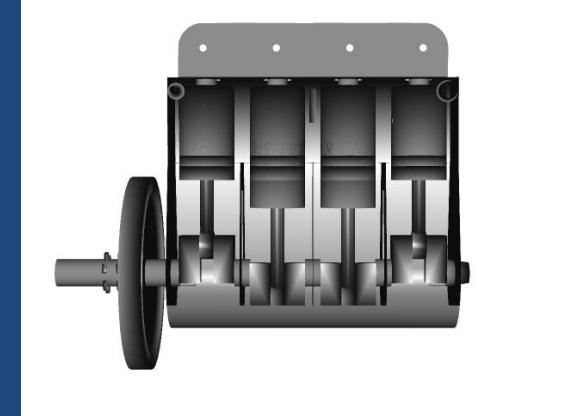
- ✓ TÊM MAIOR RAZÃO PESO-CAVALO-FORÇA QUE MUITOS OUTROS MOTORES;
- ✓ COM O AUMENTO NO TAMANHO DO MOTOR, O TIPO REFRIGERADO A AR, OFERECE DESVANTAGEM ADICIONAL QUANTO À REFRIGERAÇÃO ADEQUADA;
- ✓ ESSE TIPO DE MOTOR É RESTRITO AOS DE PEQUENAS E MÉDIAS POTÊNCIAS UTILIZADAS EM PEQUENAS AERONAVES.



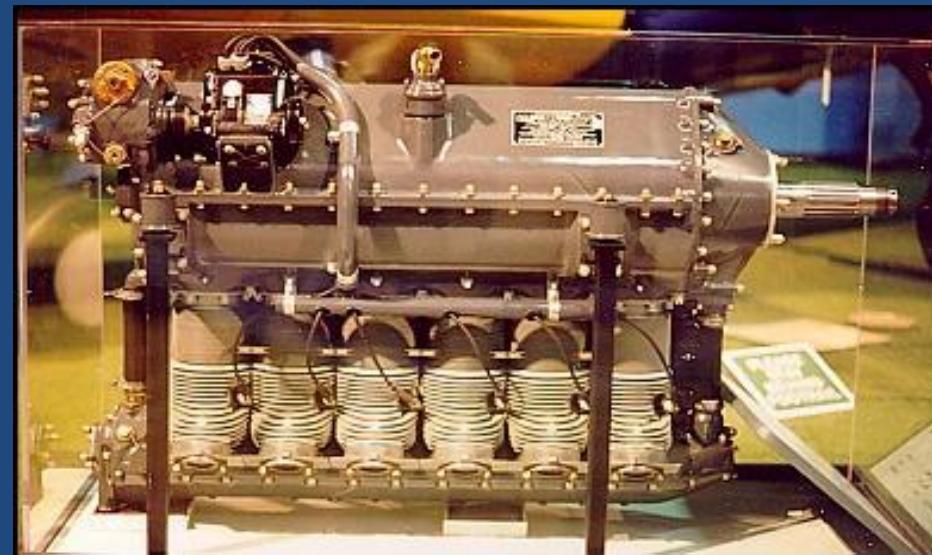
MOTORES ALTERNATIVOS

- MOTORES EM LINHA

- NÚMERO PAR DE CILINDROS;
- REFRIGERADO A ÁGUA OU A AR;

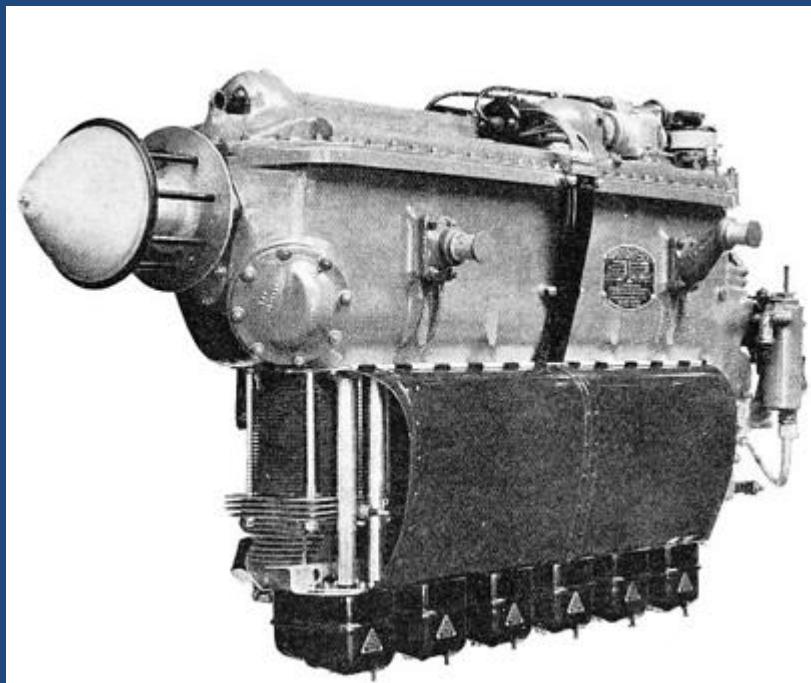


- MOTOR INVERTIDO: OFERECE A VANTAGEM ADICIONAL DE UM TREM DE POUSO MENOR E MAIOR VISIBILIDADE PARA O PILOTO.

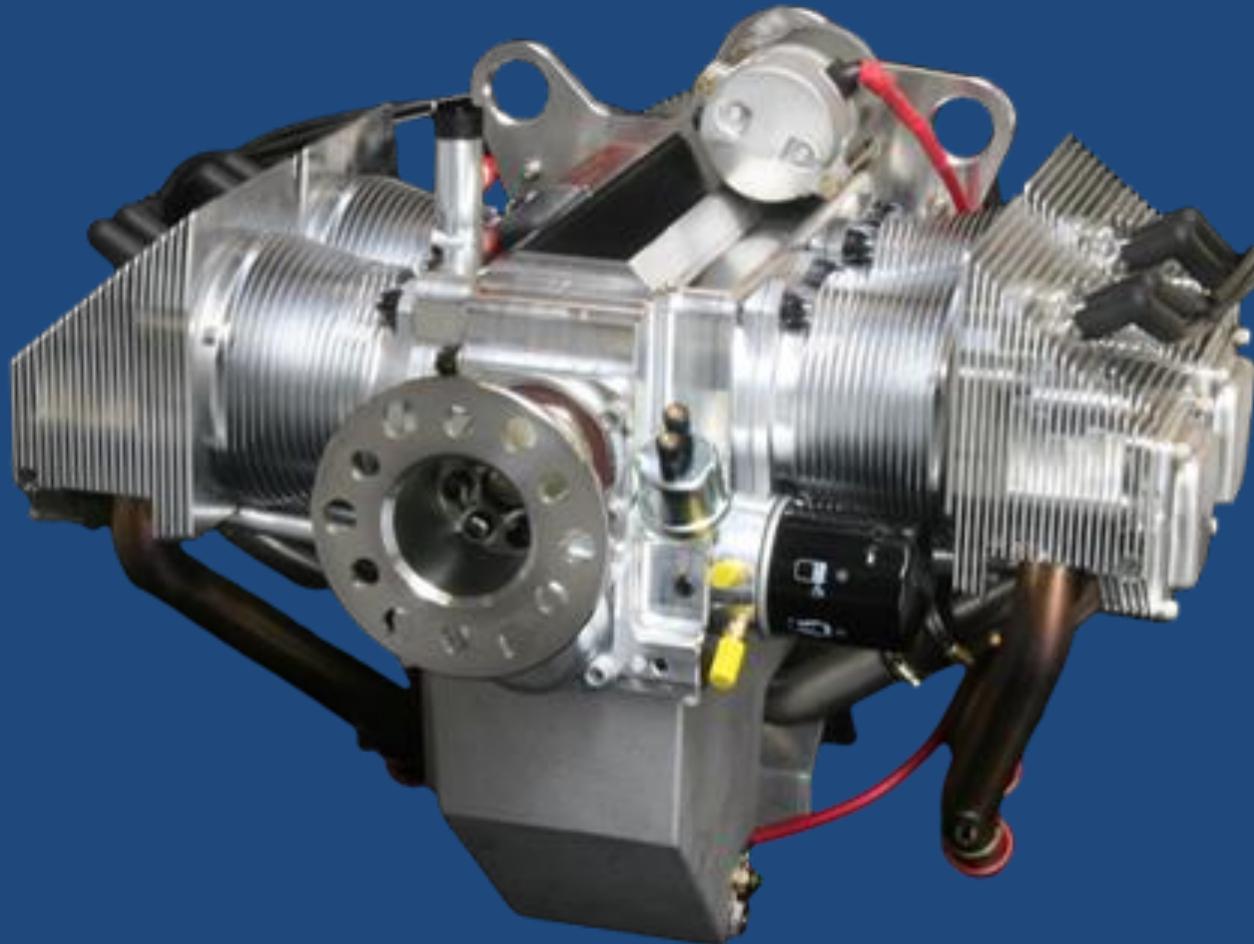


• MOTORES EM LINHA

- ✓ EIXO de MANIVELAS;
- ✓ LOCALIZADO ABAIXO OU ACIMA DOS CILINDROS.
- ✓ SE UM MOTOR FOR PROJETADO PARA OPERAR COM OS CILINDROS ABAIXO DO EIXO DE MANIVELAS, SERÁ DENOMINADO MOTOR INVERTIDO.
- ✓ TEM UMA PEQUENA ÁREA FRONTAL, E É MELHOR ADAPTADO AO FLUXO DE AR.



MOTORES OPOSTOS ou TIPO “O”



MOTORES OPOSTOS OU TIPO “O”

- ✓ 2 (DUAS) CARREIRAS DE CILINDROS DIRETAMENTE OPOSTOS, COM EIXO DE MANIVELAS NO CENTRO;
- ✓ OS PISTÕES SÃO CONECTADOS AO EIXO DE MANIVELAS;
- ✓ A VERSÃO REFRIGERADA A AR É UTILIZADA EM AVIAÇÃO;
- ✓ PODE SER MONTADO COM OS CILINDROS NA POSIÇÃO HORIZONTAL OU VERTICAL;



MOTORES OPOSTOS OU TIPO “O”

DESVANTAGEM:

- ✓ TÊM UMA BAIXA RAZÃO PESO-CAVALO-FORÇA;

• VANTAGENS:

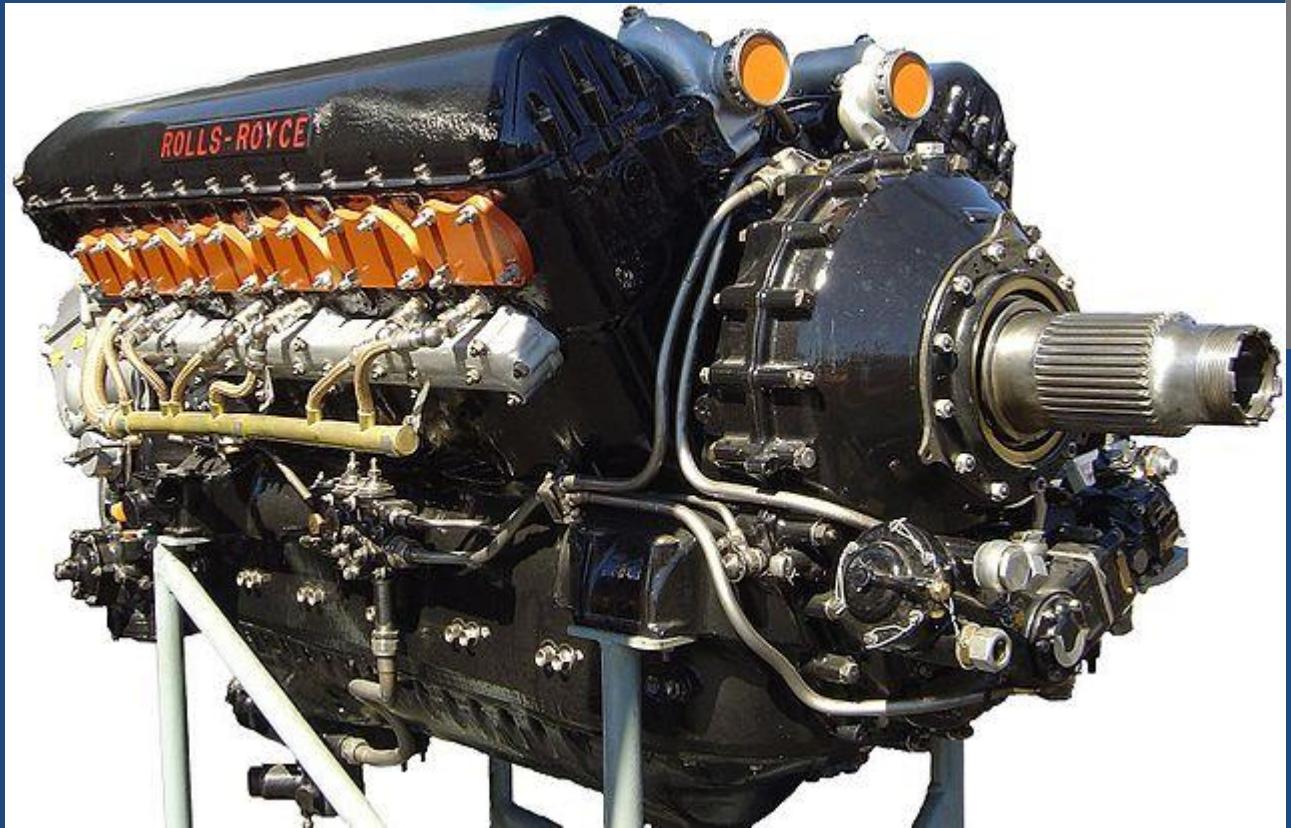
- ✓ SUA ESTREITA SILHUETA O TORNA IDEAL PARA INSTALAÇÃO HORIZONTAL EM ASAS DE AERONAVES;

- ✓ OUTRA VANTAGEM É A BAIXA VIBRAÇÃO.



O-200 Engine Model

MOTORES EM “V”



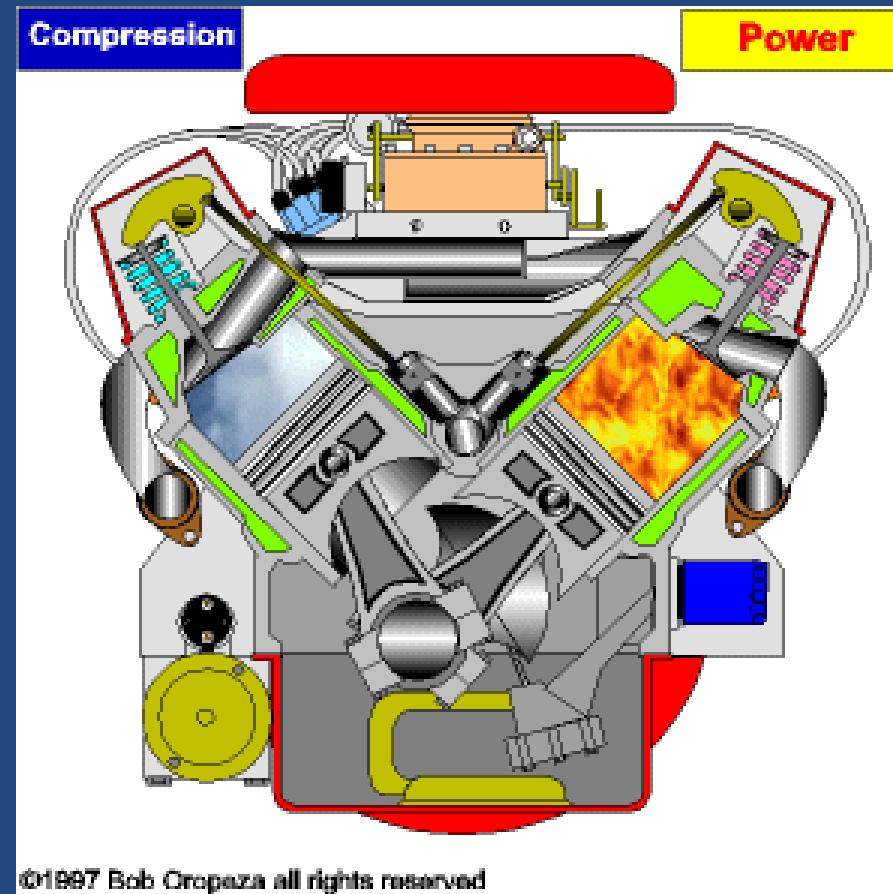
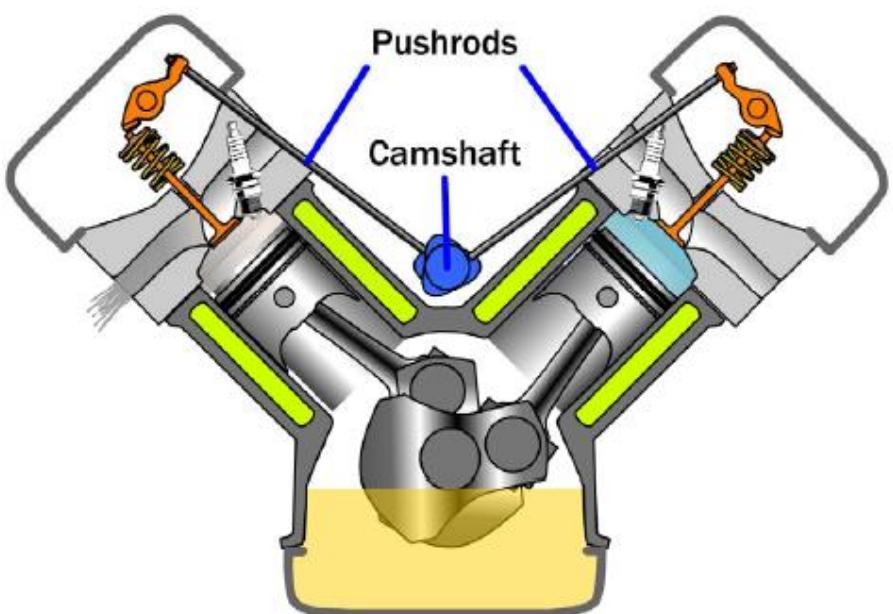
Rolls-Royce Merlin



Spitfire LF Mk IX, MH434 in flight 2018: This aircraft shot down a Focke-Wulf Fw 190 in 1943 while serving with No. 222 Squadron RAF.

MOTORES EM “V”

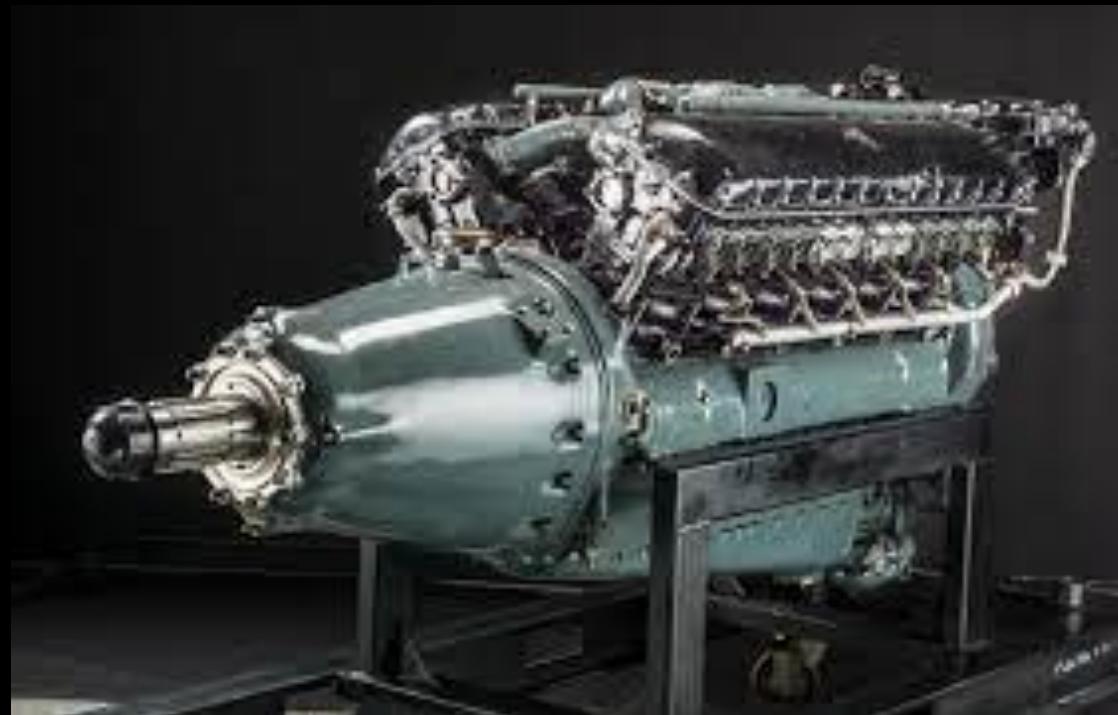
Comando simples no bloco – motor em V



©1997 Bob Oropaza all rights reserved

MOTORES EM “V”

- ✓ OS CILINDROS SÃO MONTADOS EM DUAS CARREIRAS EM LINHA A 60º;
- ✓ A MAIORIA DOS MOTORES TEM 12 CILINDROS, OS QUAIS SÃO REFRIGERADOS A LÍQUIDO OU A AR;
- ✓ DESIGNAÇÃO: UM “V” SEGUIDO DE UM TRAÇO, E PELO "DESLOCAMENTO" DO PISTÃO EM POLEGADAS CÚBICAS:
- ✓ V-1710



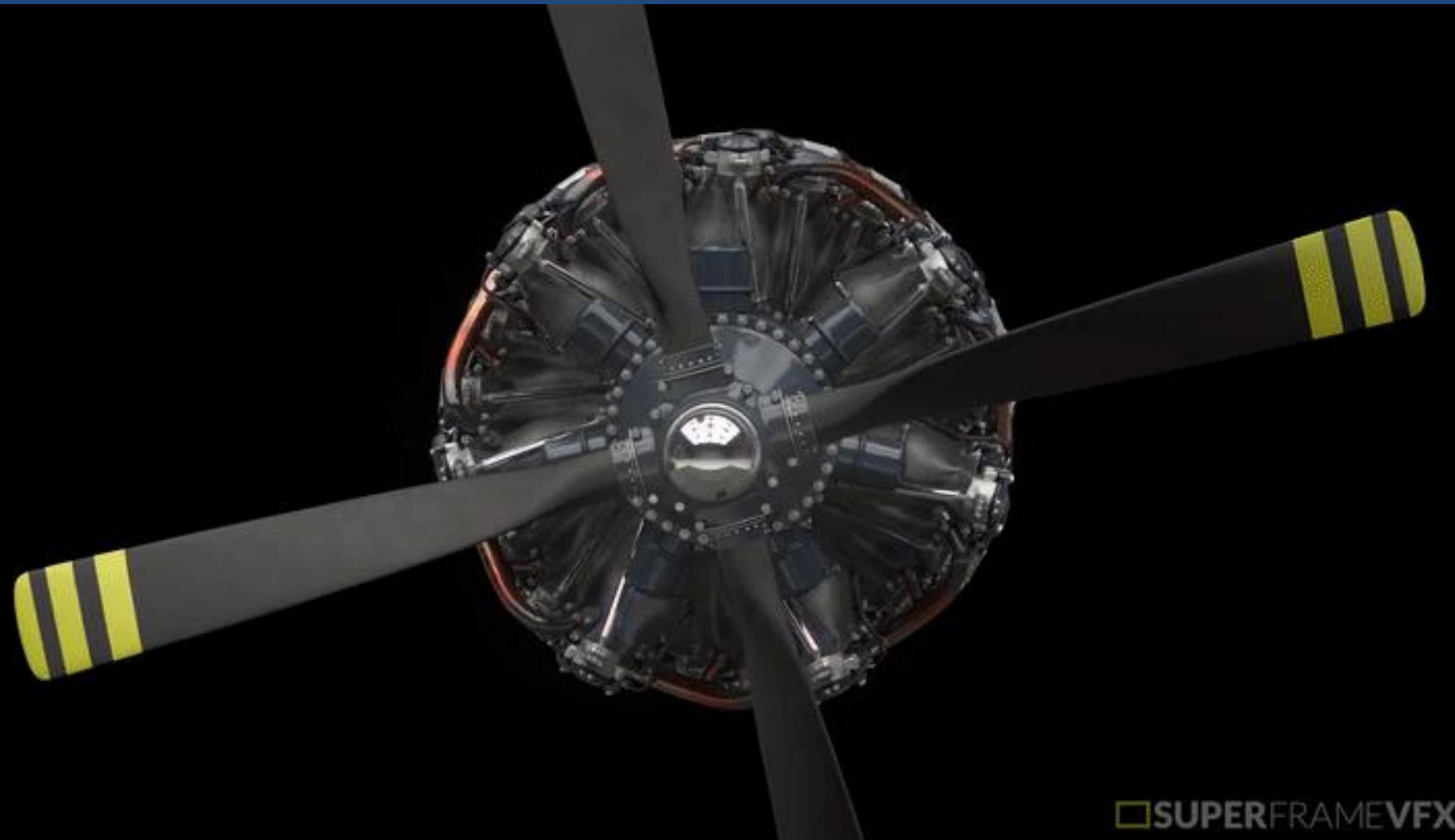
DUPLO V INVERTIDO –BENZ DB610 AERONÁUTICO WWII



<https://oldmachinepress.com/2021/07/20/daimler-benz-db-606-db-610-and-db-613-doppelmotoren/>

MOTORES RADIAIS

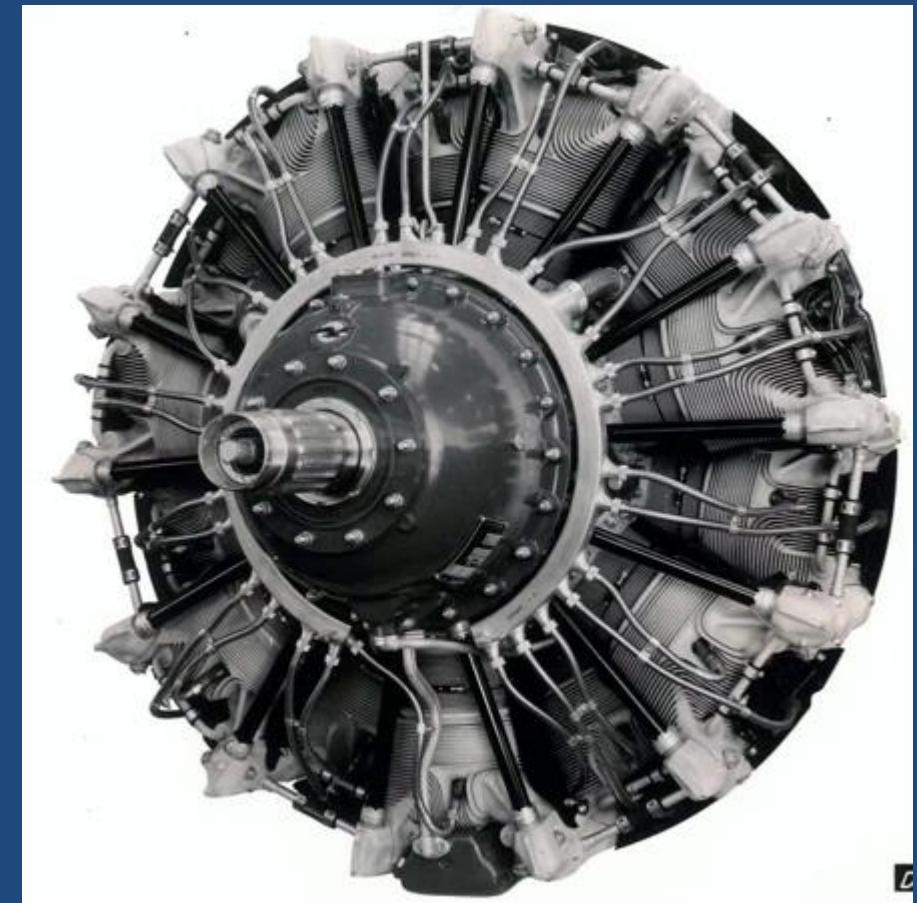




SUPERFRAMEVFX

- MOTORES RADIAIS

- ✓ POSSUEM UMA CARREIRA OU CARREIRAS DE CILINDROS DISPOSTOS AO REDOR DE UM CÁRTER CENTRAL;
- ✓ MOTOR DIGNO DE CONFIANÇA;



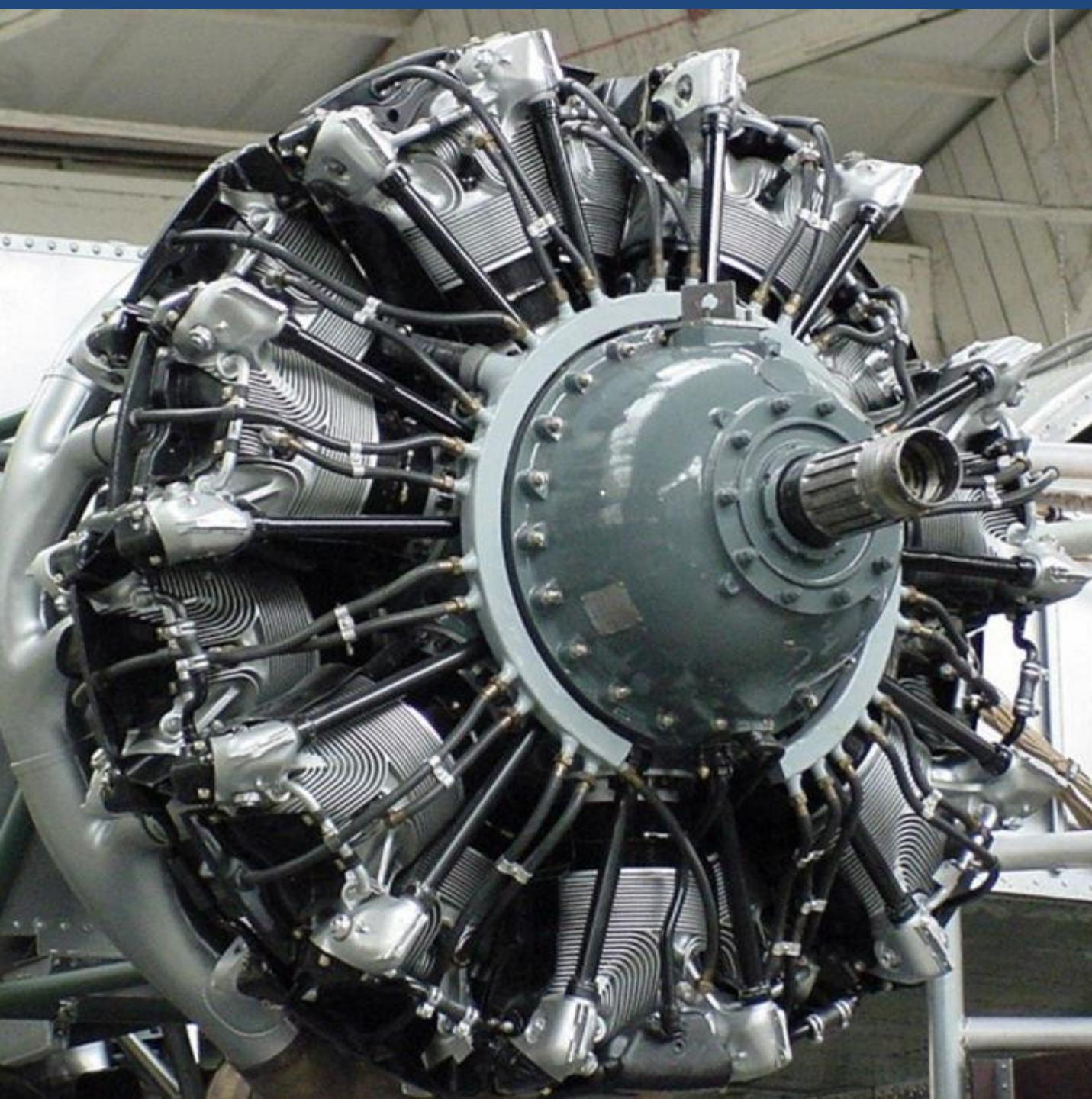
Pratt & Whitney 1,200 horsepower

- **MOTORES RADIAIS**

- O NÚMERO DE CILINDROS QUE COMPÕEM UMA CARREIRA PODE SER 3, 5, 7 OU 9;
- ALGUNS MOTORES TÊM DUAS CARREIRAS DE 7 OU 9 CILINDROS AO REDOR DO CÁRTER;



MOTORES ALTERNATIVOS



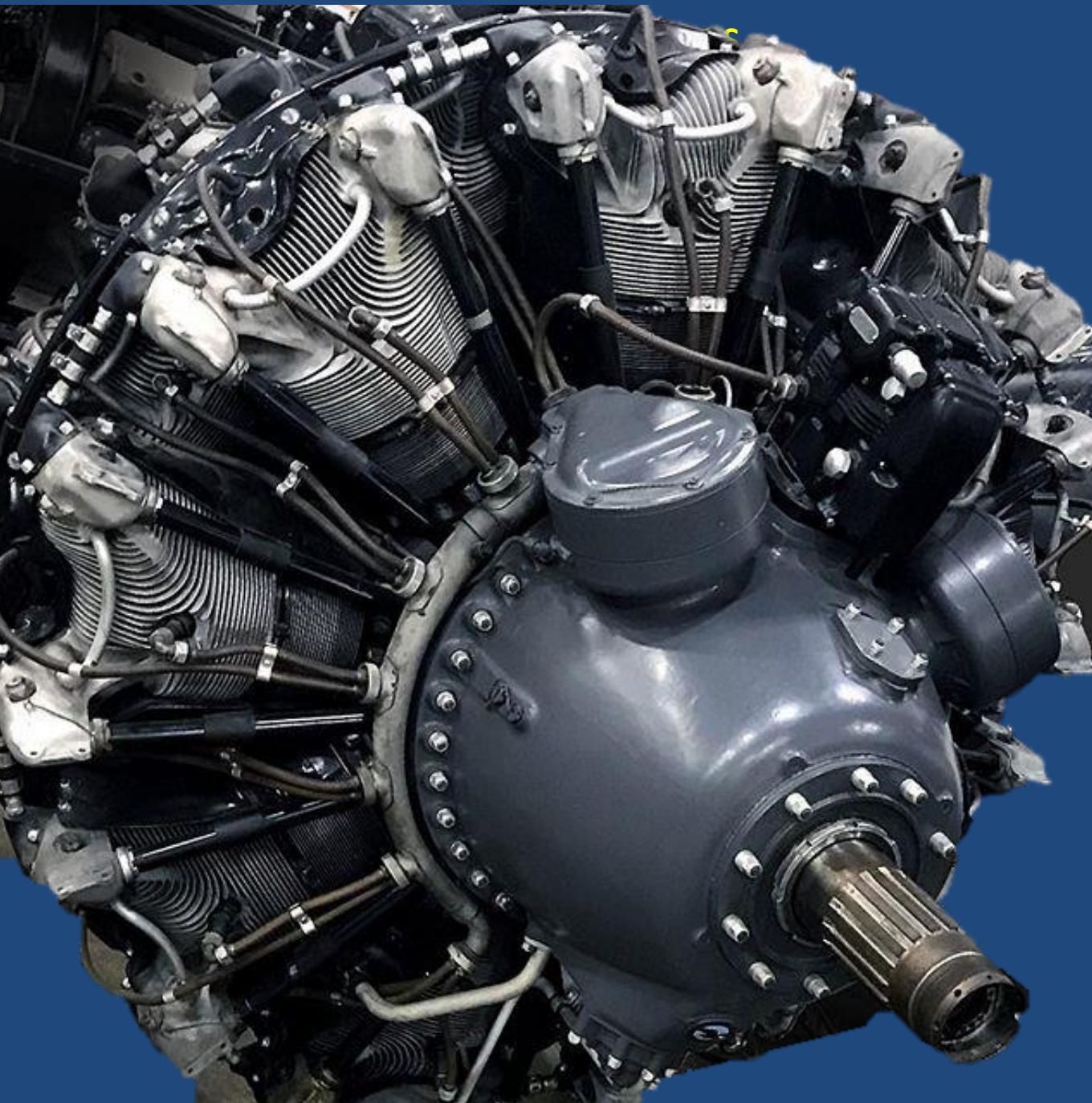
- **MOTORES RADIAIS**
- TEM MOTOR QUE POSSUI 4 CARREIRAS DE CILINDROS COM SETE CILINDROS EM CADA;
- A POTÊNCIA PRODUZIDA PELOS DIFERENTES TAMANHOS DE MOTORES RADIAIS VARIA DE 100 A 3800 CAVALOS-FORÇA.

Pratt & Whitney R-1830 Twin Wasp

MOTORES RADIAIS

ALGUNS TIPOS DE MOTORES RADIAIS:

O MOTOR RADIAL DE 9 CILINDROS, EM UMA CARREIRA DE CONSTRUÇÃO SIMPLES, POSSUINDO A PARTE FRONTAL INTEIRIÇA E O CÁRTER EM DUAS SEÇÕES.



MOTORES RADIAIS

ALGUNS TIPOS DE MOTORES RADIAIS:

OS MOTORES COM DUAS CARREIRAS DE CILINDROS SÃO DE CONSTRUÇÃO LIGEIRAMENTE MAIS COMPLEXA QUE OS DE UMA SÓ CARREIRA;

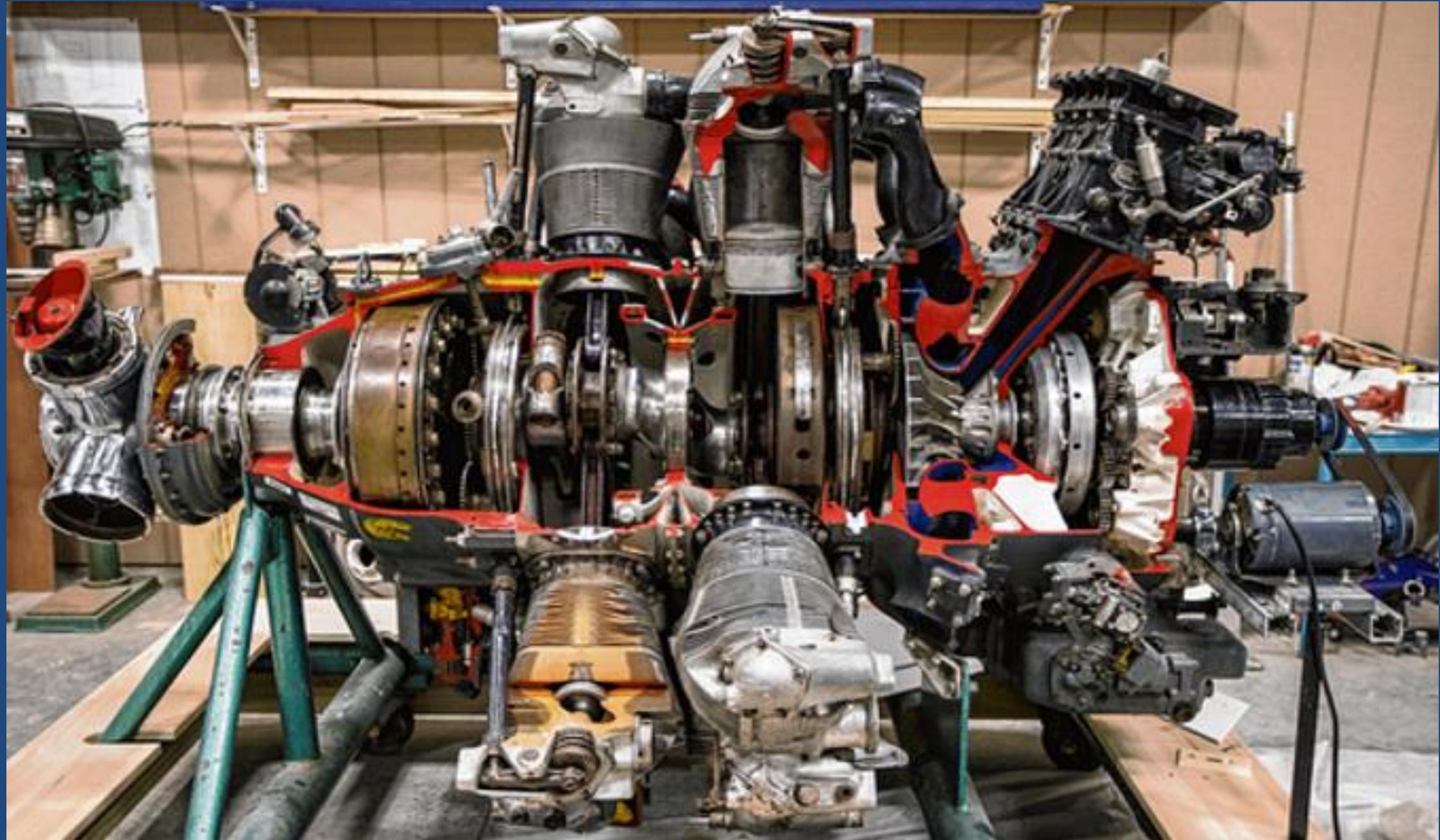
POR EXEMPLO :

O CÁRTER DO MOTOR WRIGHT R-3350.



[Lotnictwo.r](#) Radial de 18 cilindros – Wright R3350 Cyclone

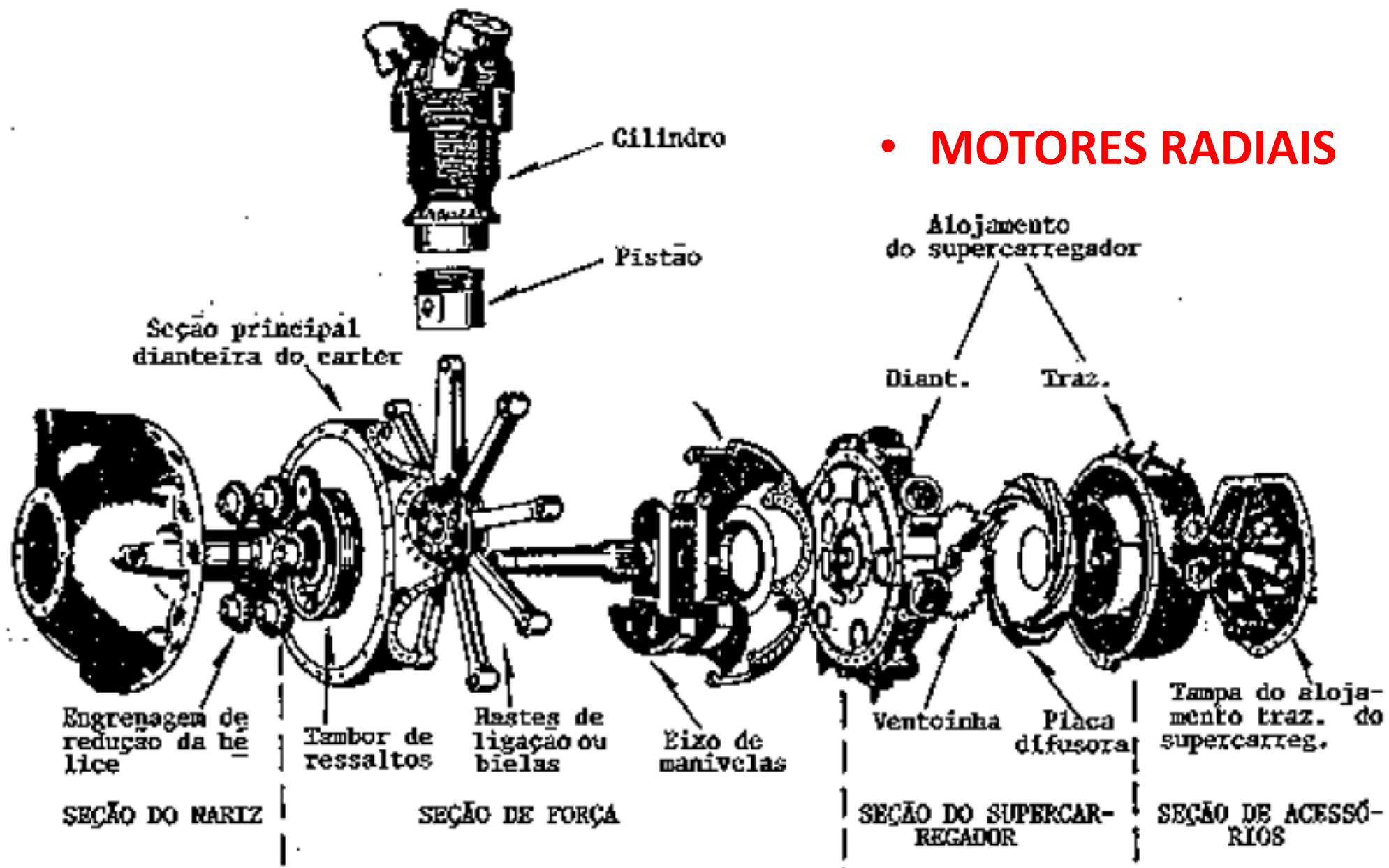
© Paweł Bondaryk

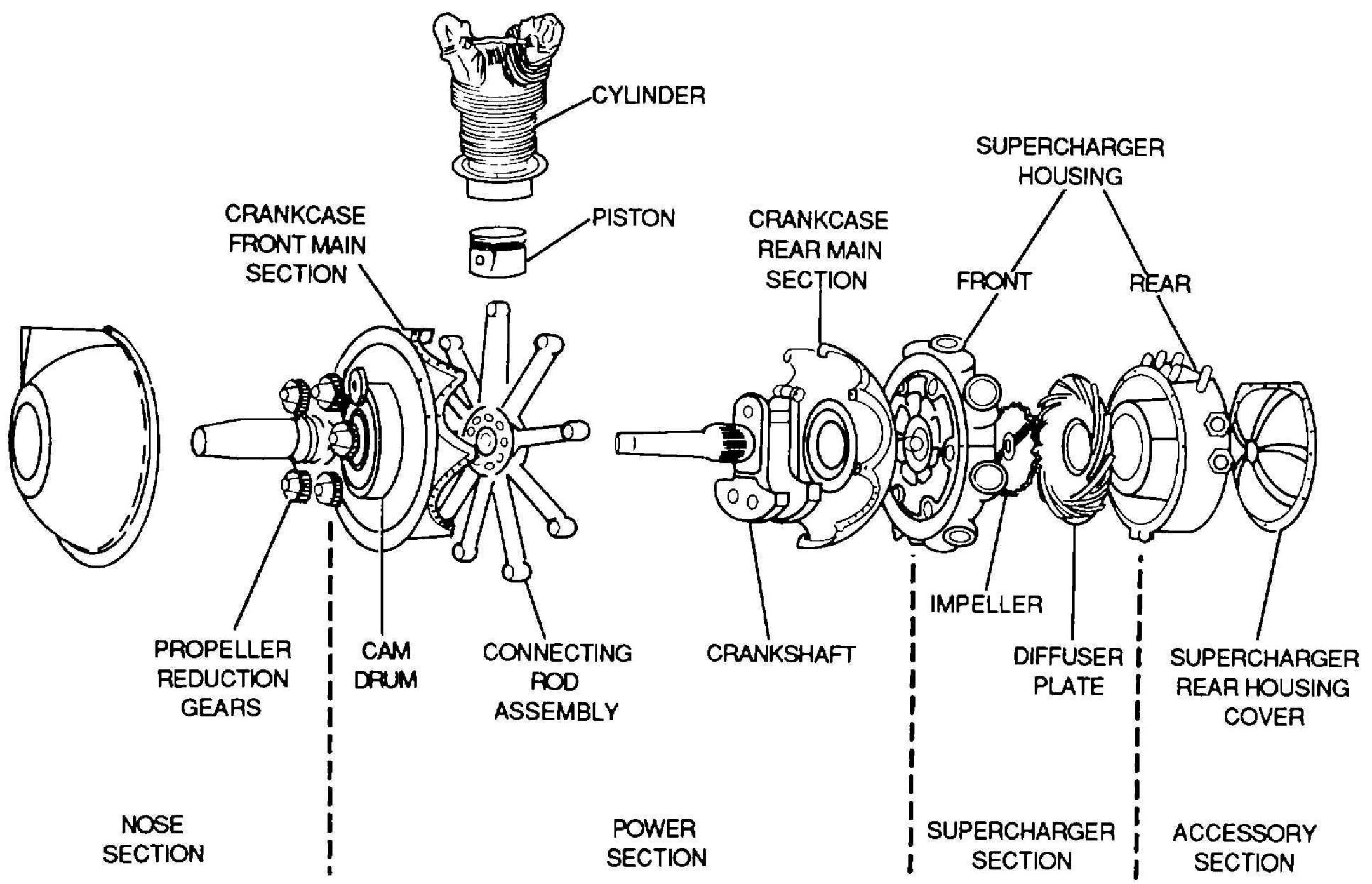


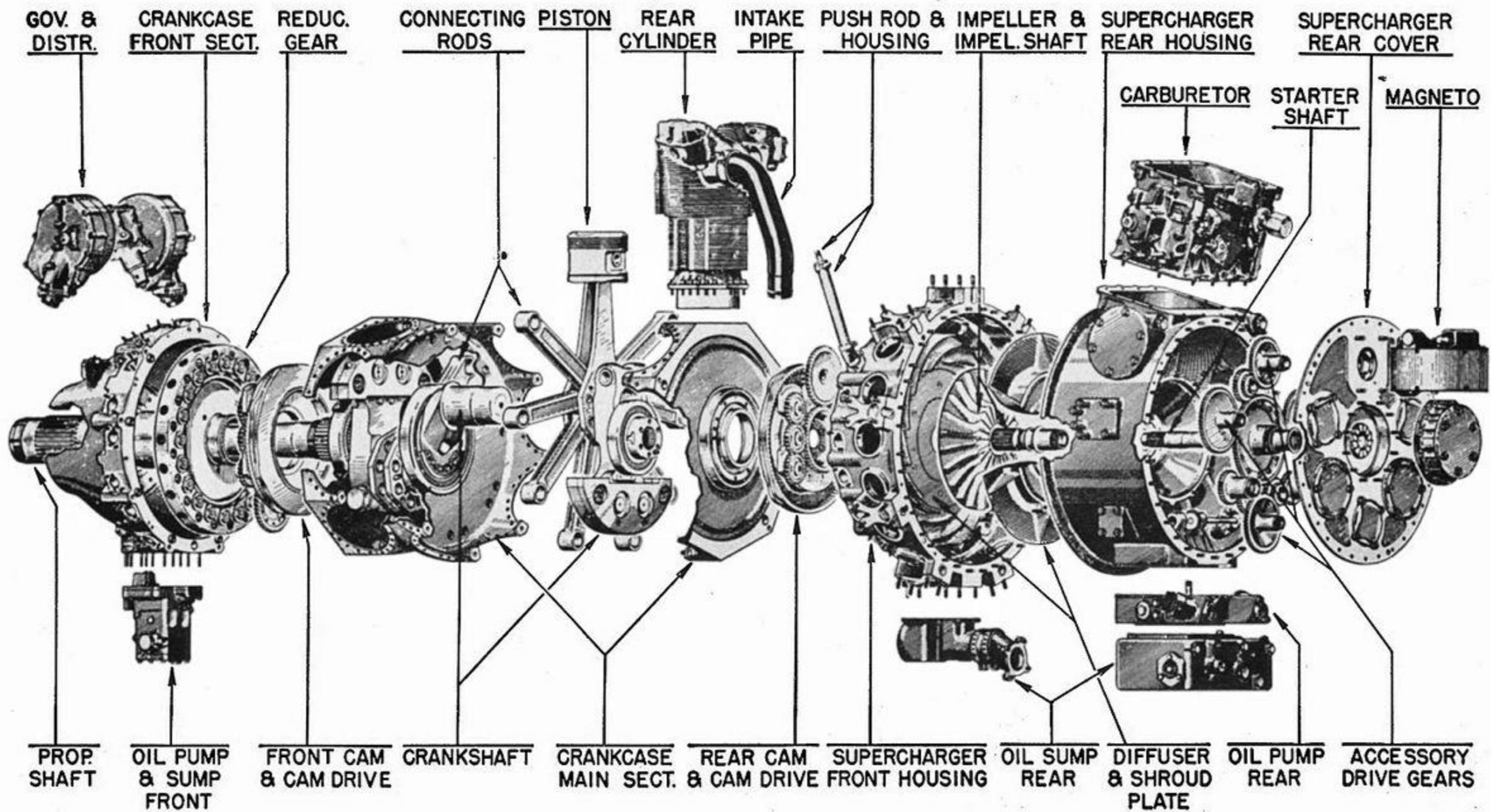
✓ PROJETO E CONSTRUÇÃO DE MOTORES RADIAIS

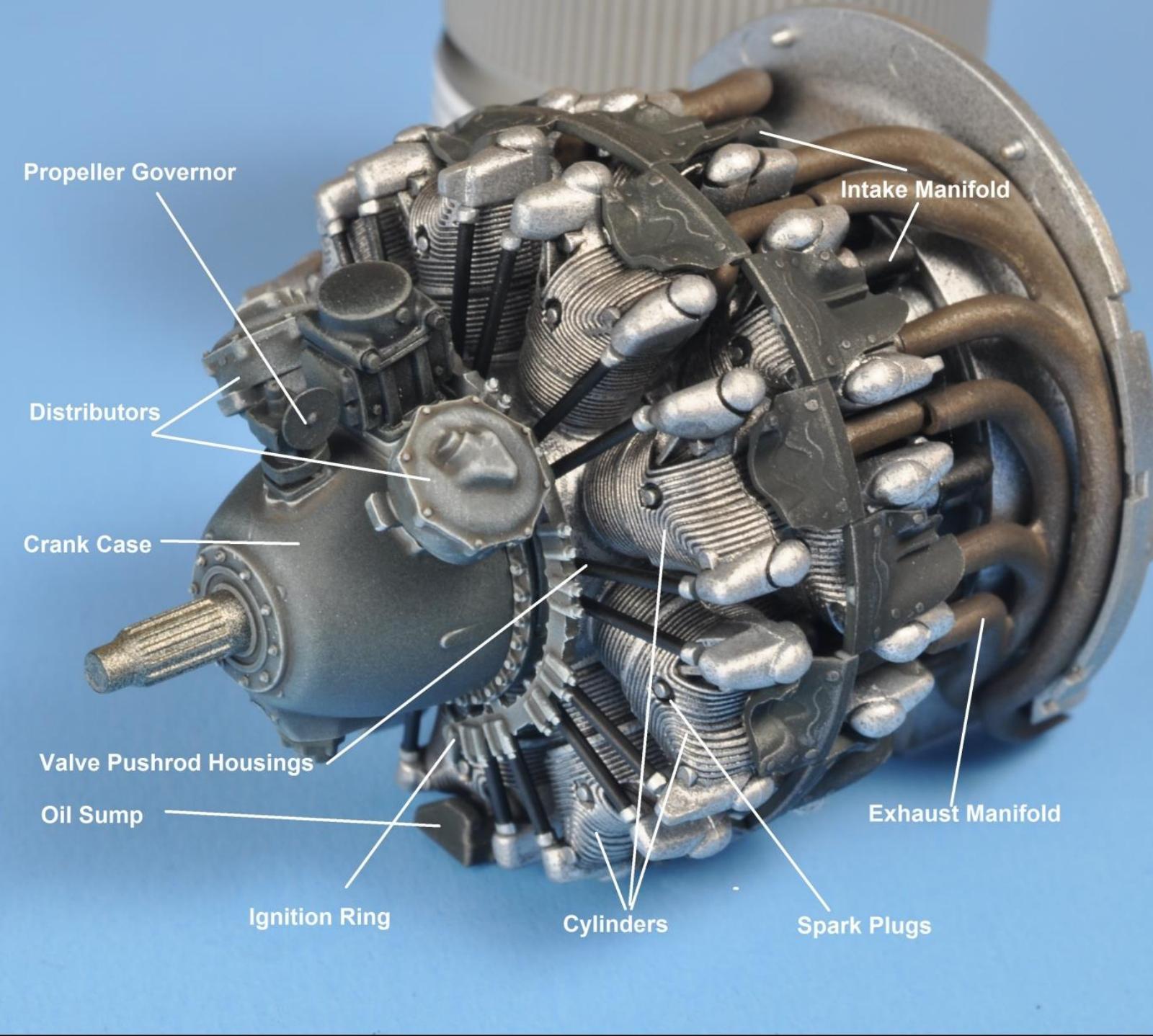
- ✓ As peças básicas de um motor são:
 - ✓ O CÁRTER;
 - ✓ OS CILINDROS;
 - ✓ OS PISTÕES;
 - ✓ AS BIELAS;
 - ✓ O mecanismo de COMANDO DE VÁLVULAS; e
 - ✓ O EIXO DE MANIVELAS.
- ✓ Na cabeça de cada cilindro estão duas VÁLVULAS (ADMISSÃO e ESCAPAMENTO) e as VELAS DE IGNIÇÃO.
- ✓ Dentro de cada cilindro está um PISTÃO móvel conectado ao eixo de manivelas por uma biela

• MOTORES RADIAIS

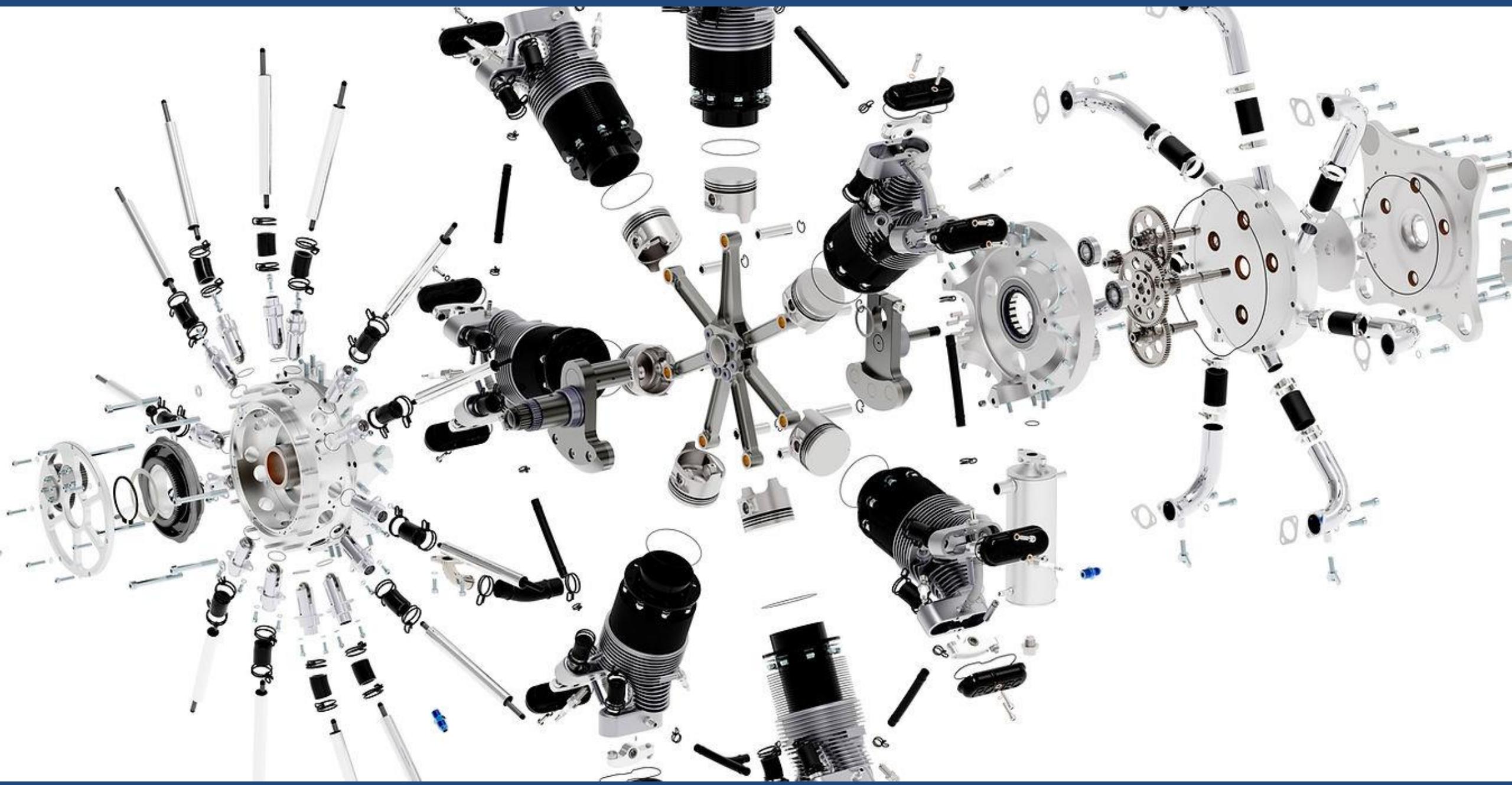








✓ PROJETO E CONSTRUÇÃO
DE MOTORES RADIAIS



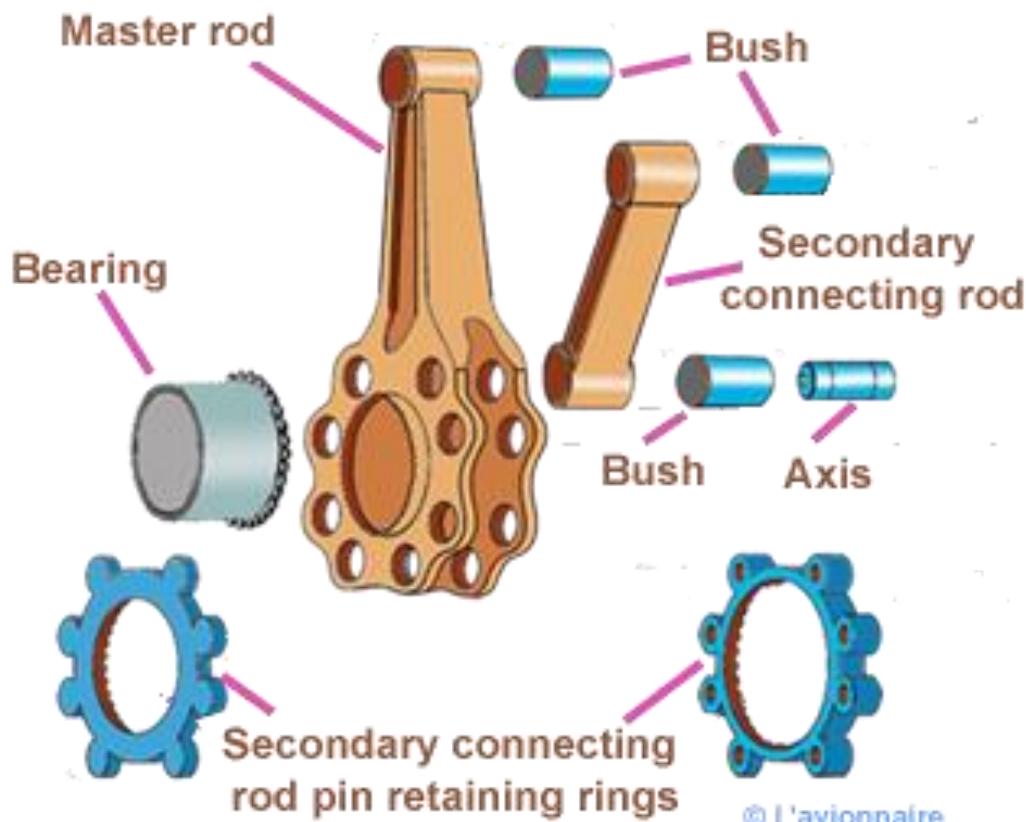
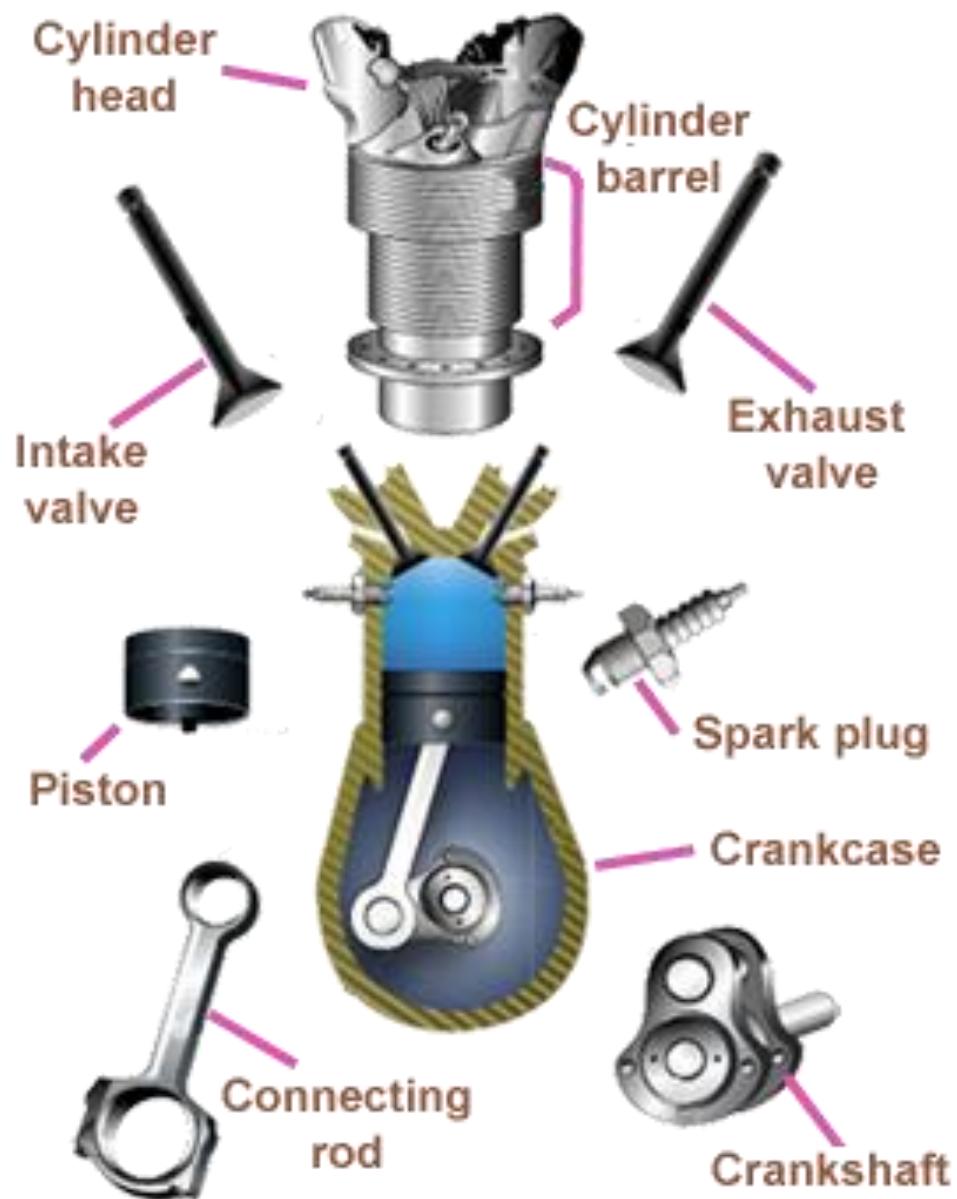




INTERVALO!

<https://youtu.be/w6PgUx6LZVM>

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE MOTORES RADIAIS



© L'avionnaire

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

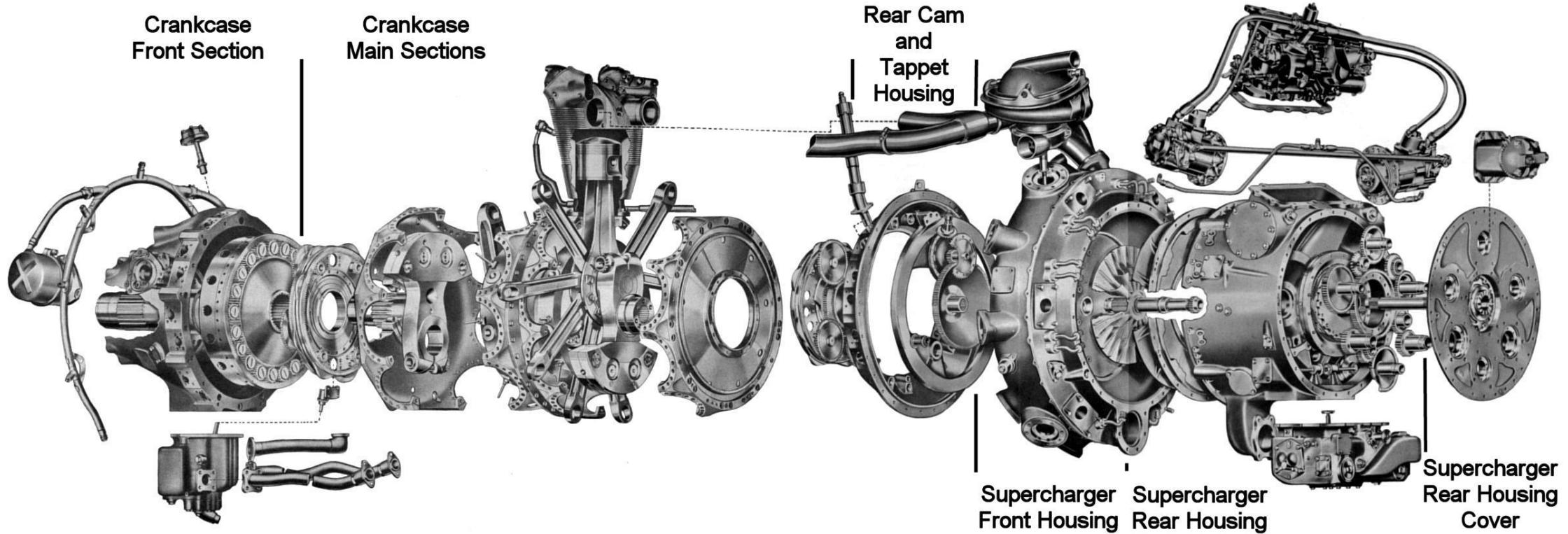
CICLO TEÓRICO A QUATRO TEMPOS

1 ^a VOLTA DO EIXO DE MANIVELAS		2 ^a VOLTA DO EIXO DE MANIVELAS	
CURSO DESCENDENTE	CURSO ASCENDENTE	CURSO DESCENDENTE	CURSO ASCENDENTE
TEMPO: ADMISSÃO	TEMPO: COMPRESSÃO	TEMPO: MOTOR	TEMPO: ESCAPAMENTO
FASE: 1 ^a ADMISSÃO	FASE: 2 ^a COMPRESSÃO	FASE: 3 ^a IGNICÃO (PMA)- 4 ^a COMB.- 5 ^o EXPANÇÃO	FASE: 6 ^a ESCAPAMENTO

MOTORES RADIAIS

O CÁRTER DO MOTOR WRIGHT R-3350 É
COMPOSTO DE:

UMA SEÇÃO FRONTAL;

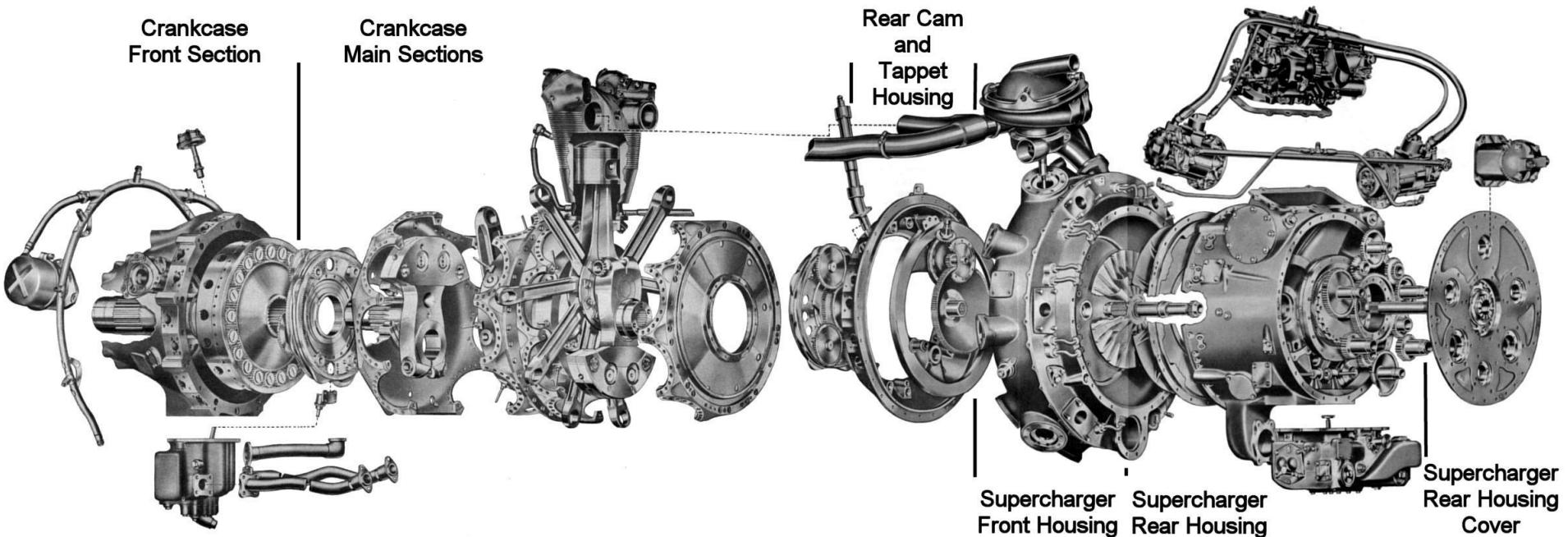


MOTORES RADIAIS

O CÁRTER DO MOTOR WRIGHT R-3350 É COMPOSTO DE:

QUATRO SEÇÕES PRINCIPAIS:

PRINCIPAL DIANTEIRA
CENTRAL DIANTEIRA
CENTRAL TRASEIRA E
PRINCIPAL TRASEIRA.



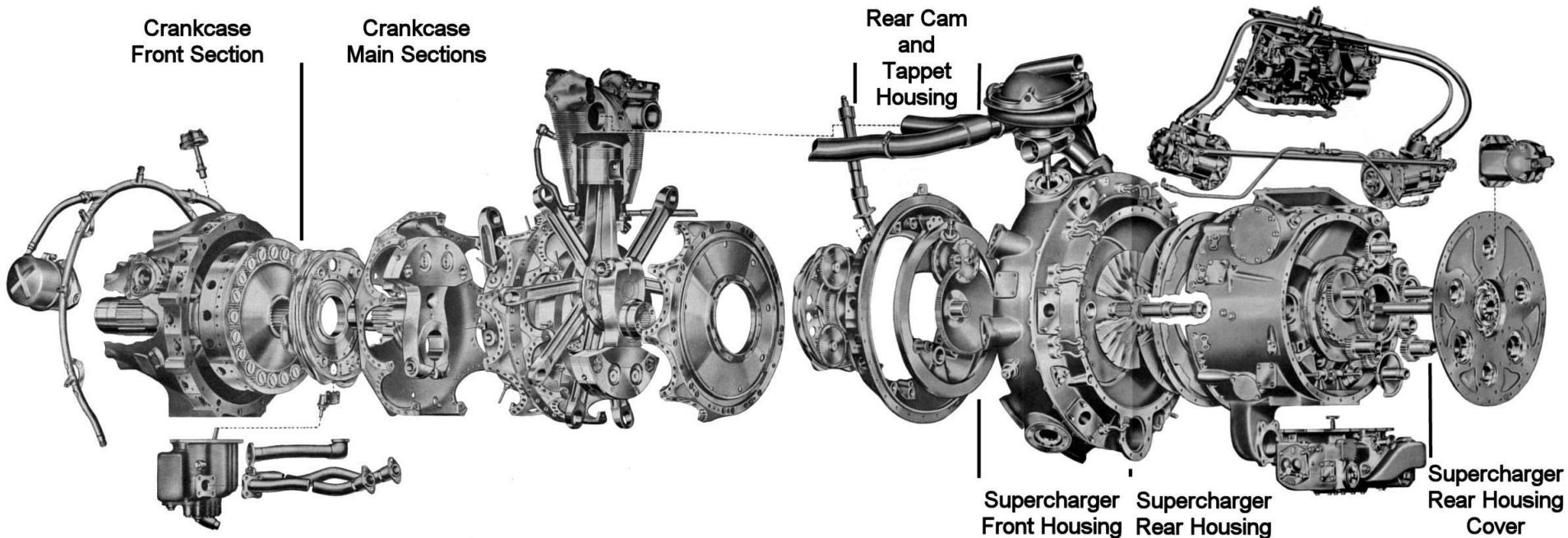
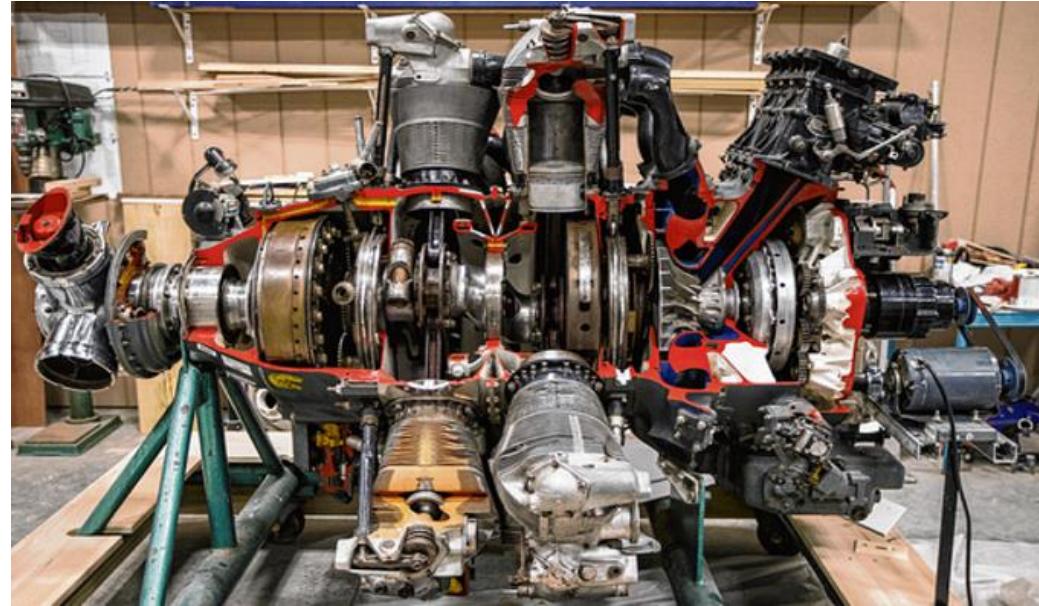
MOTORES RADIAIS

O CÁRTER DO MOTOR WRIGHT R-3350 É COMPOSTO DE:

ALOJAMENTO DO PRATO DE RESALTOS E TUCHOS TRASEIROS;

ALOJAMENTOS FRONTAL E TRASEIRO DO COMPRESSOR E

TAMPA TRASEIRA DO ALOJAMENTO DO COMPRESSOR.



MOTORES RADIAIS

MOTORES ALTERNATIVOS

O CÁRTER DO MOTOR WRIGHT R-3350 É COMPOSTO DE:

UMA SEÇÃO FRONTAL;

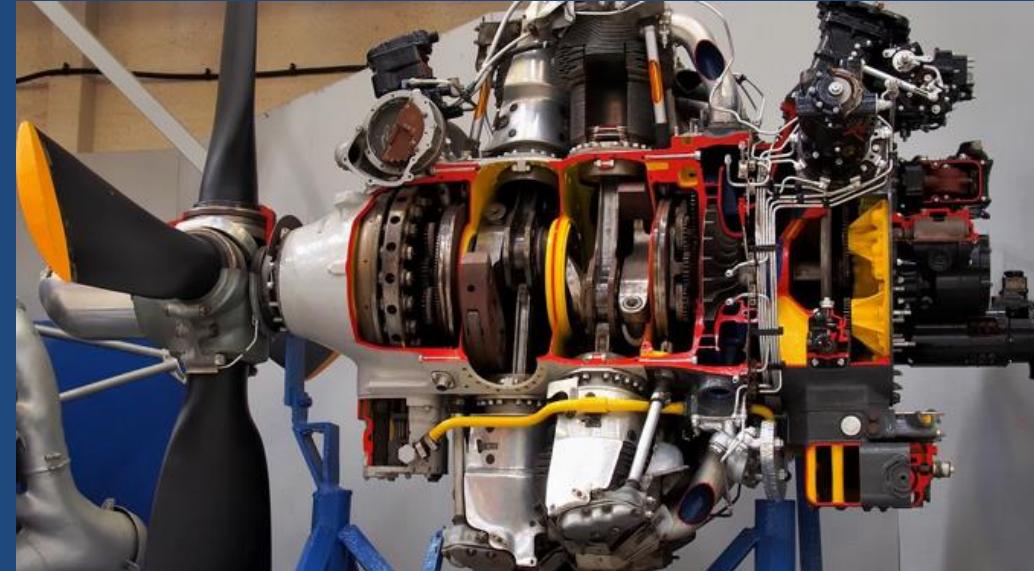
QUATRO SEÇÕES PRINCIPAIS:

PRINCIPAL DIANTEIRA

CENTRAL DIANTEIRA

CENTRAL TRASEIRA E

PRINCIPAL TRASEIRA.



ALOJAMENTO DO PRATO DE RESALTOS E TUCHOS TRASEIROS;

ALOJAMENTOS FRONTAL E TRASEIRO DO COMPRESSOR E

TAMPA TRASEIRA DO ALOJAMENTO DO COMPRESSOR.

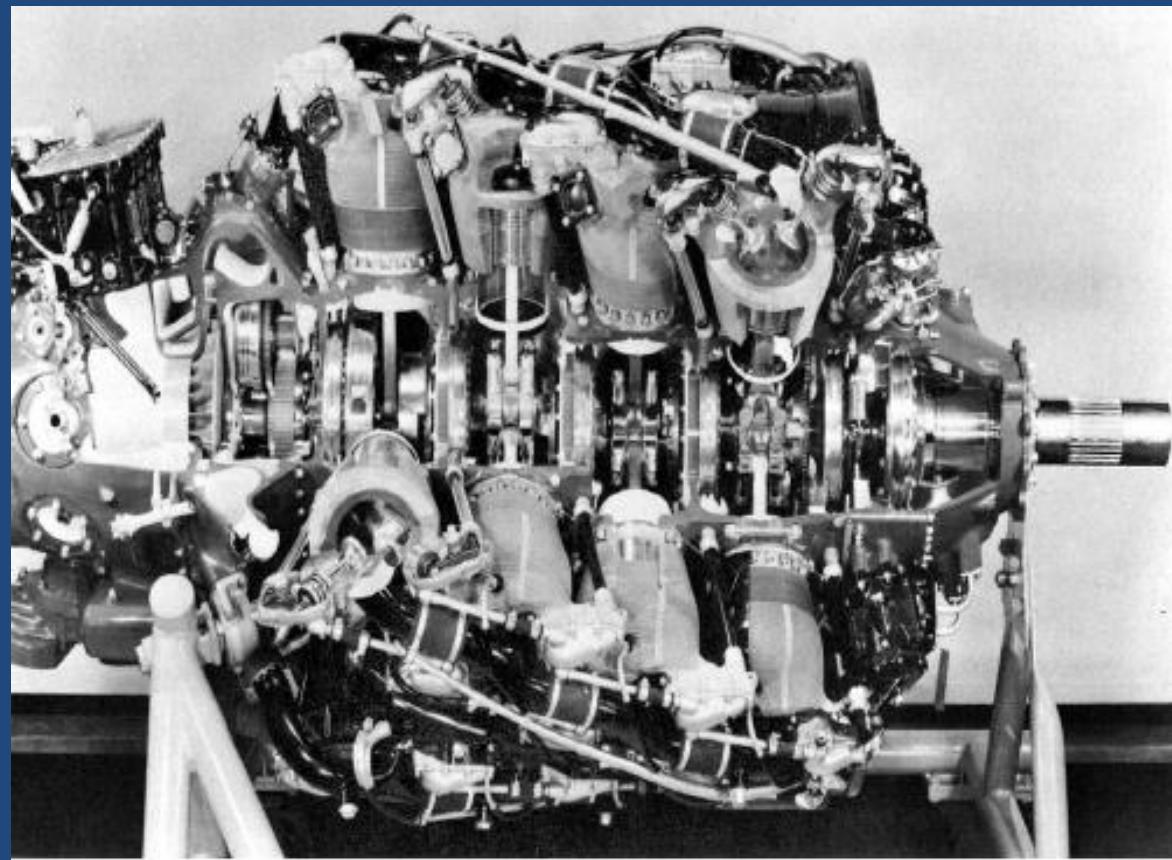


MOTORES RADIAIS

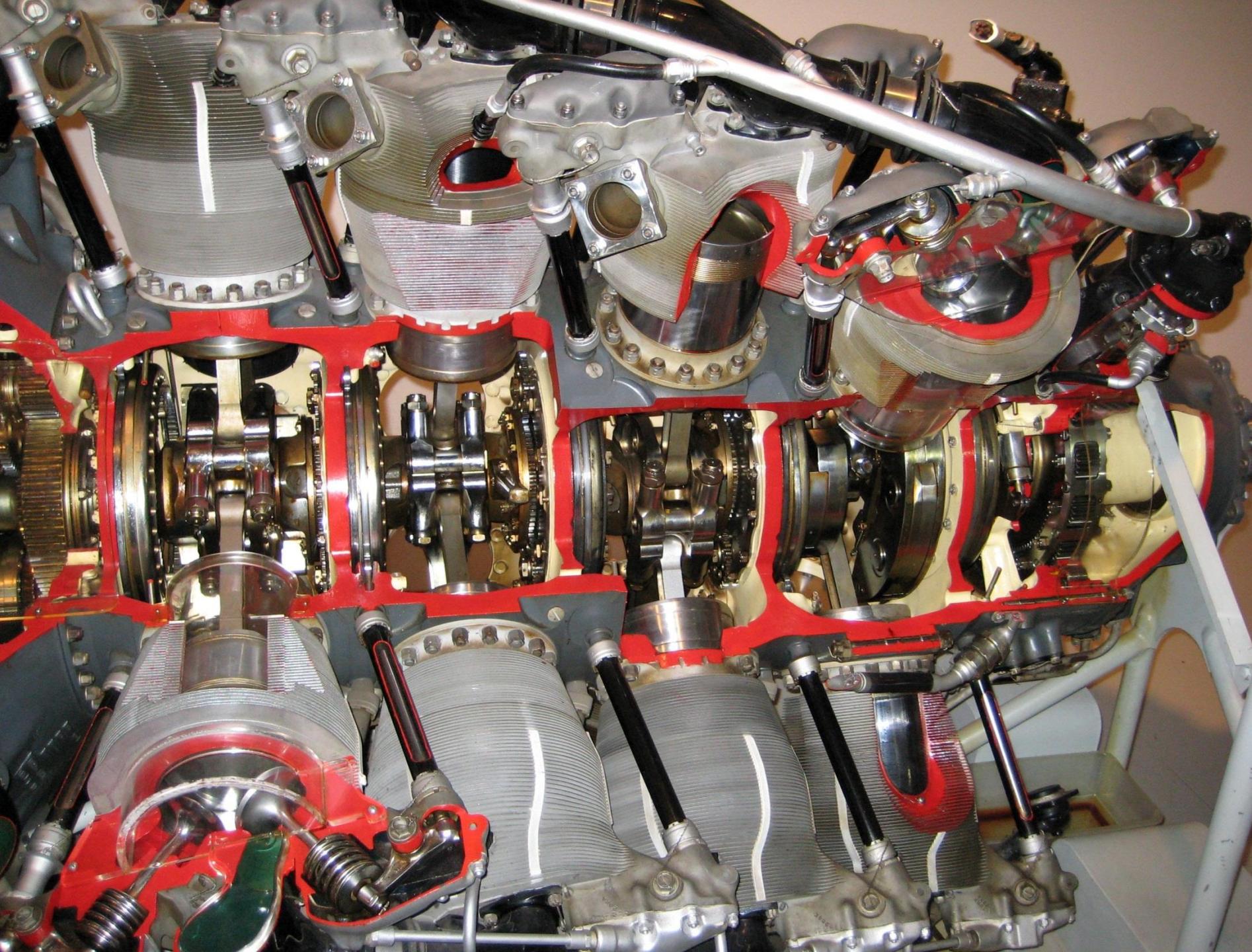
OS MOTORES PRATT AND WHITNEY DE TAMANHO EQUIVALENTE, INCORPORAM AS MESMAS SEÇÕES BÁSICAS, MUITO EMBORA A CONSTRUÇÃO E A NOMENCLATURA TENHAM DIFERENÇAS CONSIDERÁVEIS.

CONFIGURAÇÃO:

- 1- REFRIGERAÇÃO A AR;
- 2- 3500 HP;
- 3- 28 CILINDROS (4 FILEIRAS RADIAIS DE 7 CILINDROS);
- 4- DESLOCAMENTO VOLUMÉTRICO: 71,5 LITROS;
- 5- ANO: 1944 A 1955



Radial - Pratt & Witney R4360 "Espiga de milho"



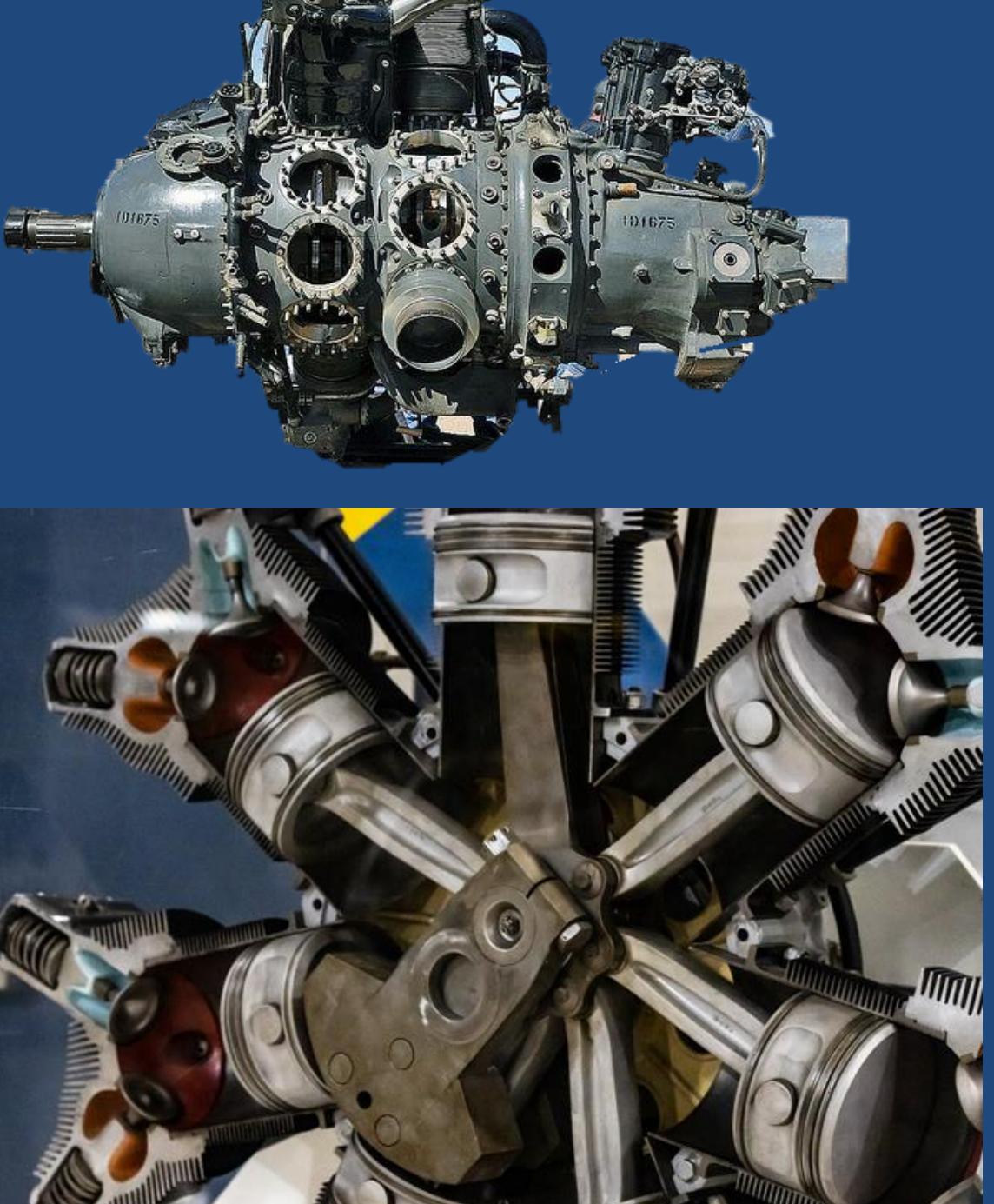
Pratt & Whitney R-4360 Wasp
Major: 71.5 liter, 28-cylinder,
supercharged radial

MOTORES ALTERNATIVOS

SEÇÃO DO POTÊNCIA

✓ SEÇÃO DO CÁRTER PRINCIPAL

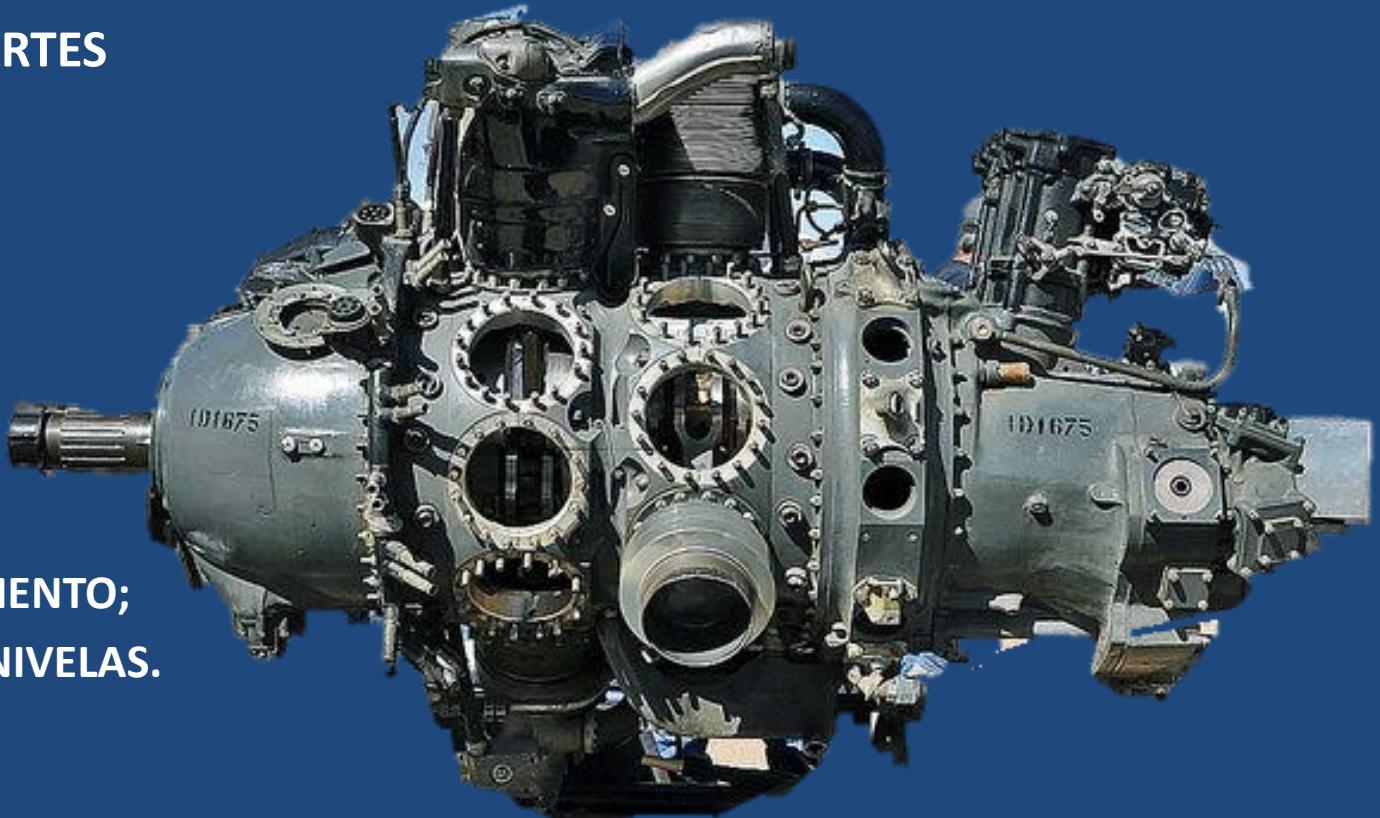
- ✓ MOVIMENTO ALTERNATIVO DO PISTÃO É CONVERTIDO EM MOVIMENTO ROTATIVO DO EIXO DE MANIVELAS;
- ✓ FABRICADA DE FORMA MACIÇA EM LIGA DE ALUMÍNIO NOS MOTORES RADIAIS QUE POSSUEM BIELA MESTRA BI-PARTIDA E EIXO DE MANIVELAS MACIÇO;



SEÇÃO DO POTÊNCIA

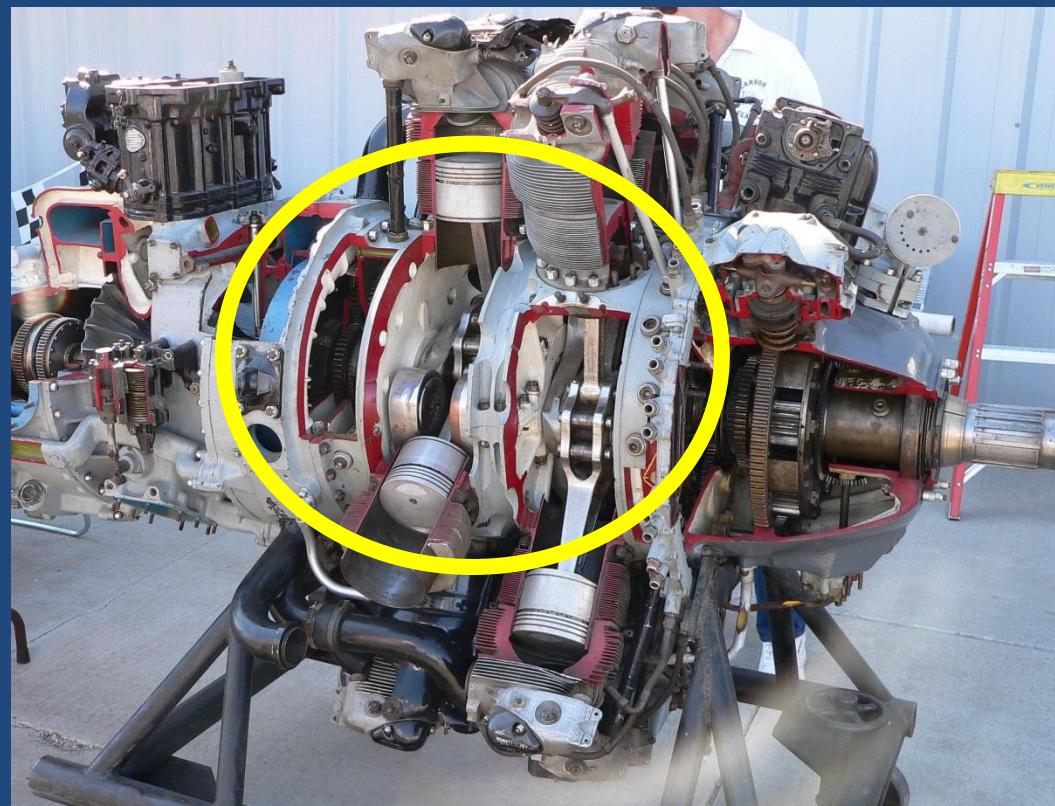
- ✓ MOTORES COM CÁRTER BI-PARTIDO: PARTES SÃO UNIDAS POR PARAFUSOS;

- ✓ SEÇÃO PRINCIPAL BI-PARTIDA:
 - ✓ FABRICADA EM LIGA DE ALUMÍNIO OU MAGNÉSIO.
 - ✓ SEÇÃO CARA;
 - ✓ PERMITE UM MELHOR CONTROLE DA QUANTIDADE DA FUNDição OU FORJAMENTO;
 - ✓ BIELA MESTRA MACIÇA E O EIXO DE MANIVELAS.



CÁRTER

- ✓ É A BASE DO MOTOR;
- ✓ CONTÉM OS ROLAMENTOS ONDE O EIXO DE MANIVELAS SE APÓIA;
- ✓ POSSUI UM RECIPIENTE PARA O ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO;
- ✓ APÓIA OS MECANISMOS EXTERNOS E INTERNOS;
- ✓ APÓIA A FIXAÇÃO DOS CILINDROS E DO MOTOR À AERONAVE;
- ✓ RÍGIDO E FORTE PARA EVITAR DESBALANCEAMENTO DO EIXO DE MANIVELAS.



CILINDROS

A PARTE DO MOTOR NA QUAL
A POTÊNCIA É DESENVOLVIDA;

PROVÊ A CÂMARA DE
COMBUSTÃO ONDE OCORREM
A QUEIMA E A EXPANSÃO DOS
GASES;

ALOJA O PISTÃO E A BIELA.



✓ **ROLAMENTOS:**

- ✓ ONDE O EIXO DE MANIVELAS SE APÓIA;



CONJUNTO BIELA MESTRA E ARTICULADA

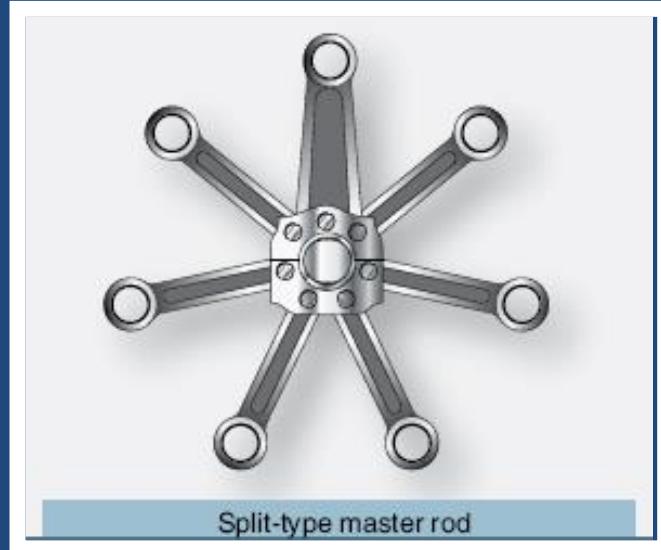
1. UTILIZADA EM MOTORES RADIAIS.

2. NO MOTOR RADIAL, O PISTÃO DO CILINDRO Nº 1 EM CADA CARREIRA É CONECTADO AO EIXO DE MANIVELAS POR MEIO DA BIELA MESTRA.

MOTOR RADIAL < PISTÃO DO CILINDRO Nº 1 > BIELA MESTRA

MOTOR RADIAL < PISTÕES DOS DEMAIS CILINDROS > CONECTADOS À BIELA MESTRA POR MEIO DE BIELAS ARTICULADAS.

18 CILINDROS > 02 CARREIRAS > 02 ESTRELAS > 02 BIELAS MESTRAS > 16 BIELAS ARTICULADAS



BIELAS

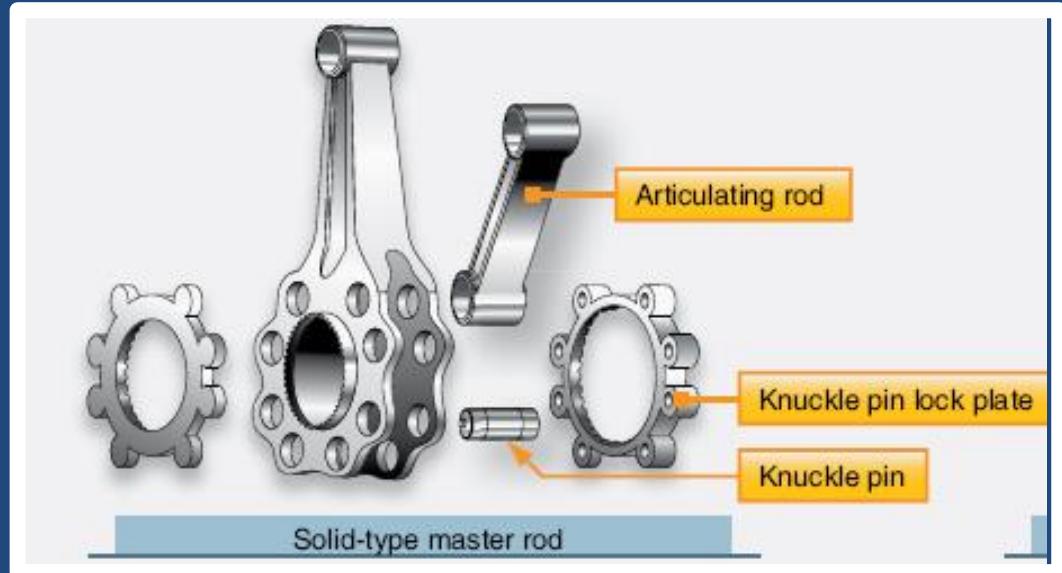
✓ PINOS DE ARTICULAÇÃO

✓ CONSTRUÇÃO SÓLIDA

- ✓ EXCETO QUANTO ÀS PASSAGENS DE ÓLEO USINADAS NOS PINOS, ATRAVÉS DAS QUAIS SÃO LUBRIFICADAS AS BUCHAS;

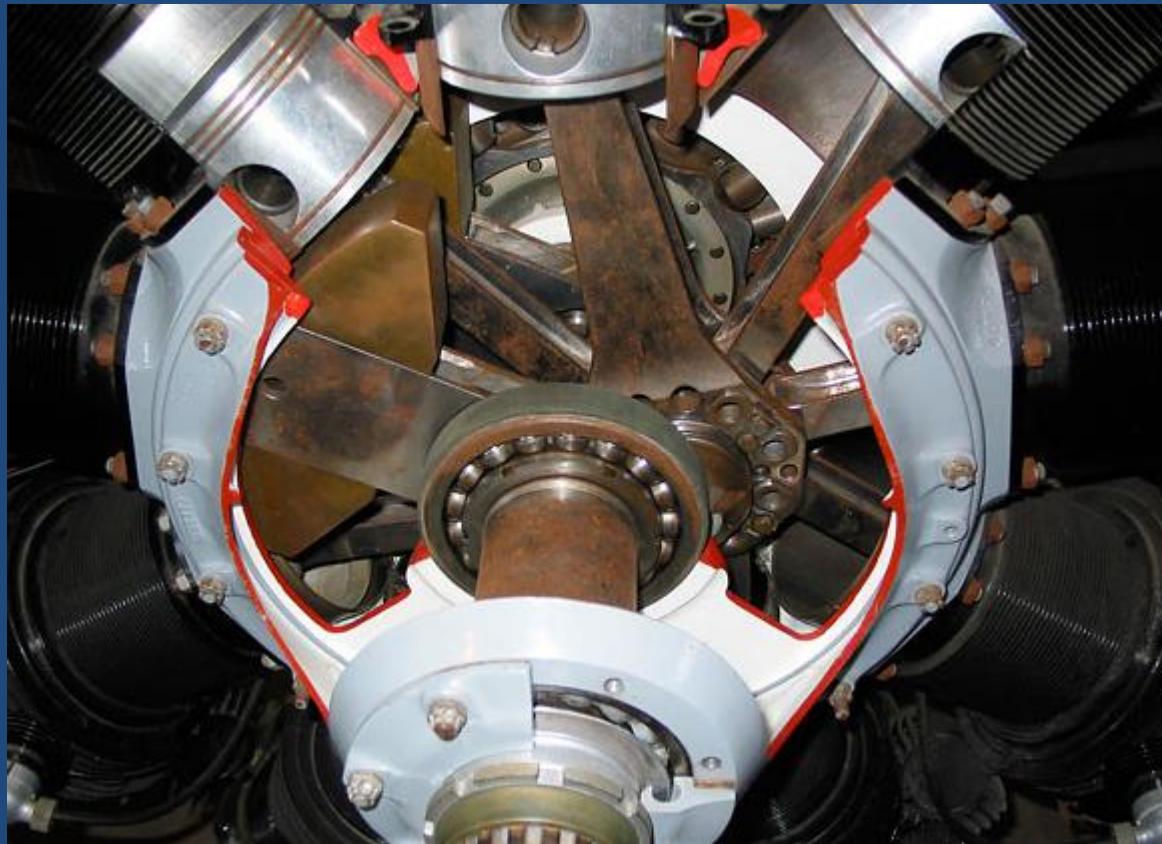
✓ “PINOS DE ARTICULAÇÃO FLUTUANTES”;

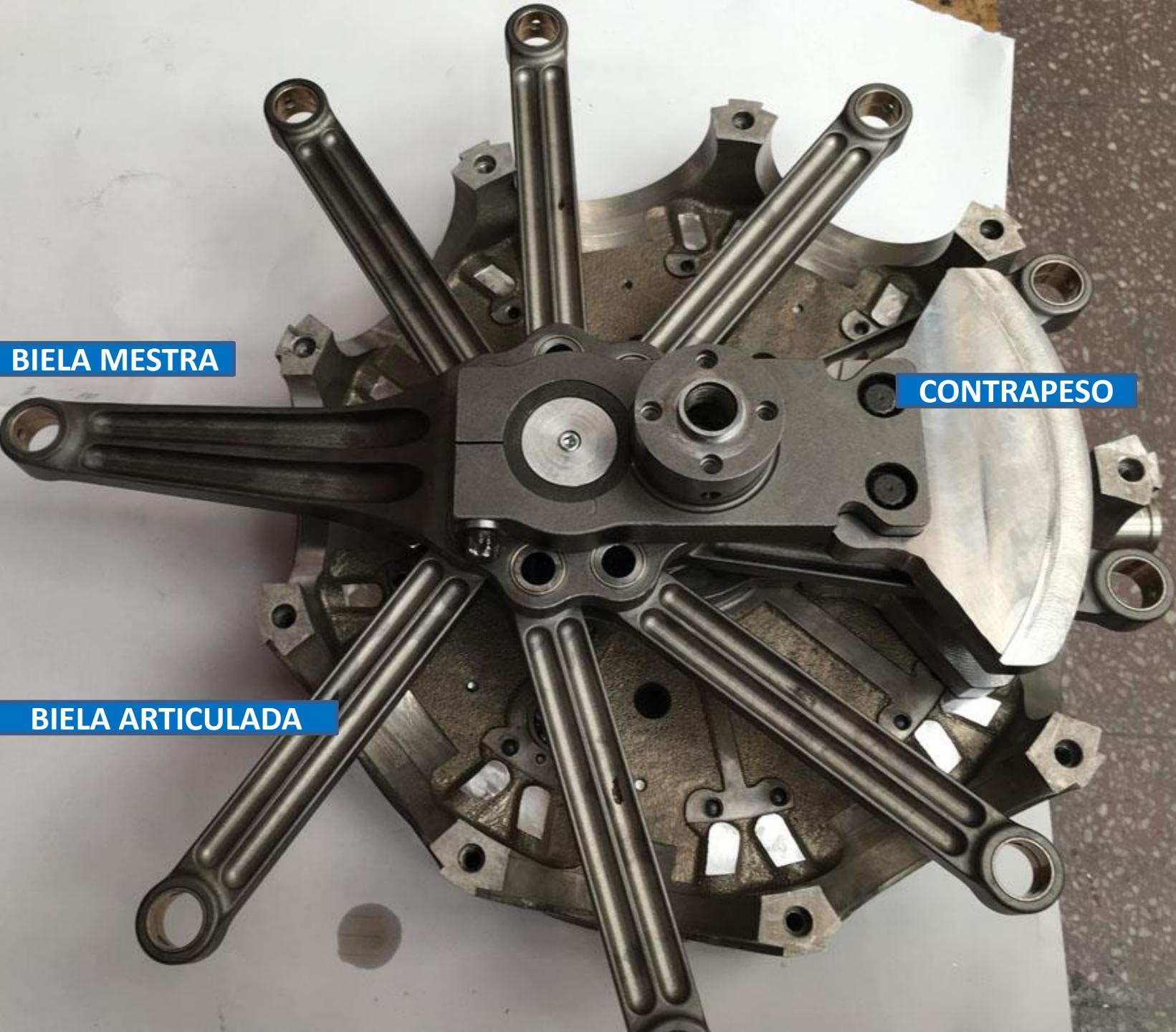
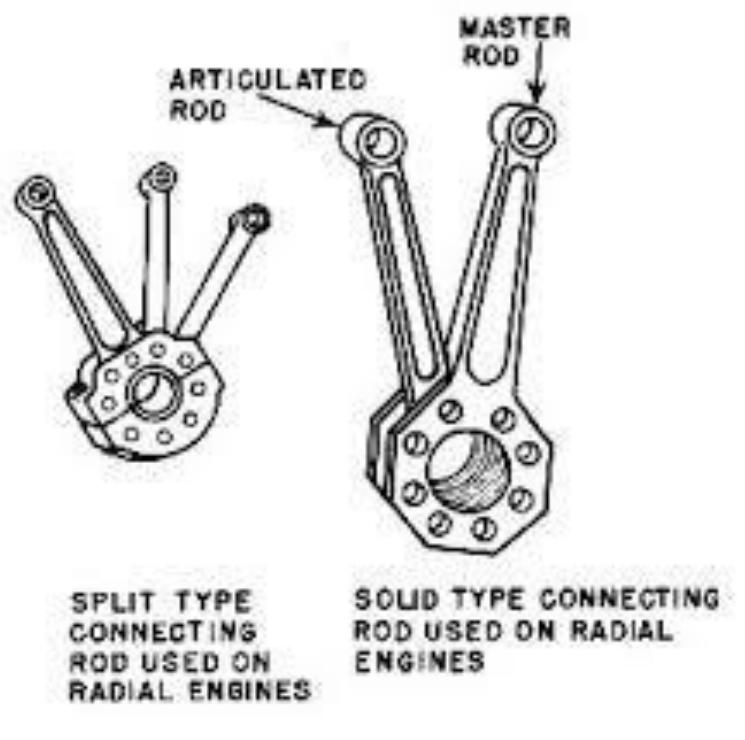
- ✓ INSTALADOS COM UM ENCAIXE FROUXO, DE FORMA QUE ELES POSSAM GIRAR NOS FUROS DOS FLANGES DAS BIELAS MESTRAS E, TAMBÉM, NAS BUCHAS DAS HASTES ARTICULADAS



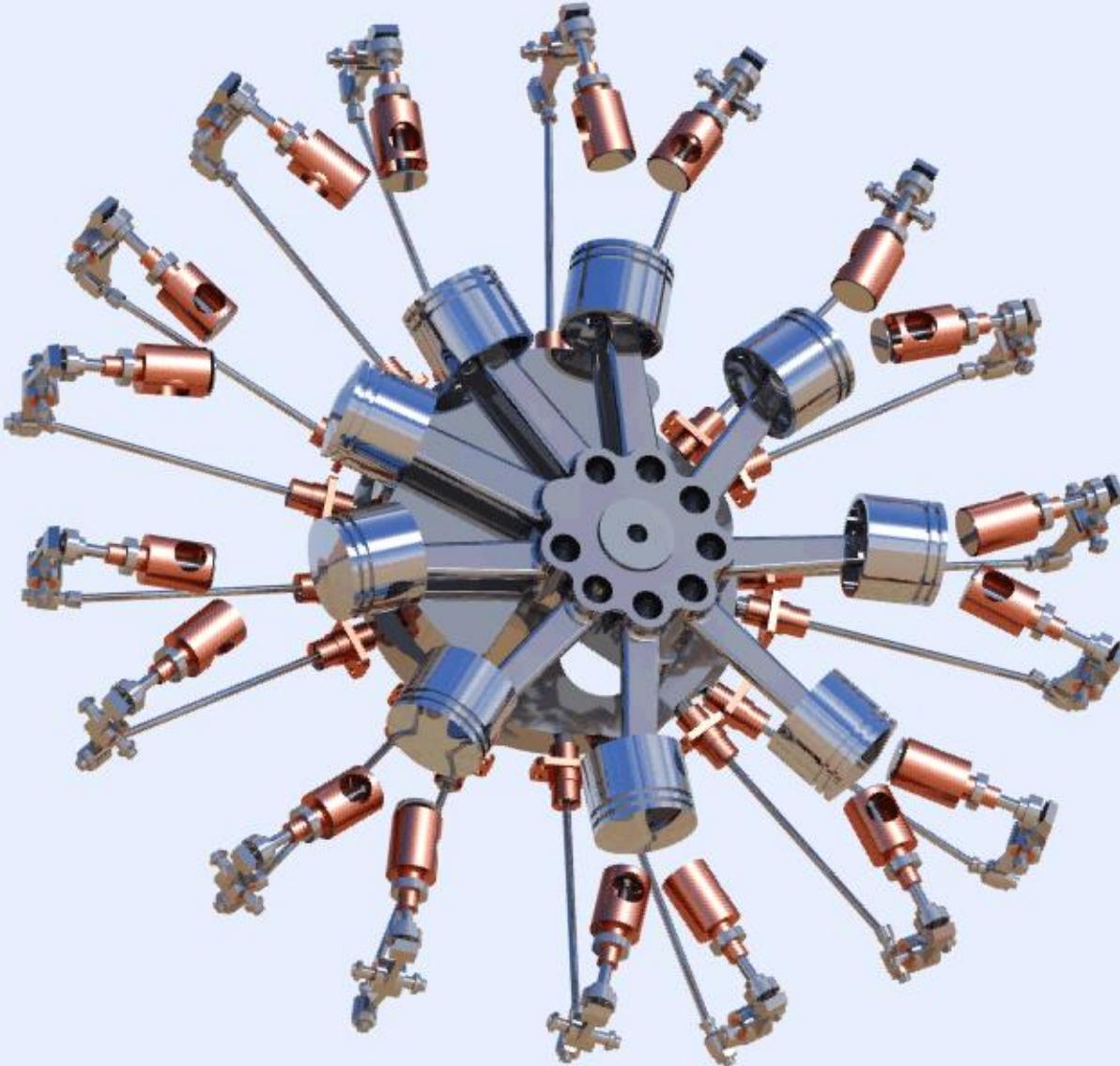
BIELAS

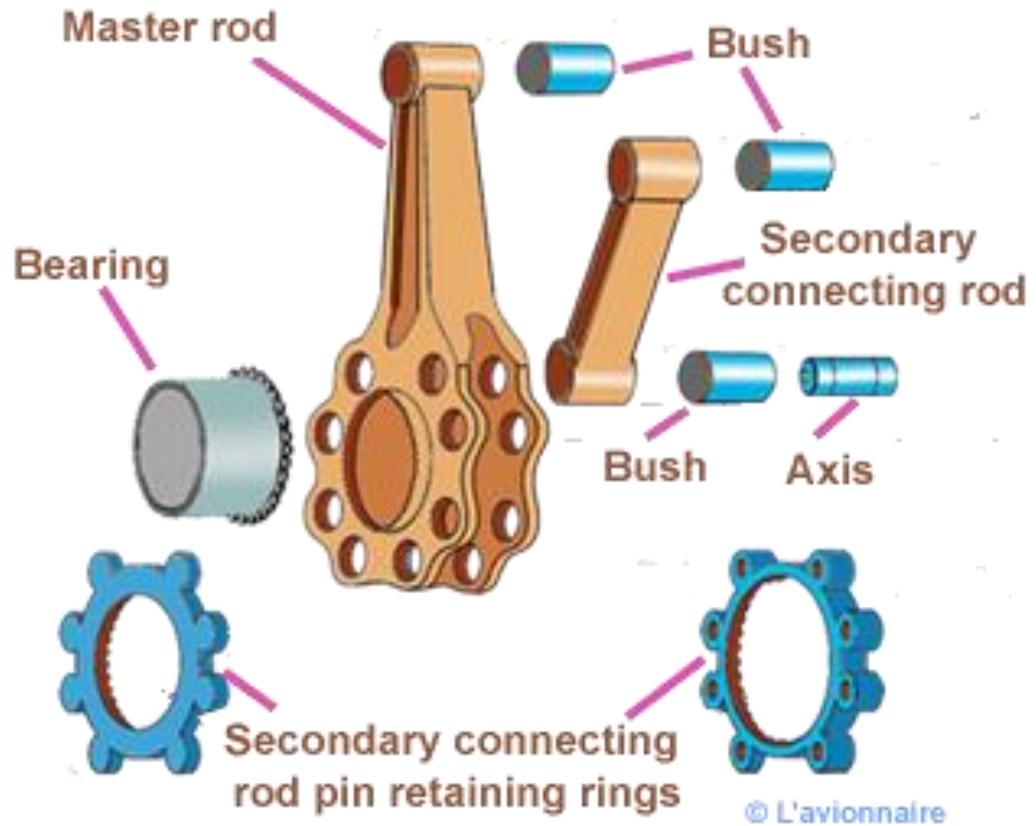
- CONJUNTO DE BIELA MESTRA E ARTICULADA





✓ BIELA
MESTRA
MACIÇA E O
EIXO DE
MANIVELAS.





R2800 master and link rod system.jpg



NOMENCLATURA DA BIELA

Mancal para o Pino do êmbolo

Corpo

Cabeça

BIELAS

Existem três tipos de bielas:

- (1) TIPO PLANA
- (2) TIPO FORQUILHA E PÁ;
- (3) BIELA MESTRA E ARTICULADA.

Mancal para o Eixo de Manivelas

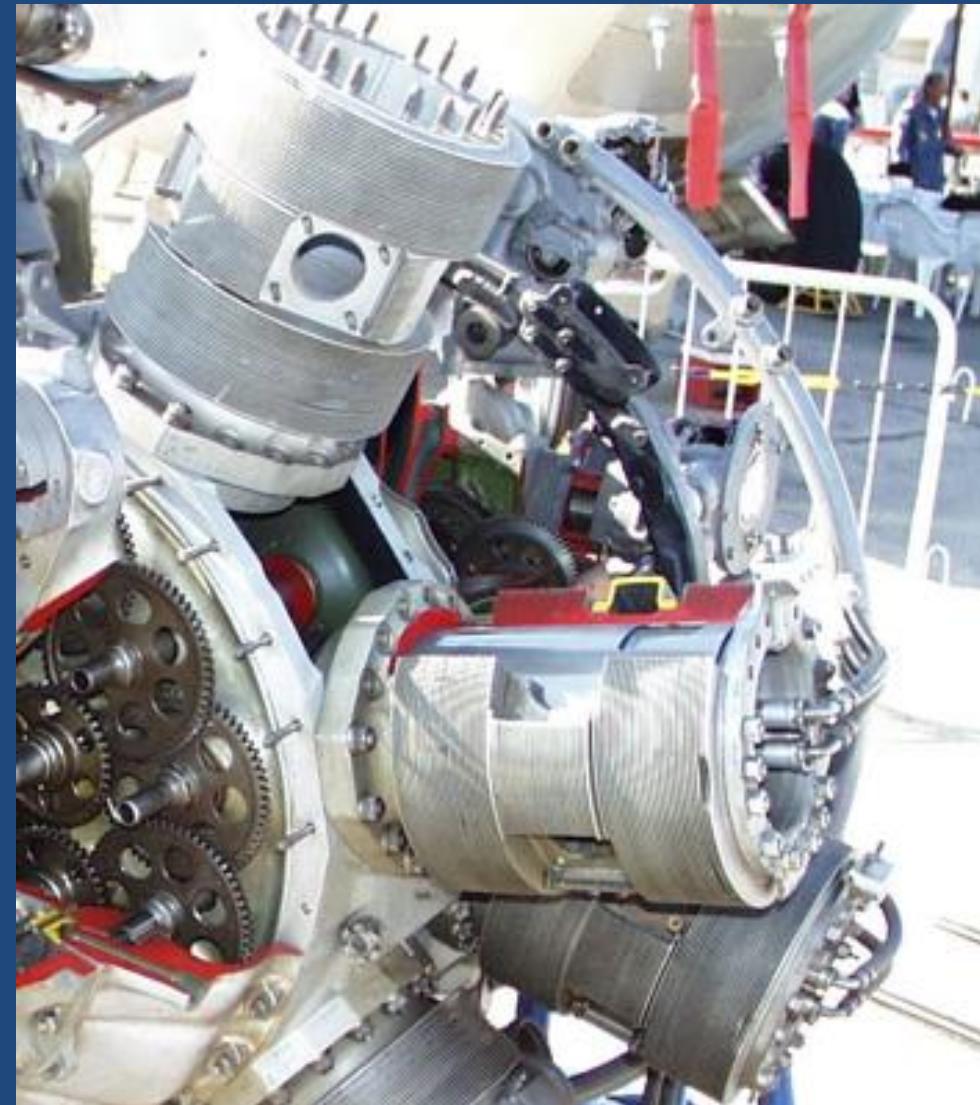
SEÇÃO DO POTÊNCIA

✓ BASE DOS CILINDROS:

- ✓ SUPERFÍCIES USINADAS ONDE SÃO MONTADOS OS CILINDROS;
- ✓ OS CILINDROS SÃO MONTADOS ATRAVÉS DE PRISIONEIROS EM FUROS ROSCADOS NO CÁRTER.

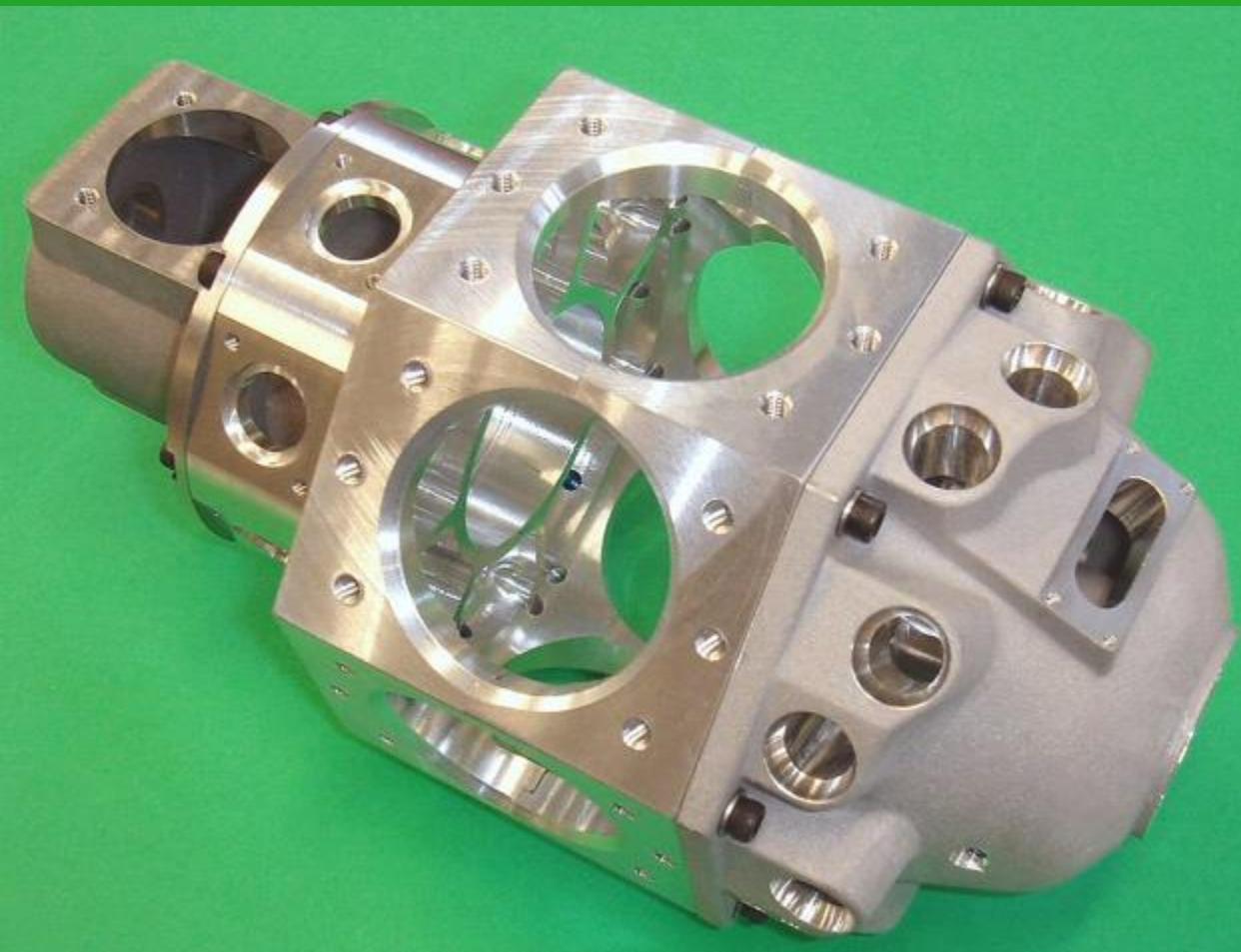
✓ PARAFUSOS DE COBERTURA:

- ✓ UTILIZADOS EM MOTORES EQUIPADOS COM SEÇÃO PRINCIPAL DE AÇO;
- ✓ DESDE QUE NÃO SOFRA DILATAÇÃO OU EXTENSÃO, AS ROSCAS SÃO ABERTAS EM MATERIAL MAIS RESISTENTE - AÇO.



SEÇÃO DO POTÊNCIA

- ✓ A PARTE INTERNA DA BASE DO CILINDRO É CHAMFRADA E PERMITE A INTALAÇÃO DE UM ANÉL DE VEDAÇAO EM VOLTA DA SAIA DO CILINDRO, EVITANDO VAZAMENTOS DE ÓLEO.
- ✓ DEVIDO O ÓLEO SER ARREMESSADO NO CÁRTER (MOTORES EM LINHA INVERTIDA E RADIAIS) AS SAIAS DOS CILINDROS SE EXTENDEM A UMA DISTÂNCIA CONSIDERÁVEL DENTRO DA SEÇÃO DO CÁRTER PARA REDUZIR O FLUXO DE ÓLEO NO INTERIOR DOS CILINDROS INVERTIDOS.





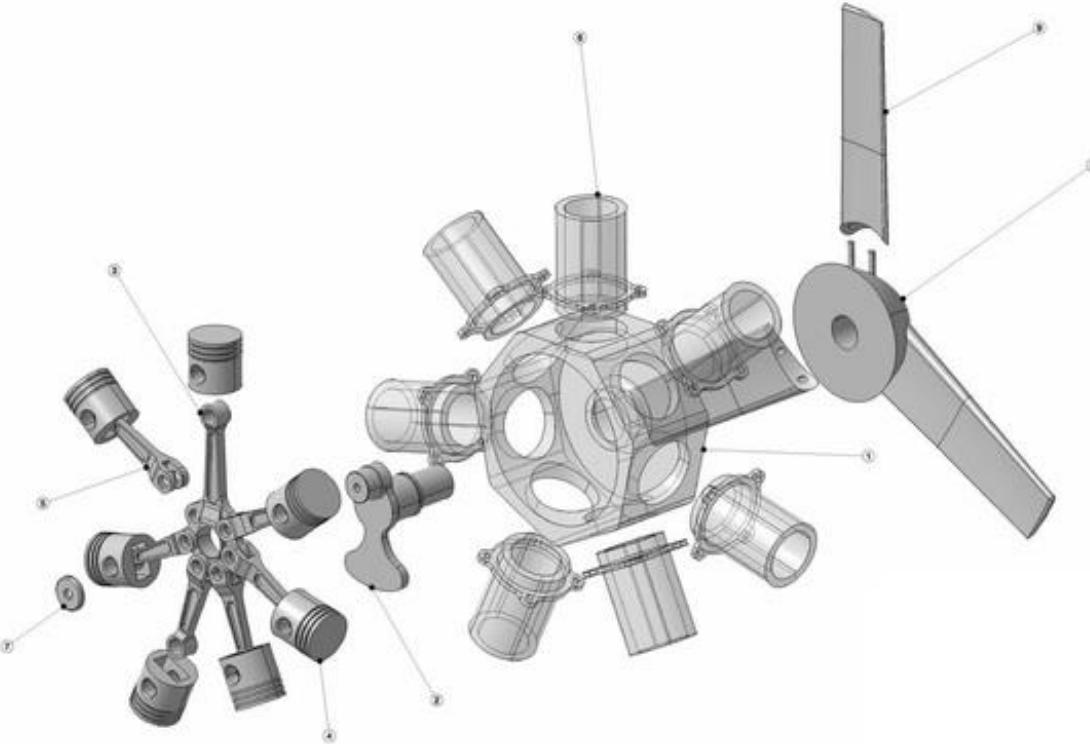
SEÇÃO DO POTÊNCIA

✓ CONJUNTO PISTÃO E ANEL:

- ✓ DEVE SER MONTADO DE FORMA QUE O ÓLEO EXPELIDO PELO PISTÃO IRÁ “SALPICAR” DIRETAMENTE SOBRE OS PRÓPRIOS PISTÕES E ANÉIS.



Desenho I 2000/1
Engº Mecânica - IST



ANEL DE COMPRESSÃO DE ÓLEO



TEM COMO FINALIDADE EVITAR O ESCAPAMENTO DE GASES ATRAVÉS DO PISTÃO, DURANTE A OPERAÇÃO DO MO.

SÃO INSTALADOS NAS CANALETAS, IMEDIATAMENTE, ABAIXO DA CABEÇA DO PISTÃO.

O Nº DE ANÉIS DE COMPRESSÃO É DETERMINADO PELO TIPO DE MO E PROJETO.

A SEÇÃO TRANSVERSAL DOS ANÉIS É RETANGULAR OU EM FORMA DE CUNHA COM A FACE CÔNICA.

ANEL DE CONTROLE DE ÓLEO



POSIÇÃO: SÃO COLOCADOS NAS RANHURAS, IMEDIATAMENTE ABAIXO DOS ANÉIS DE COMPRESSÃO, E ACIMA DAS CAVIDADES DOS PINOS DO PISTÃO.

PODE HAVER UM OU MAIS ANÉIS DE CONTROLE DE ÓLEO POR PISTÃO. DOIS ANÉIS PODEM SER INSTALADOS NA MESMA RANHURA OU EM RANHURAS SEPARADAS.

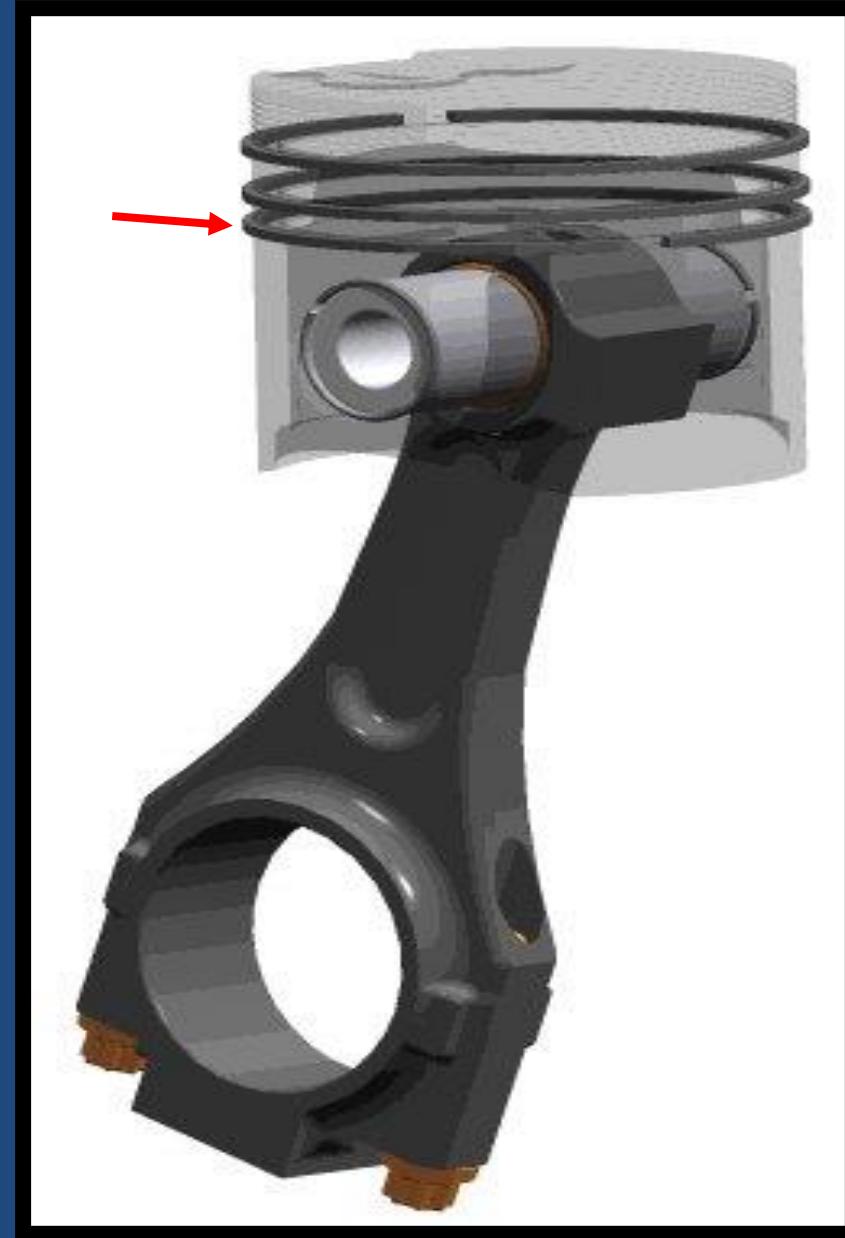
FINALIDADE: REGULAM A ESPESSURA DO FILME DE ÓLEO SOBRE A PAREDE DO CILINDRO

ANEL RASPADOR DE ÓLEO

GERALMENTE, TEM A FACE CHANFRADA E ESTÁ INSTALADO EM UMA RANHURA NO FUNDO DA SÁIA DO PISTÃO

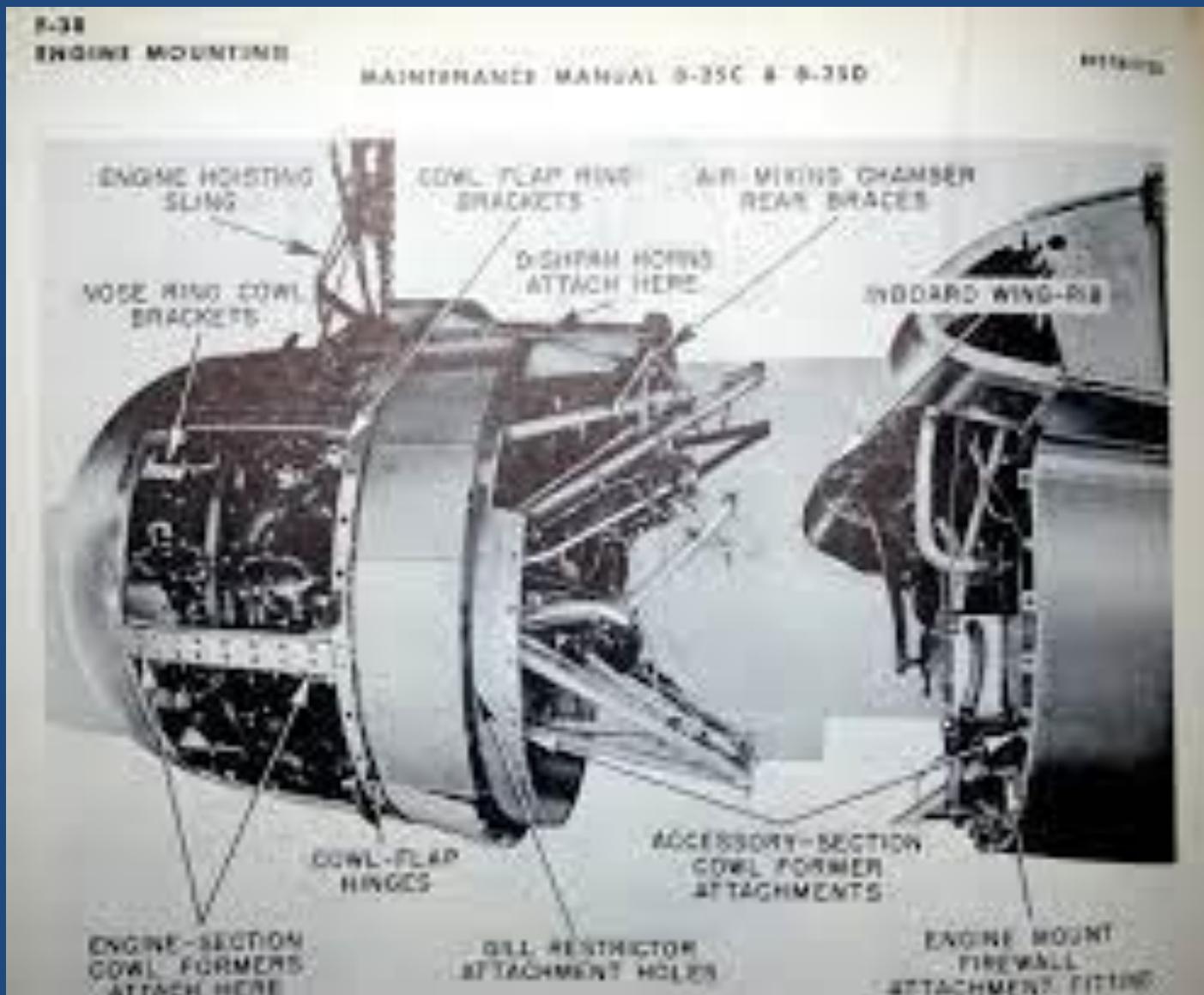
ESTÁ INSTALADO COM A FACE RASPADORA PARA FORA DA CABEÇA DO PISTÃO OU POSIÇÃO REVERSA, DEPENDENDO DA POSIÇÃO DO CILINDRO E DA SÉRIE DO MO.

NA POSIÇÃO REVERSA A ANEL RASPADOR RETÉM O ÓLEO EM EXCESSO ACIMA DELE, NO GOLPE DESCENDENTE DO PISTÃO, E ESTE ÓLEO É RETORNADO AO CÁRTER ATRAVÉS DOS ANÉIS DE CONTROLE DE ÓLEO, NO GOLPE DESCENDENTE.



SEÇÃO DIFUSORA

- ✓ SEÇÃO DO DIFUSOR OU DO COMPRESSOR;
- ✓ FUNDIDA EM LIGA DE ALUMÍNIO, PODENDO SER DE LIGA DE MAGNÉSIO;
- ✓ POSSUI UM FLANGE QUE LIGA O MOTOR A SUA ESTRUTURA OU BERÇO,;
- ✓ OS FLANGES PODEM SER INTEGRAIS OU SEPARÁVEIS, COMO NO CASO DOS BERÇOS FLEXÍVEIS OU DINÂMICOS;



SEÇÃO DIFUSORA

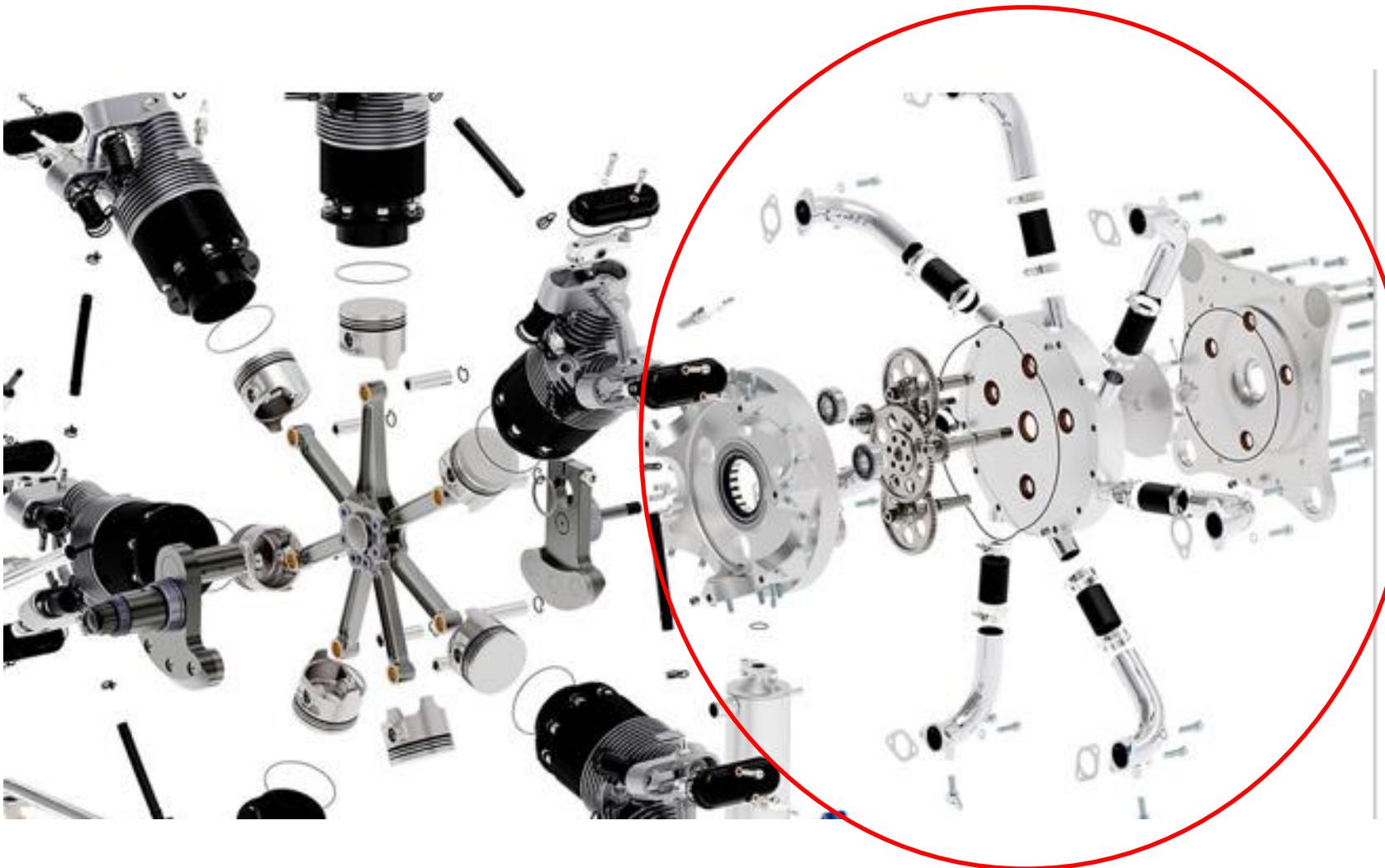
✓ BERÇO:

- ✓ LIGAM O MOTOR A FUSELAGEM OU À NACELE DA ASA;
- ✓ SUPORTA TODO O MOTOR, INCLUÍNDO A HÉLICE;
- ✓ PROJETADO PARA PROVER AMPLA RESISTÊNCIA QUANTO ÀS MANOBRAS DA AERONAVE OU OUTRAS CARGAS.



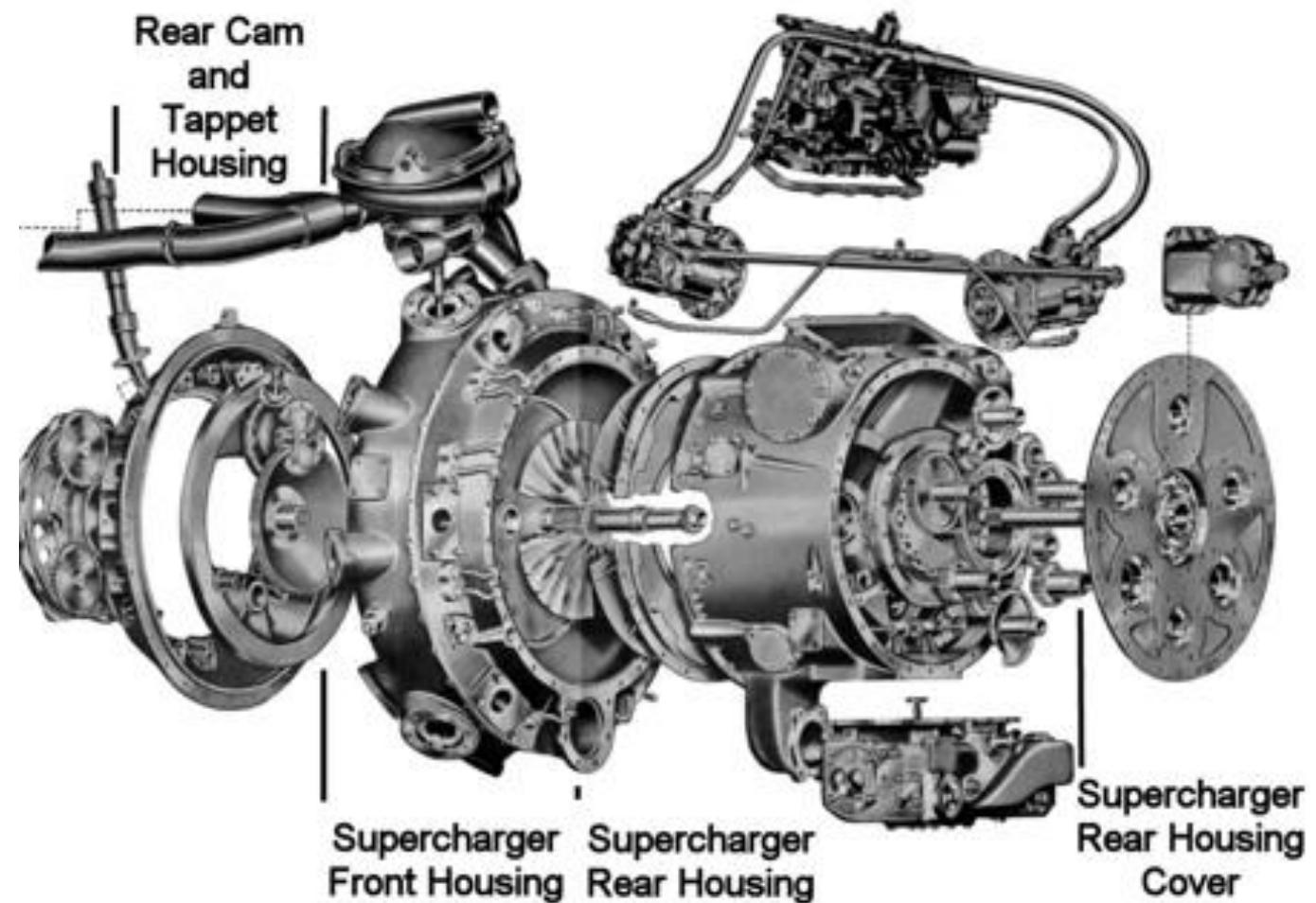
SEÇÃO DIFUSORA

- ✓ TUBULAÇÕES DE ADMISSÃO:
 - ✓ TRANSPORTAM A MISTURA DA CÂMARA DIFUSORA ATRAVÉS DA PASSAGEM DA VÁLVULA DE ADMISSÃO;
 - ✓ UMA JUNTA FLEXÍVEL A PROVA DE VAZAMENTOS;
 - ✓ A FLEXIBILIDADE DAS TUBULAÇÕES DE ADMISSÃO OU DAS MONTAGENS ELIMINA A JUNTA FLEXÍVEL.



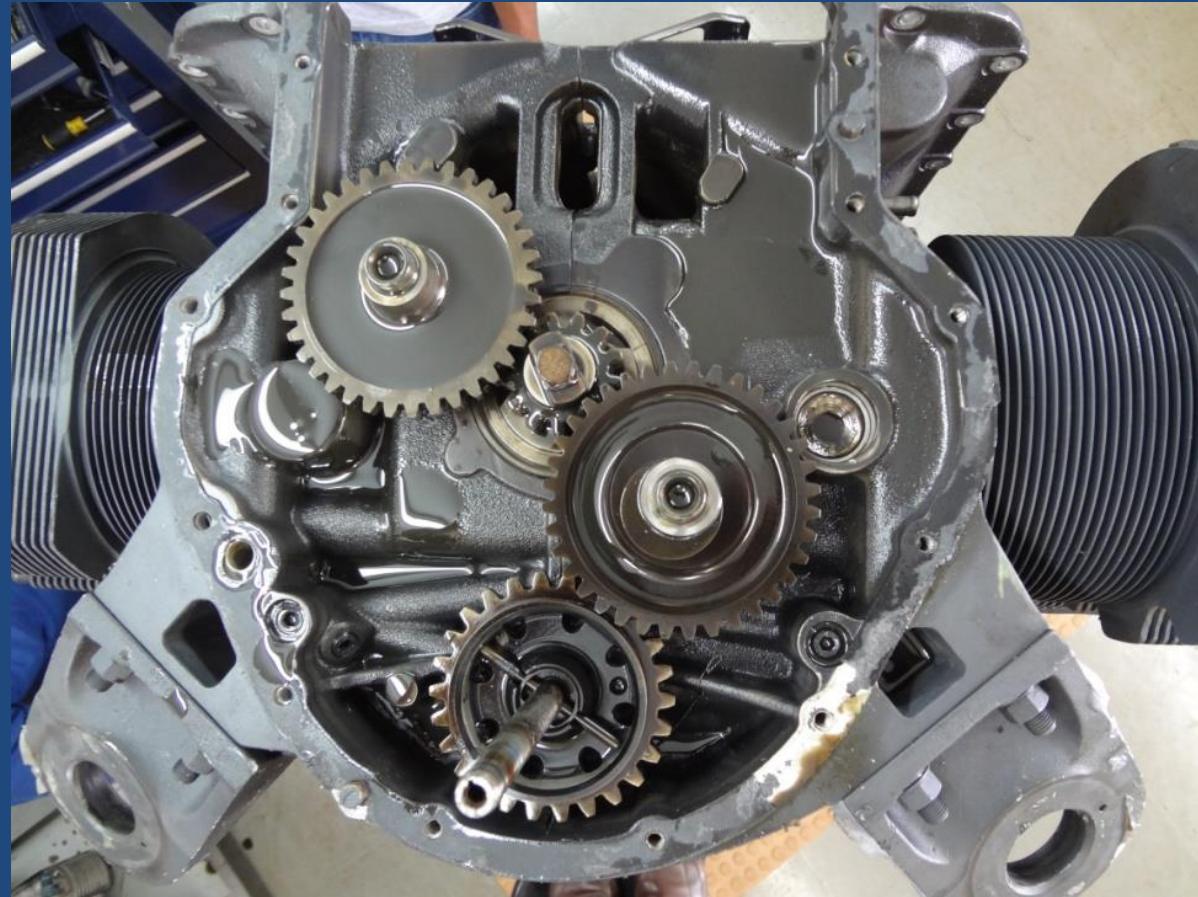
SEÇÃO DIFUSORA

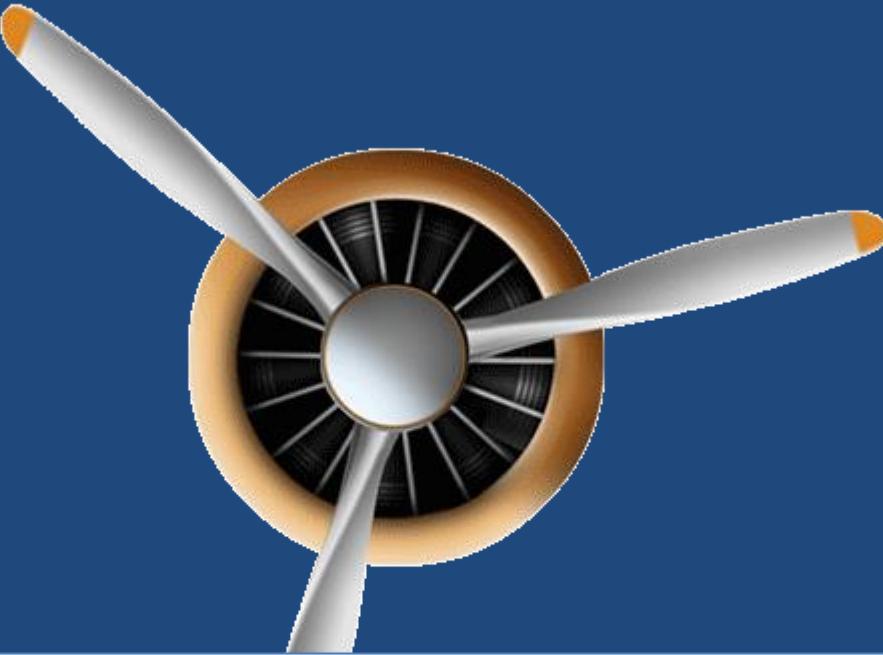
O SISTEMA DE INDUÇÃO DEVE SER MONTADO PARA QUE NÃO HAJA VAZAMENTOS DE AR, MUITO MENOS ALTERE A RAZÃO AR / COMBUSTÍVEL DESEJADA.



SEÇÃO DE ACESSÓRIOS

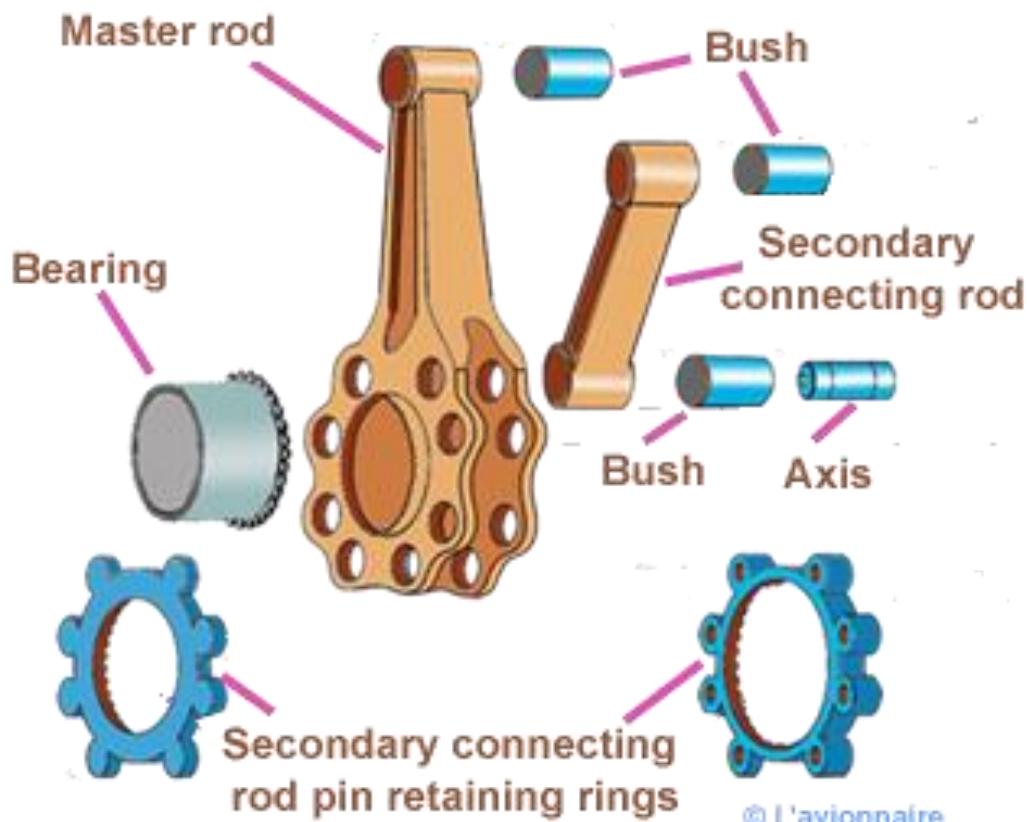
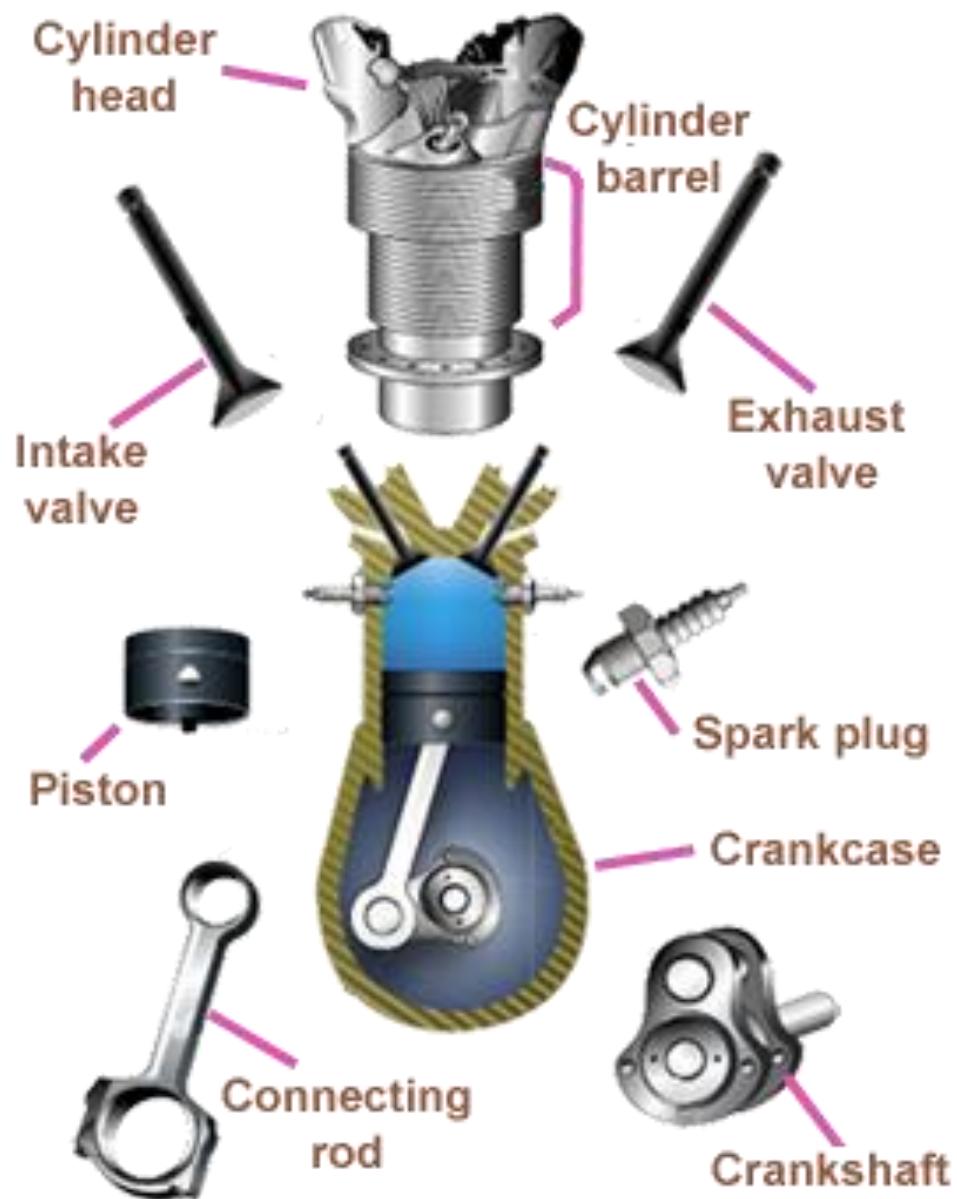
- É fabricada através do processo de **FUNDIÇÃO**;
- Em alguns motores, essa seção é fundida em peça única;
- **LIGA DE ALUMÍNIO OU MAGNÉSIO**;
- Provida de meios para fixação de acessórios, tais como:
 - **MAGNETOS**,
 - **CARBURADORES**,
 - **BOMBAS DE COMBUSTÍVEL**,
 - **ÓLEO E VÁCUO**,
 - **MOTORES DE PARTIDA**,
 - **GERADORES**, etc.





INTERVALO!

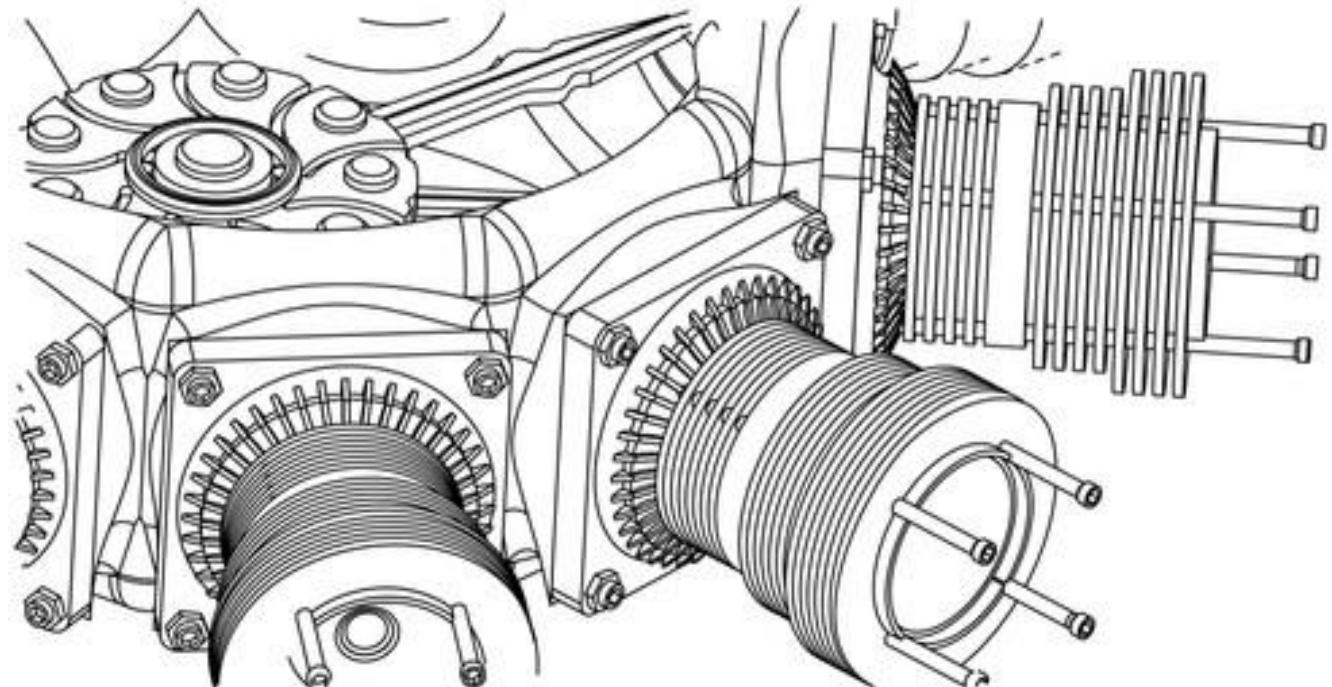
PROJETO E CONSTRUÇÃO DE MOTORES RADIAIS



© L'avionnaire

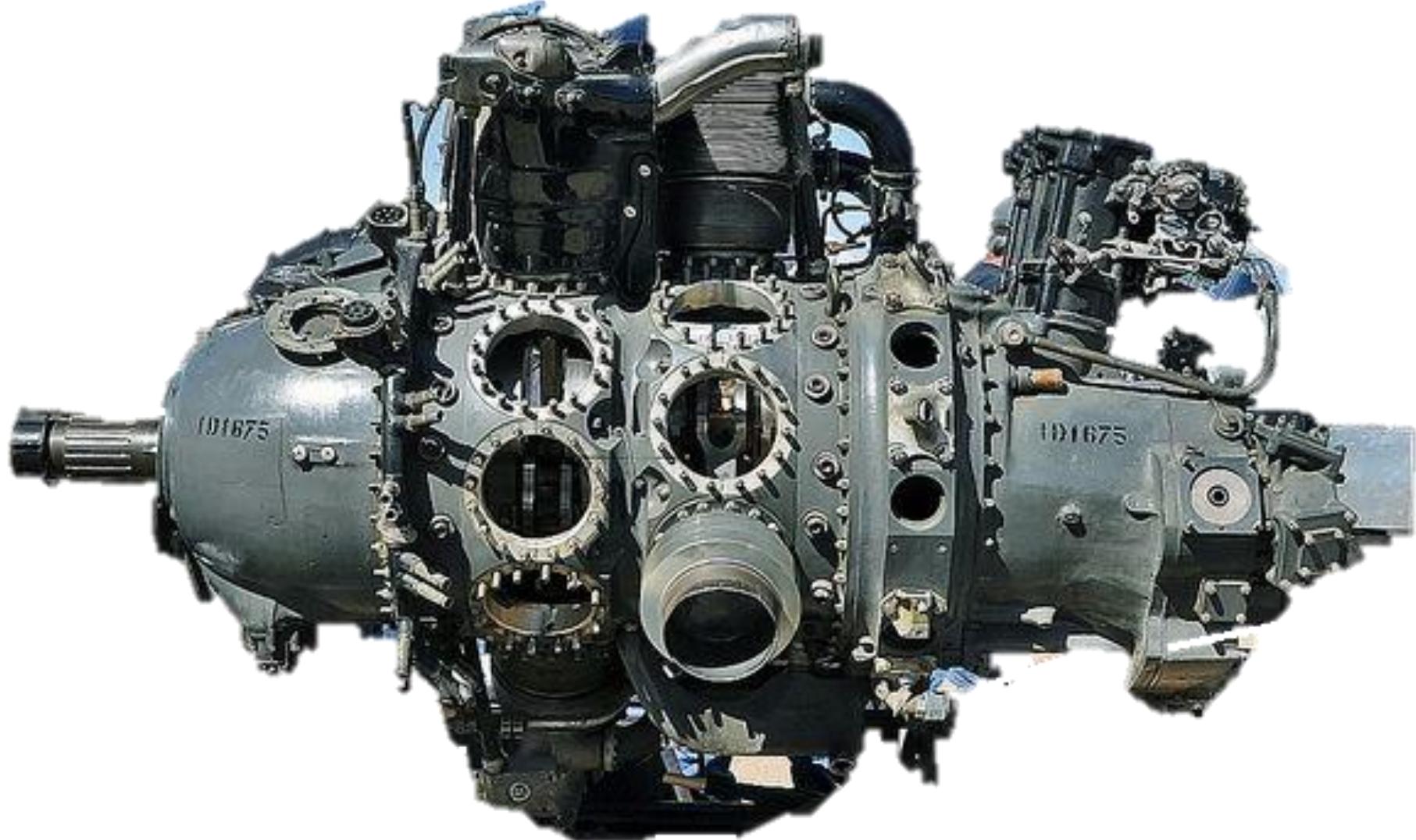
CÁRTER

**FORÇAS QUE ATUAM NO CÁRTER
VARIAÇÕES DE VIBRAÇÃO;
FORÇAS DE EXPANSÃO QUE
TENDEM A ARRANCAR OS
CILINDROS DO CÁRTER;
INÉRCIA E FORÇA CENTRÍFUGA
DESBALANCEADAS**



shutterstock.com · 1325212589

CÁRTER



CÁRTER

FORÇAS QUE ATUAM NO CÁRTER

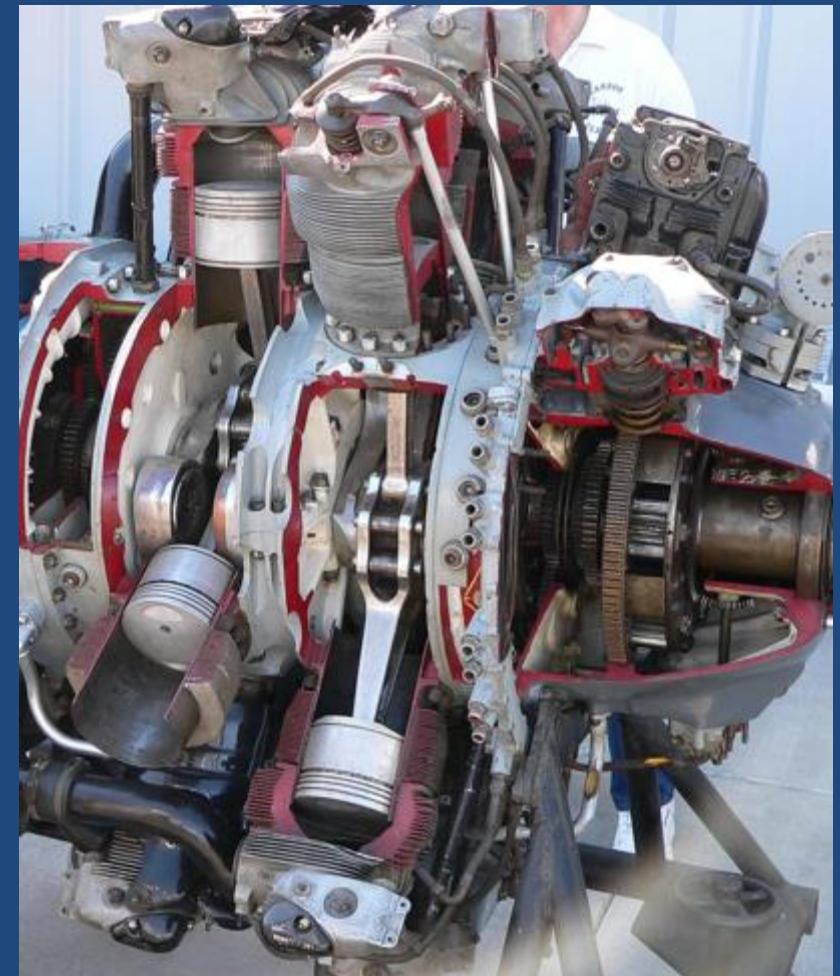
EIXO DE MANIVELAS:

EXPÕE O CÁRTER À FLEXÃO.

A RIGIDEZ DO CÁRTER GARANTE A RESISTÊNCIA AO MOMENTO DE FLEXÃO.

FORÇAS ADICIONAIS

NA PARTE FRONTAL QUANDO O MOTOR POSSUI ENGRENAGENS DE REDUÇÃO DA HÉLICE



CÁRTER

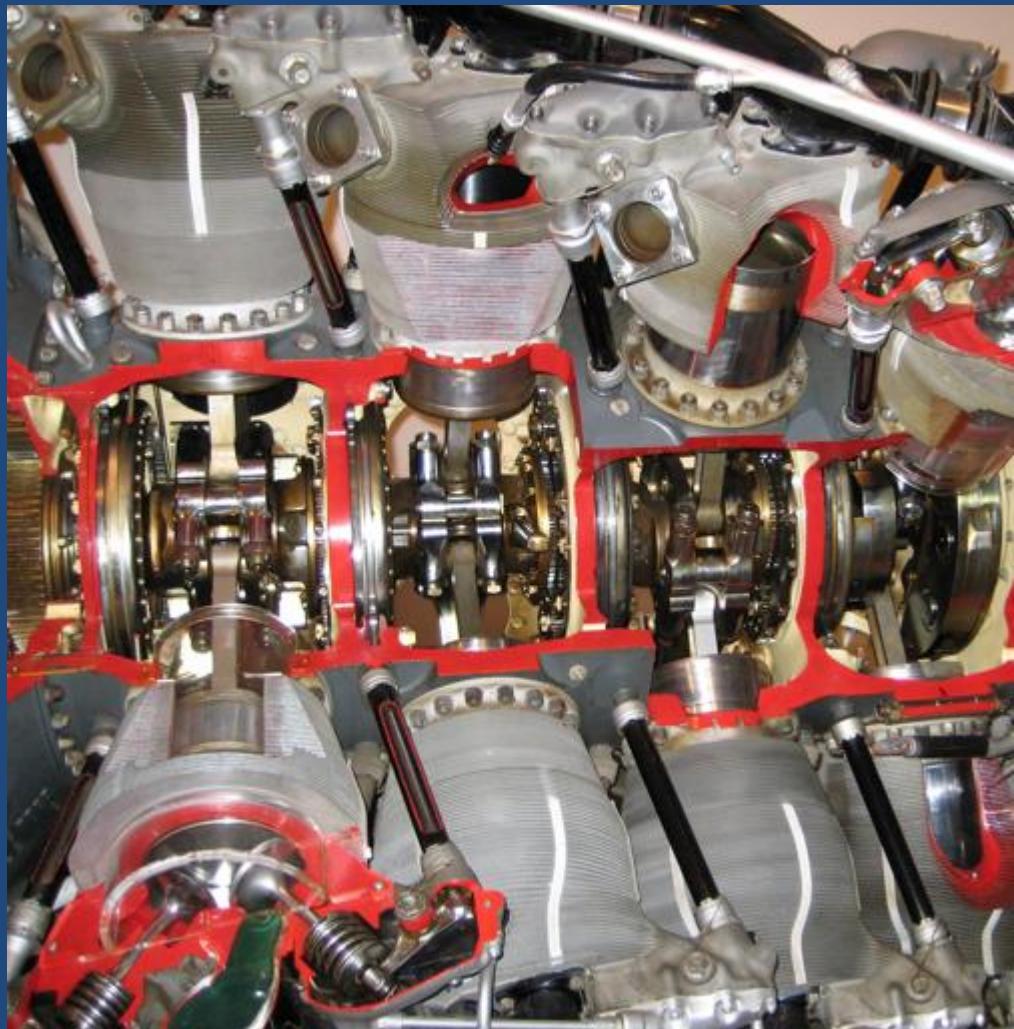
FORÇAS QUE ATUAM NO CÁRTER

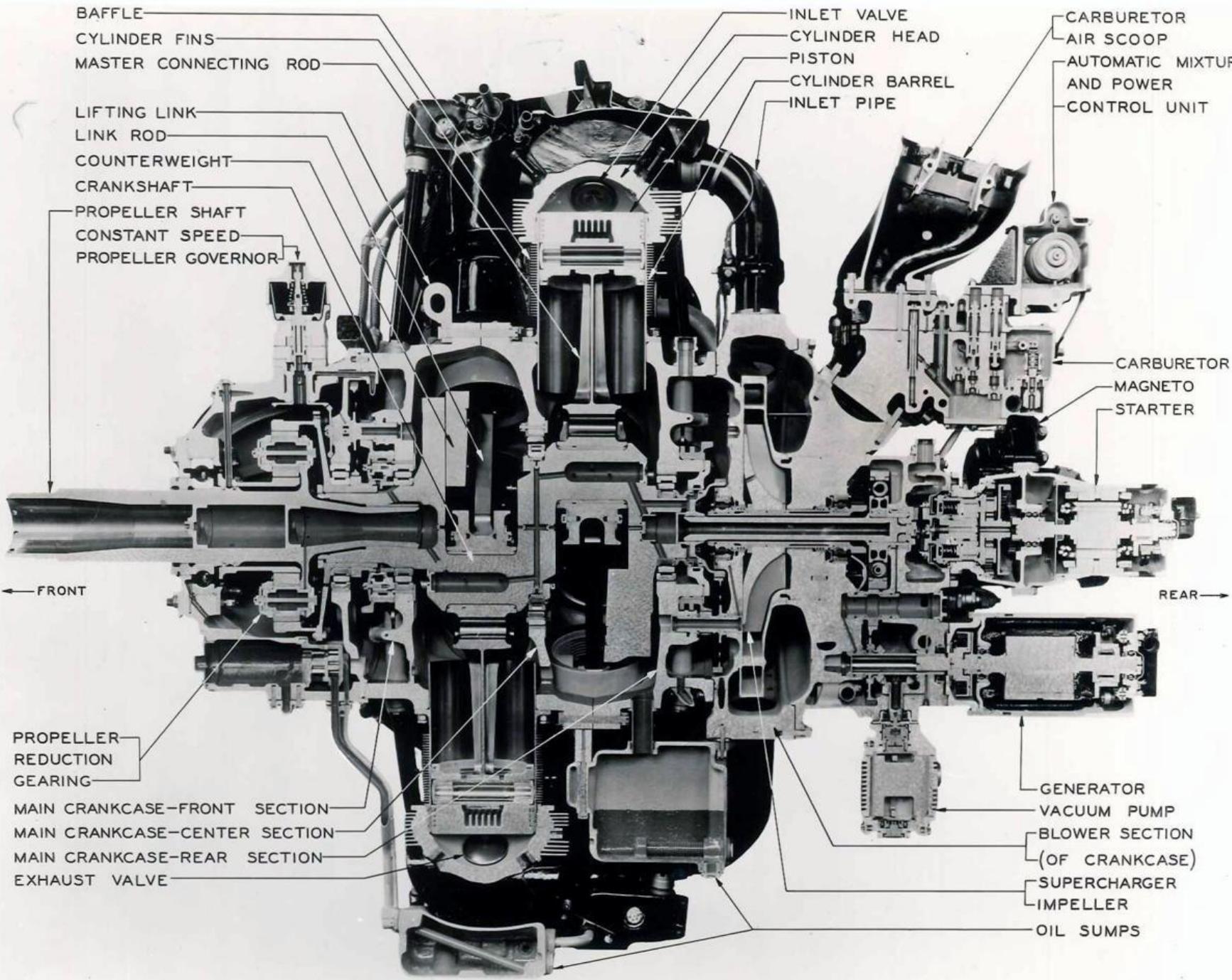
CONDIÇÕES EXTREMAS são devidas às enormes cargas e forças do eixo de manivela e a tendência dos cilindros de se separarem do cárter;

FORÇAS DE EMPUXO provocadas pela hélice;

FORÇAS CENTRÍFUGAS E GIROSCÓPICAS provocadas pelas mudanças na direção do voo, MANOBRAS da AERONAVE;

FORÇAS GIROSCÓPICAS SEVERAS quando é instalada uma hélice muito pesada.

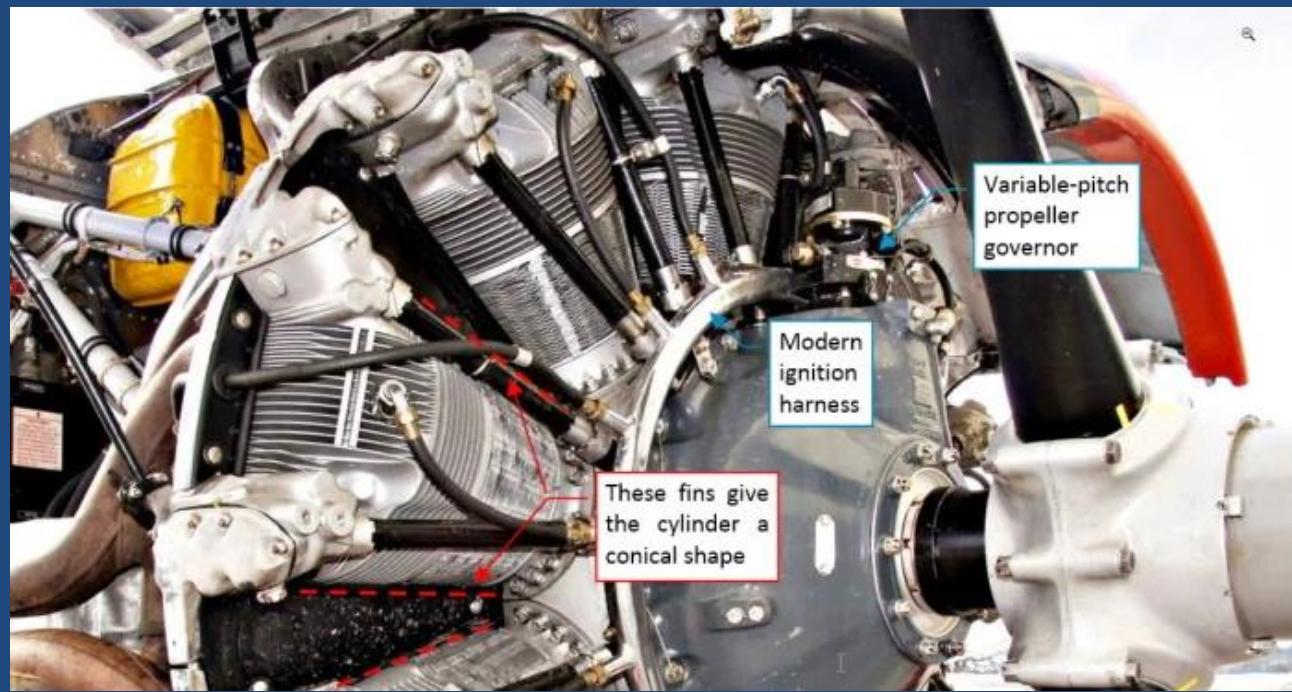




A diagram of the Pratt & Whitney 1,200 horsepower, air-cooled twin wasp engine that was built by Buick is show in this 1941 Flint Journal file photo.

CÁRTER

- ✓ É a BASE do motor;
- ✓ Contém os ROLAMENTOS onde o eixo de manivelas se apóia;
- ✓ Possui um **RECIPIENTE PARA O ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO**;
- ✓ Apóia os mecanismos externos e internos;
- ✓ Apóia a fixação dos cilindros e do motor à aeronave;
- ✓ RÍGIDO E FORTE para evitar desbalanceamento do eixo de manivelas.



Wright R-1820 "Cyclone 9"

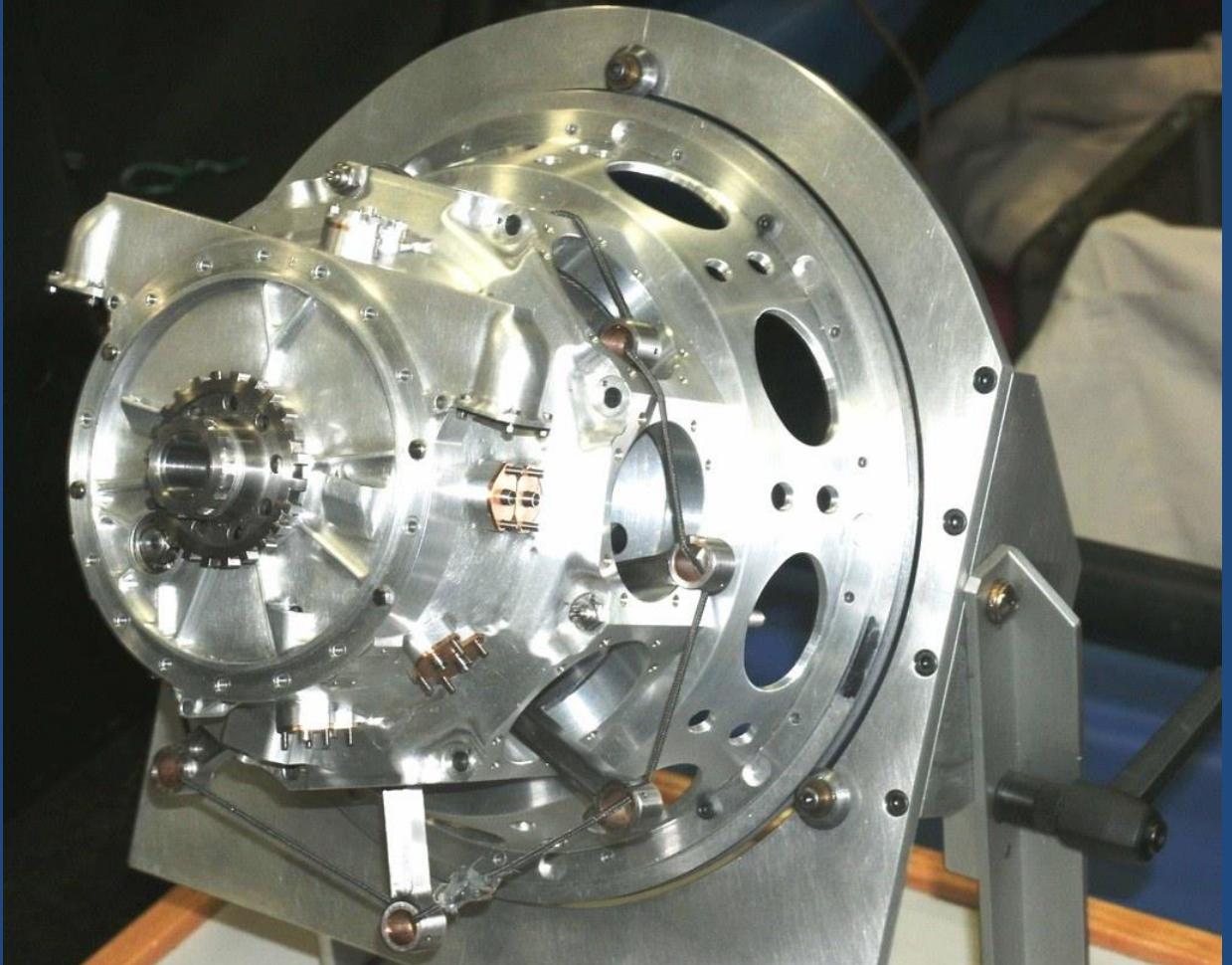
CÁRTER

- ✓ CONTÉM OS ROLAMENTOS ONDE O EIXO DE MANIVELAS SE APÓIA;



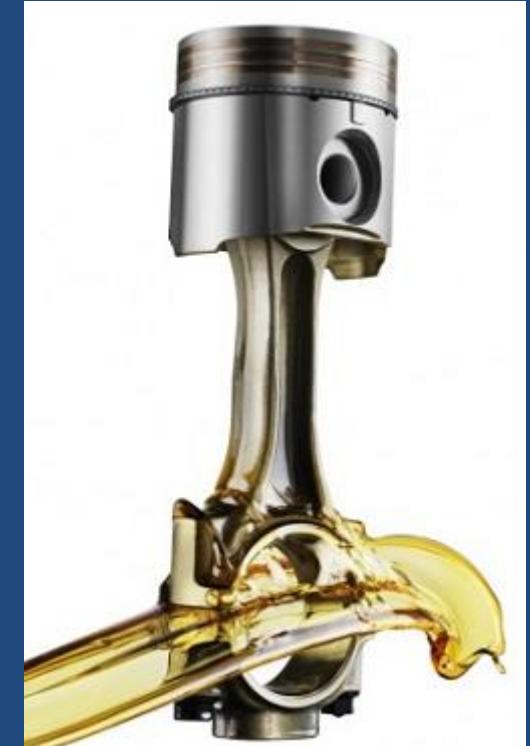
CÁRTER

- ✓ FABRICADO EM LIGA DE ALUMÍNIO, FUNDIDA OU FORJADA, LEVE E RESISTENTES;
- ✓ SÃO FABRICADOS EM AÇO FORJADO PARA MOTORES DE ALTA POTÊNCIA.



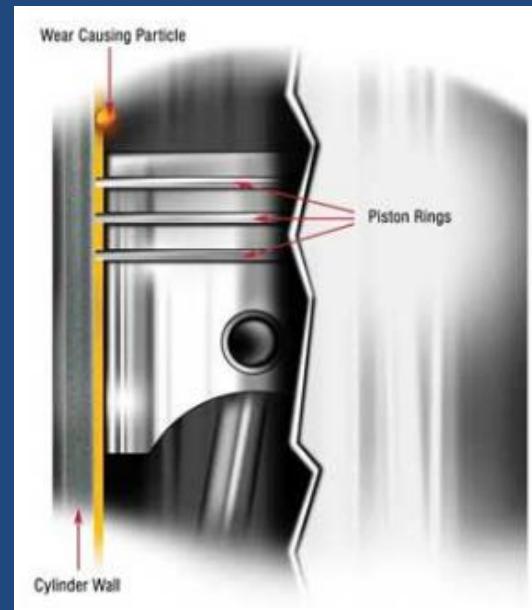
CÁRTER

- ✓ ROLAMENTOS:
 - ✓ ONDE O EIXO DE MANIVELAS SE APÓIA;



CILINDROS

- FORMAM UMA PARTE DA CÂMARA ONDE O COMBUSTÍVEL (MISTURA AR/COMBUSTÍVEL) É COMPRIMIDO E QUEIMADO.

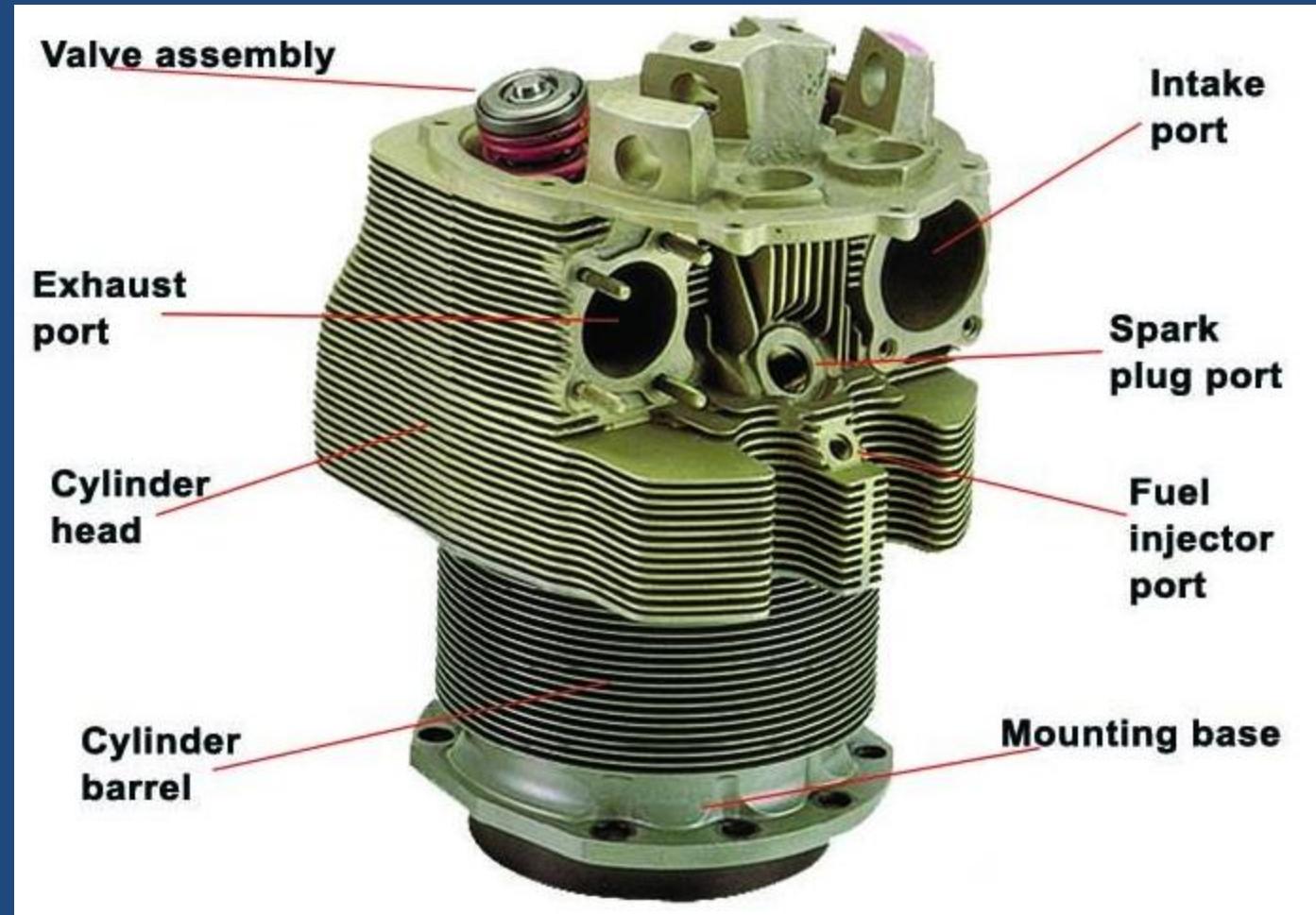


CILINDROS

A PARTE DO MOTOR NA QUAL
A POTÊNCIA É DESENVOLVIDA;

PROVÊ A CÂMARA DE
COMBUSTÃO ONDE OCORREM
A QUEIMA E A EXPANSÃO DOS
GASES;

ALOJA O PISTÃO E A BIELA.





CILINDROS

OVERHAUL MANUAL
LYCOMING DIRECT DRIVE AIRCRAFT ENGINES

Section 6
Cylinders, Pistons,
and Valve Train

Figure 6-5. Angle Valve Cylinder Assembly - Down Exhaust

The diagram illustrates the exploded view of an angle valve cylinder assembly for a Lycoming direct drive aircraft engine. The assembly includes various components such as valve retaining keys, outer valve spring seats, auxiliary valve springs, outer valve springs, lower valve spring seats, heli-coil insert (spark plug), valve guides, 3/8 inch nuts, 1/2 inch nuts, cylinder hold-down plate, fin stabilizers, intake valve seat, push rod, shroud tube seals, shroud tube washer, exhaust flange, shroud tube spring, shroud tube, shroud tube seal sleeve, valve rocker shaft, valve rocker bushing, and valve rockers.

Callouts and part numbers:

- 1. Valve retaining keys
- 2. Outer valve spring seats
- 3. Auxiliary valve springs
- 4. Outer valve springs
- 5. Lower valve spring seats
- 6. Heli-coil insert (spark plug)
- 7. Valve guides
- 8. 3/8 inch nuts
- 9. 1/2 inch nuts
- 10. Cylinder hold-down plate
- 11. Fin stabilizers
- 12. Intake valve seat
- 13. Push rod
- 14. Shroud tube seals
- 15. Shroud tube washer
- 16. Exhaust flange
- 17. Shroud tube spring
- 18. Shroud tube
- 19. Shroud tube seal sleeve
- 20. Valve rocker shaft
- 21. Valve rocker bushing
- 22. Valve rockers
- 23. Valve rocker thrust washer
- 24. Rocker box cover gasket
- 25. Rocker box cover
- 26. Rocker shaft bushing
- 27. Oil seal ring
- 28. Intake valve
- 29. Exhaust valve
- 30. Exhaust valve seat
- 31. Valve rocker shaft cover
- 32. Valve stem cap

CARACTERÍSTICAS DOS CILINDROS

- ✓ RECEBER A MISTURA E ONDE SE EFETUA A TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA EM MECÂNICA.
- ✓ PROVÊ A CÂMARA DE COMBUSTÃO, ONDE OCORREM A QUEIMA E A EXPANSÃO DOS GASES.
- ✓ ALOJA O PISTÃO
- ✓ PARTE DO MOTOR NA QUAL A POTÊNCIA DESENVOLVIDA PELA QUEIMA DA MISTURA AR COMBUSTÍVEL (ENERGIA TÉRMICA) É GERADA.
- ✓ O ÚNICO TEMPO QUE PRODUZ TRABALHO É O TEMPO MOTOR.
- ✓ RECEBE, CONTÉM E PERMITE A EXPANSÃO DOS GASES EXPLOSIVOS QUE SERVEM DE SUPORTE À ENERGIA TÉRMICA, PROVENIENTE DA ENERGIA QUÍMICA CONTIDA NO COMBUSTÍVEL



CABEÇA DO CILINDRO

DE ACORDO COM O SEU FORMATO INTERNO (CÂMARA DE COMBUSTÃO) A CABEÇA DO CILINDRO PODE SER:

CÔNICA (FORMA DE TELHADO)

PLANA

SEMI-ESFÉRICA (+ UTILIZADA)

O TIPO SEMI-ESFÉRICA TEM SIDO SATISFATÓRIO PORQUE É MAIS FORTE E AJUDA A NA EXPULSÃO MAIS RÁPIDA E MAIS COMPLETA DOS GASES DE ESCAPAMENTO.



CABEÇA DO CILINDRO

✓ FINALIDADE

- ✓ PROVER UM AMBIENTE PARA A COMBUSTÃO DA MISTURA AR COMBUSTÍVEL, e
- ✓ DAR AO CILINDRO MAIOR CONDUTIBILIDADE DE CALOR PARA UMA ADEQUADA REFRIGERAÇÃO.

- ✓ VELAS DE IGNIÇÃO
- ✓ MECANISMOS DAS VÁLVULAS
- ✓ PASSAGENS:
 - ✓ VÁLVULA DE ADMISSÃO
 - ✓ VÁLVULA DE ESCAPAMENTO
 - ✓ PARTE MAIS QUENTE
 - ✓ POSSUI MAIOR ÁREA DE ALHETAS



CORPO DO CILINDRO



Em geral, o corpo do cilindro no qual o pistão trabalha, tem que ser fabricado de um material de alta resistência, geralmente aço. Ele

Esse endurecimento é, geralmente feito, expondo-se o aço à amônia ou ao cianureto, enquanto ele estiver muito quente.

O aço absorve nitrogênio, o qual forma ferro nitrurado sobre a superfície exposta. Como resultado desse processo, o metal passa a ser chamado de nitretado.

✓ VELAS DE IGNIÇÃO





BENDIX S-20/S-200



BENDIX S-1200

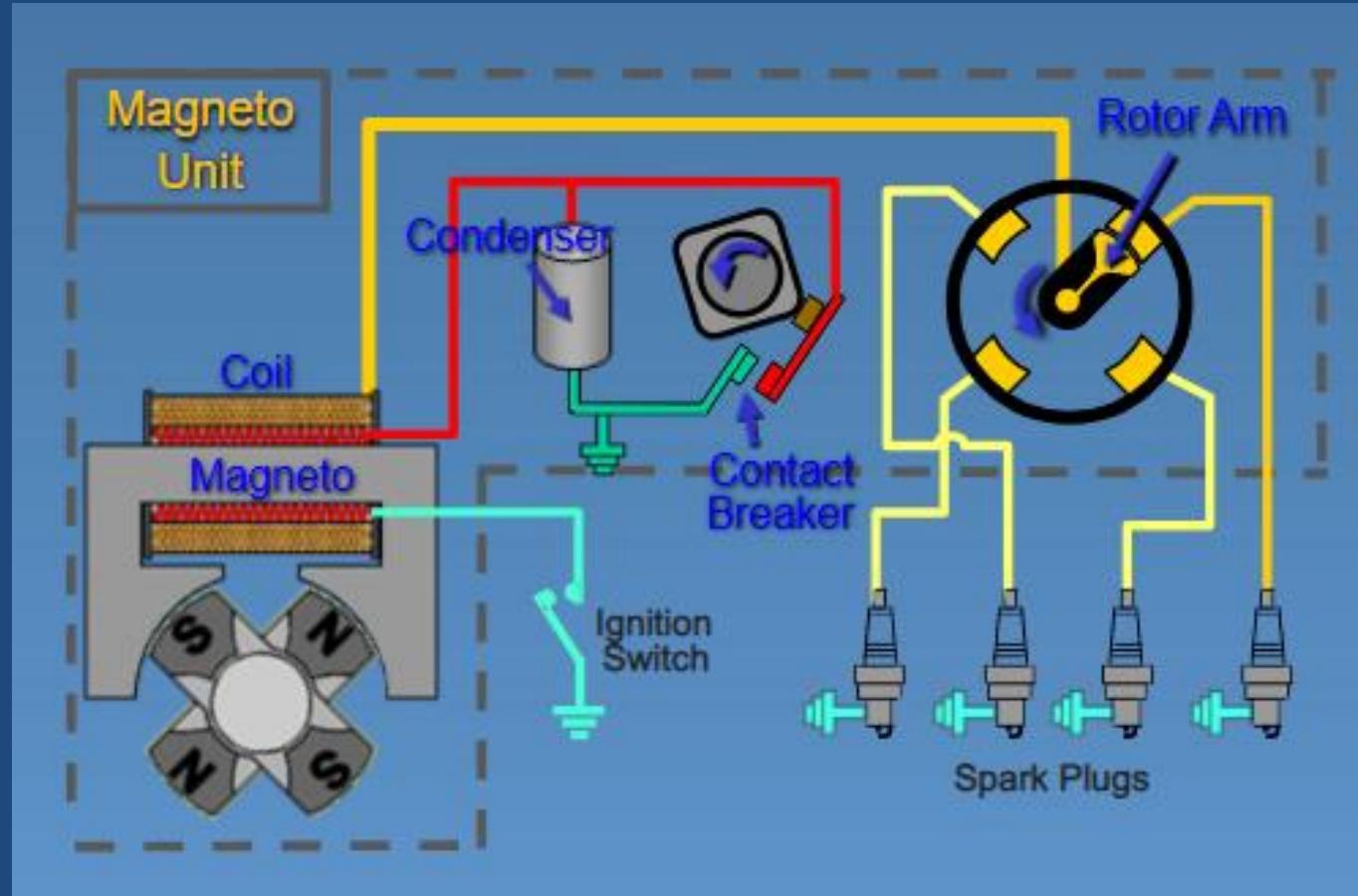
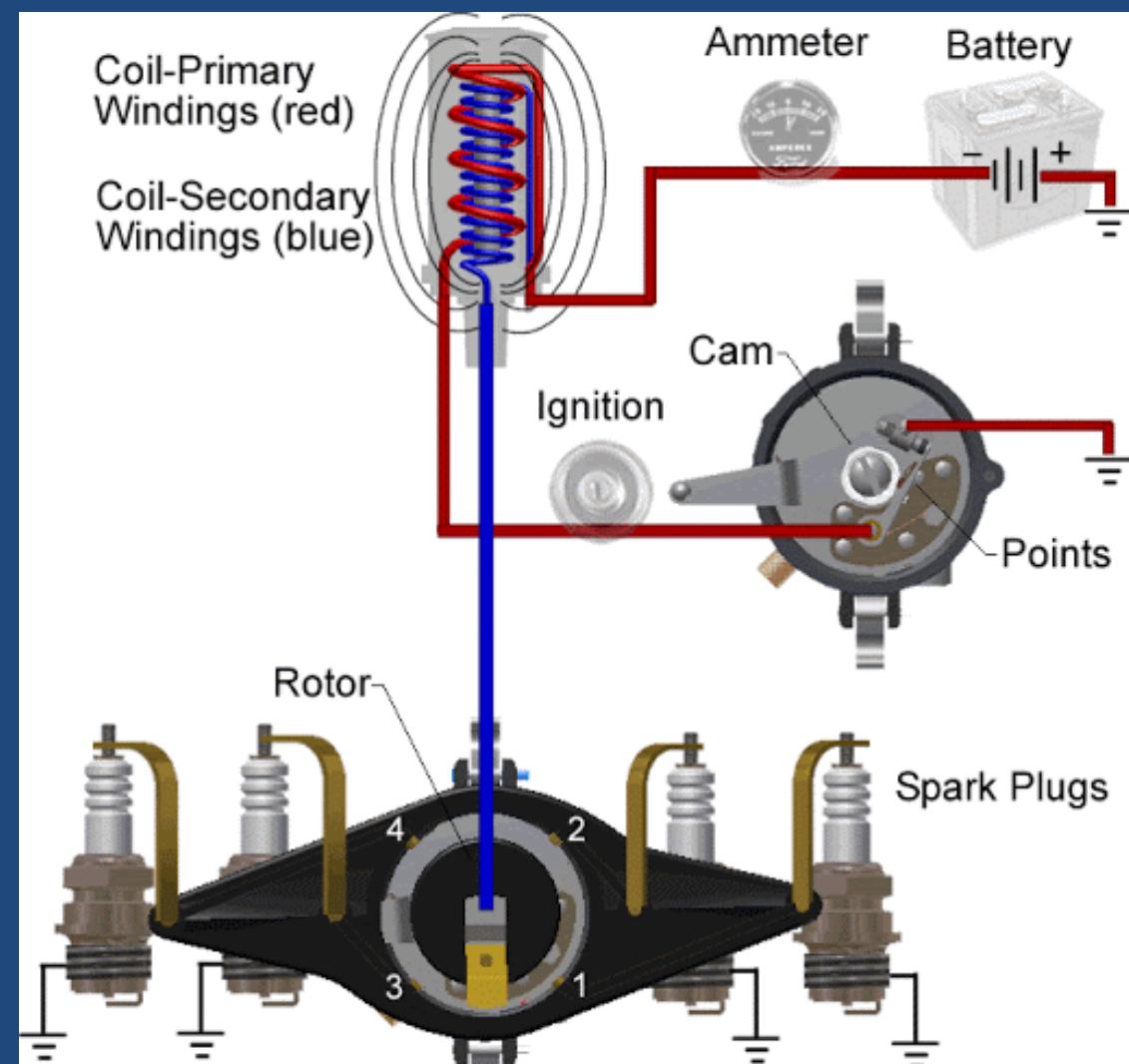


SLICK 4300/6300



BENDIX D-3000

SISTEMA DE IGNIÇÃO



ORDEM DE FOGO NOS MOTORES RADIAIS

- COM 2 CARREIRAS DE CILINDROS
 - IMPULSO DE FOGO NO CILINDRO DE UMA CARREIRA E NO CILINDRO DE OUTRA CARREIRA
 - A QUEIMA DE 2 CILINDROS DA MESMA CARREIRA NUNCA OCORRE DE FORMA SUCESSIVA

A ORDEM DE FOGO TEM QUE SEGUIR UM PADRÃO ESPECIAL, UMA VEZ QUE OS IMPULSOS PROVOCADOS PELA EXPLOSÃO TÊM QUE SEGUIR O MOVIMENTO DO BRAÇO DE MANIVELAS DURANTE SUA ROTAÇÃO.



ORDEM DE FOGO NOS MOTORES RADIAIS

- COM 1 CARREIRA DE CILINDROS
 - PRIMEIRAMENTE TODOS OS CILINDROS ÍMPARES QUEIMAM EM SUCESSÃO NUMÉRICA, DEPOIS QUEIMAM EM SUCESSÃO NUMÉRICA, OS CILINDROS PARES.

N° DE CILINDROS	ORDEM DE FOGO
05	1 - 3 - 5 - 2 - 4
07	1 - 3 - 5 - 7 - 2 - 4 - 6
09	1 - 3 - 5 - 7 - 9 - 2 - 4 - 6 - 8

CILINDROS

- ORDEM DE FOGO
- MOTORES RADIAIS DE DUAS CARREIRAS DE CILINDROS
- 14 CILINDROS: + 9 ou - 5

$$\cancel{8 + 9 = 17} \rightarrow 14$$

$$\begin{array}{rcl} 8 - 5 &=& 3 \\ 3 + 9 &=& 12 \\ 12 - 5 &=& 7 \\ 7 - 5 &=& 2 \\ 2 + 9 &=& 11 \\ 11 - 5 &=& 6 \end{array}$$

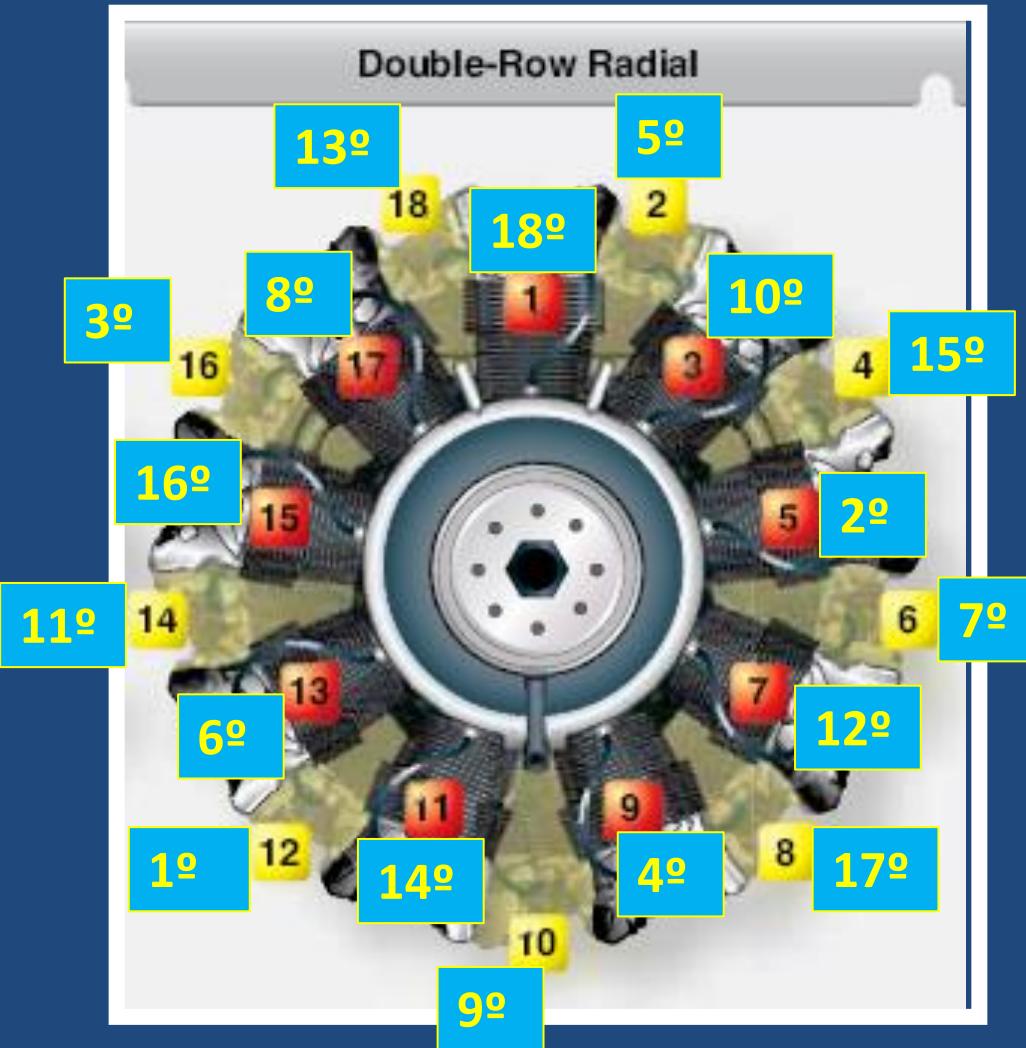
$$\begin{array}{rcl} 6 - 5 &=& 1 \\ 1 + 9 &=& 10 \\ 10 - 5 &=& 5 \\ 5 + 9 &=& 14 \\ 14 - 5 &=& 9 \\ 9 - 5 &=& 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 4 + 9 &=& 13 \\ 13 - 5 &=& 8 \end{array}$$

CILINDROS

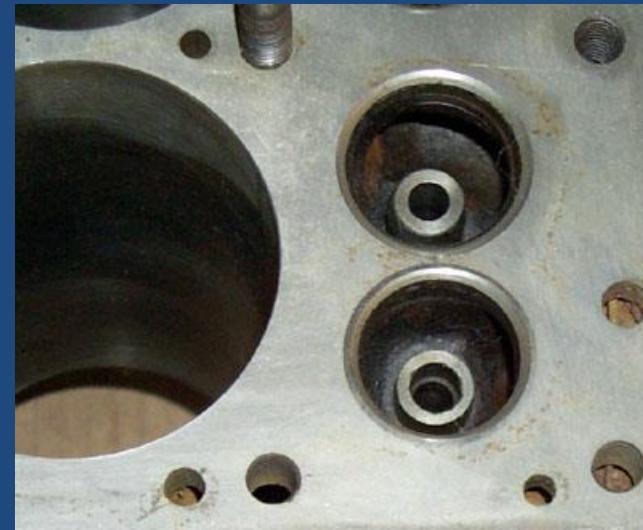
- ORDEM DE FOGO
- MOTORES RADIAIS DE DUAS CARREIRAS DE CILINDROS
- MOTOR RADIAL DE 18 CILINDROS E DUAS FILEIRAS:
- ADICIONAR (+) 11 ou SUBTRAIR (-) 7.
- EXERCÍCIO: começando com 1, QUAL A SEQUÊNCIA DE ORDEM DE FOGO?

12	5	16	9	2	13	6	17	10	3	14	7	18	11	4	15	8	1
----	---	----	---	---	----	---	----	----	---	----	---	----	----	---	----	---	---



CABEÇA DO CILINDRO

Guias de válvulas de bronze ou aço, são geralmente contraídos ou roscados em aberturas usinadas na cabeça do cilindro, para prover guias para as hastas das válvulas.



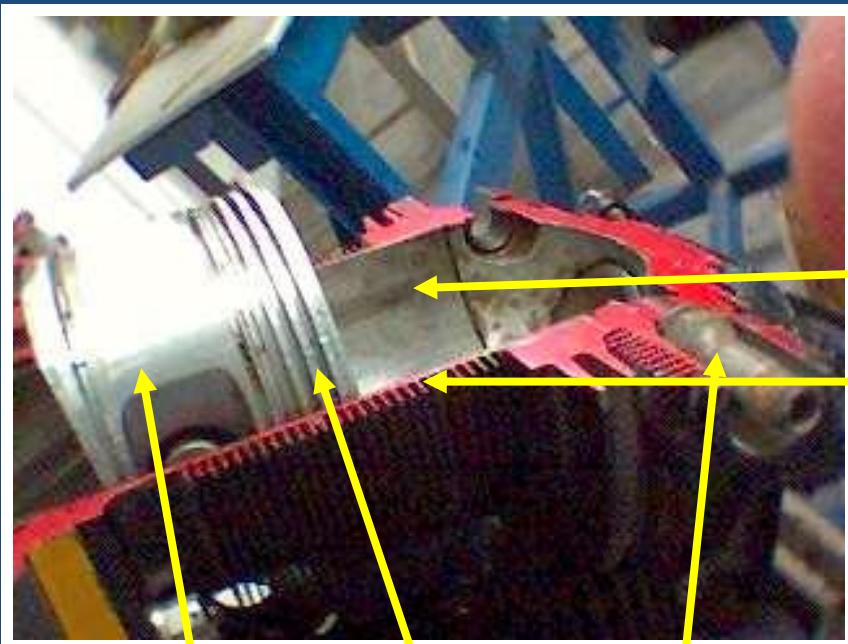
A SEDE DAS VÁLVULAS

(LOCAL ONDE APÓIAM AS VÁLVULAS QUANDO ESTÃO FECHADAS) SÃO ANÉIS CIRCULARES DE METAL ENDURECIDO , O QUAL PROTEGE O METAL DA CABEÇA DO CILINDRO.



BUCHAS





Anéis de Seguimento

Pistão

Aletas de Refrigeração do Cilindro

Interior do Cilindro

Vela



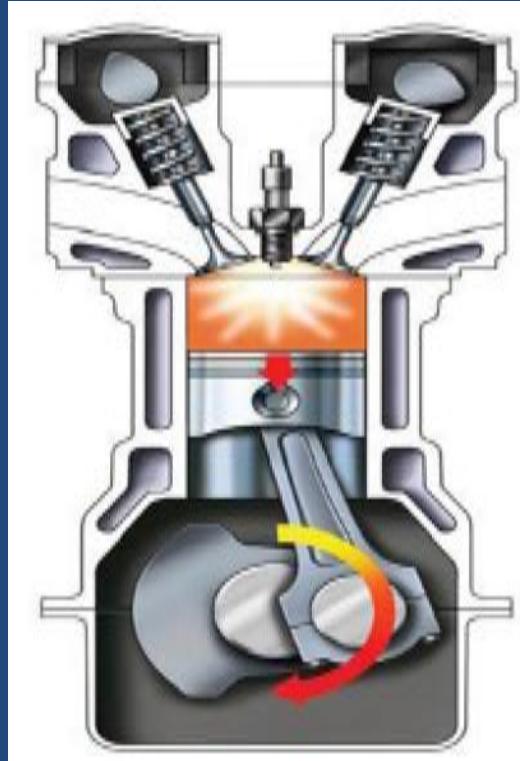
VÁLVULAS

VÁLVULA DE ADMISSÃO

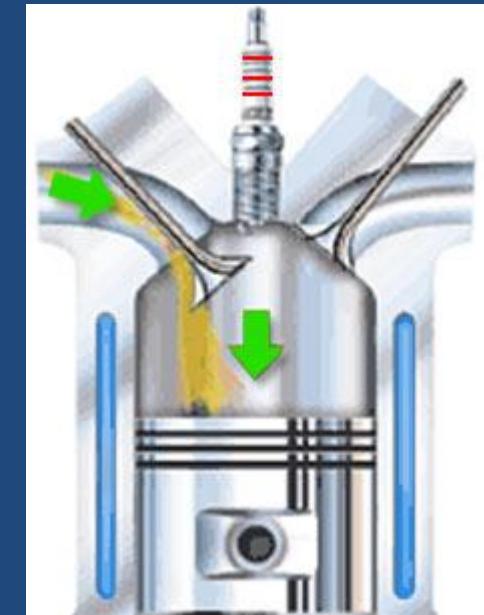
VÁLVULA DE ESCAPAMENTO



VÁLVULA DE ADMISSÃO
PERMITE A ENTRADA NO
CILINDRO DA MISTURA
COMBUSTÍVEL / AR;



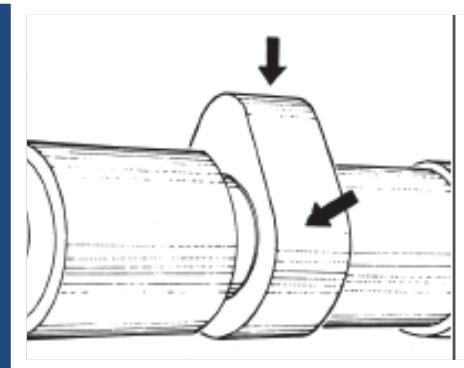
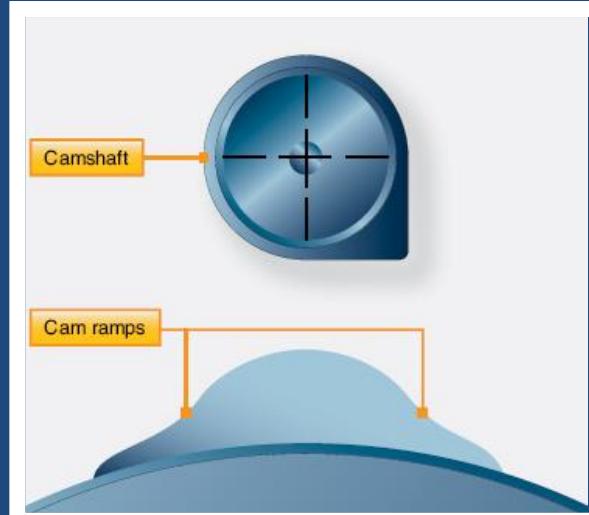
VÁLVULA DE ESCAPAMENTO
PERMITE A SAÍDA DOS GASES
QUEIMADOS.



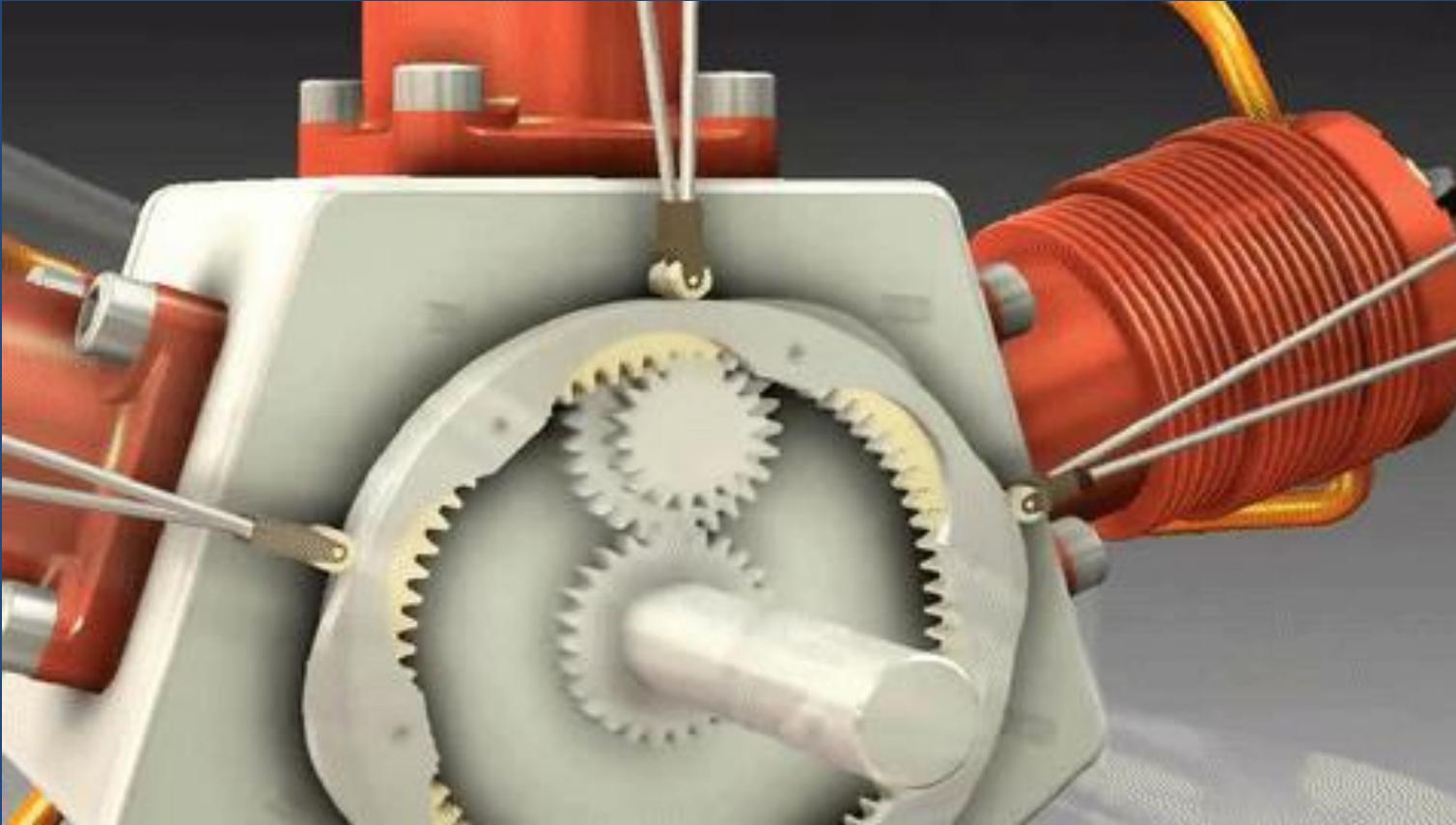
VÁLVULAS

MECANISMO DE OPERAÇÃO

- **A RAMPA ou DEGRAU**
 - É USINADA EM CADA LADO DO RESSALTO, PARA FACILITAR O CONTATO DO BALANÇIM COM A EXTREMIDADE DA VÁLVULA (PÉ), REDUZINDO, DESTA FORMA, A CARGA DE CHOQUE QUE DE OUTRA FORMA OCORRERIA.
- **O MECANISMO DE OPERAÇÃO CONSISTE DE:**
 - UM ANEL OU EIXO, EQUIPADO COM RESSALTOS, OS QUAIS TRABALHAM CONTRA UM ROLETE OU TUCHO.
- **TUCHO**
 - ACIONA UMA HASTE IMPULSORA QUE, POR SUA VEZ, ATUA NO BALANÇIM QUE ABRE A VÁLVULA.



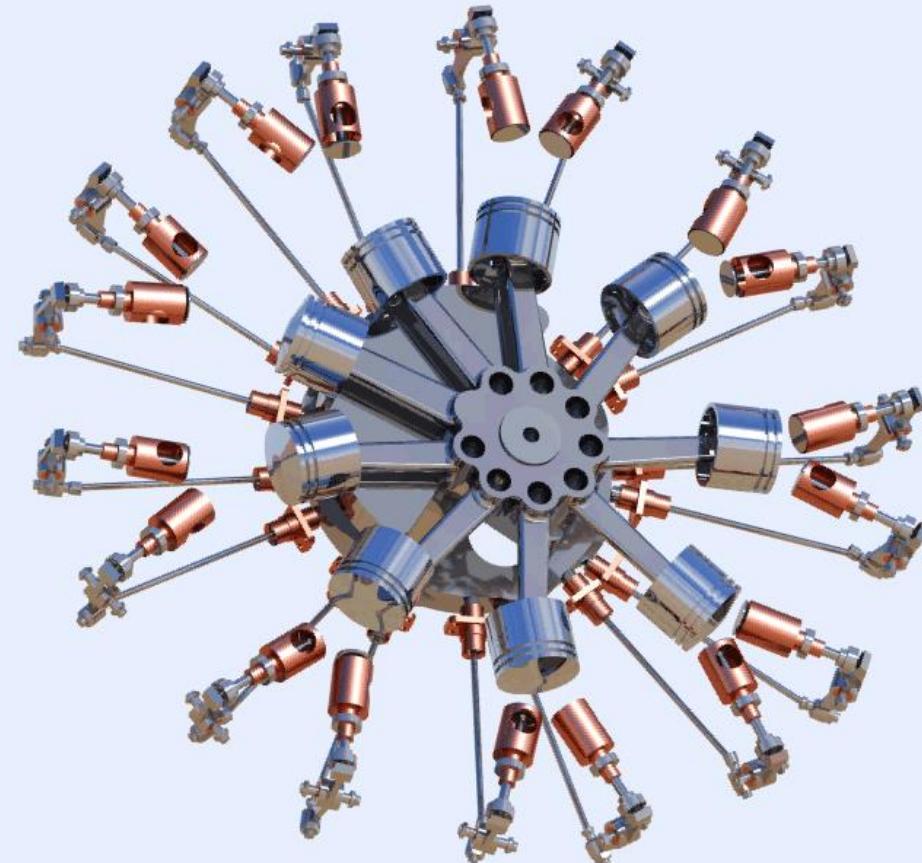




ANEL DE RESSALTOS

✓ MOTOR RADIAL

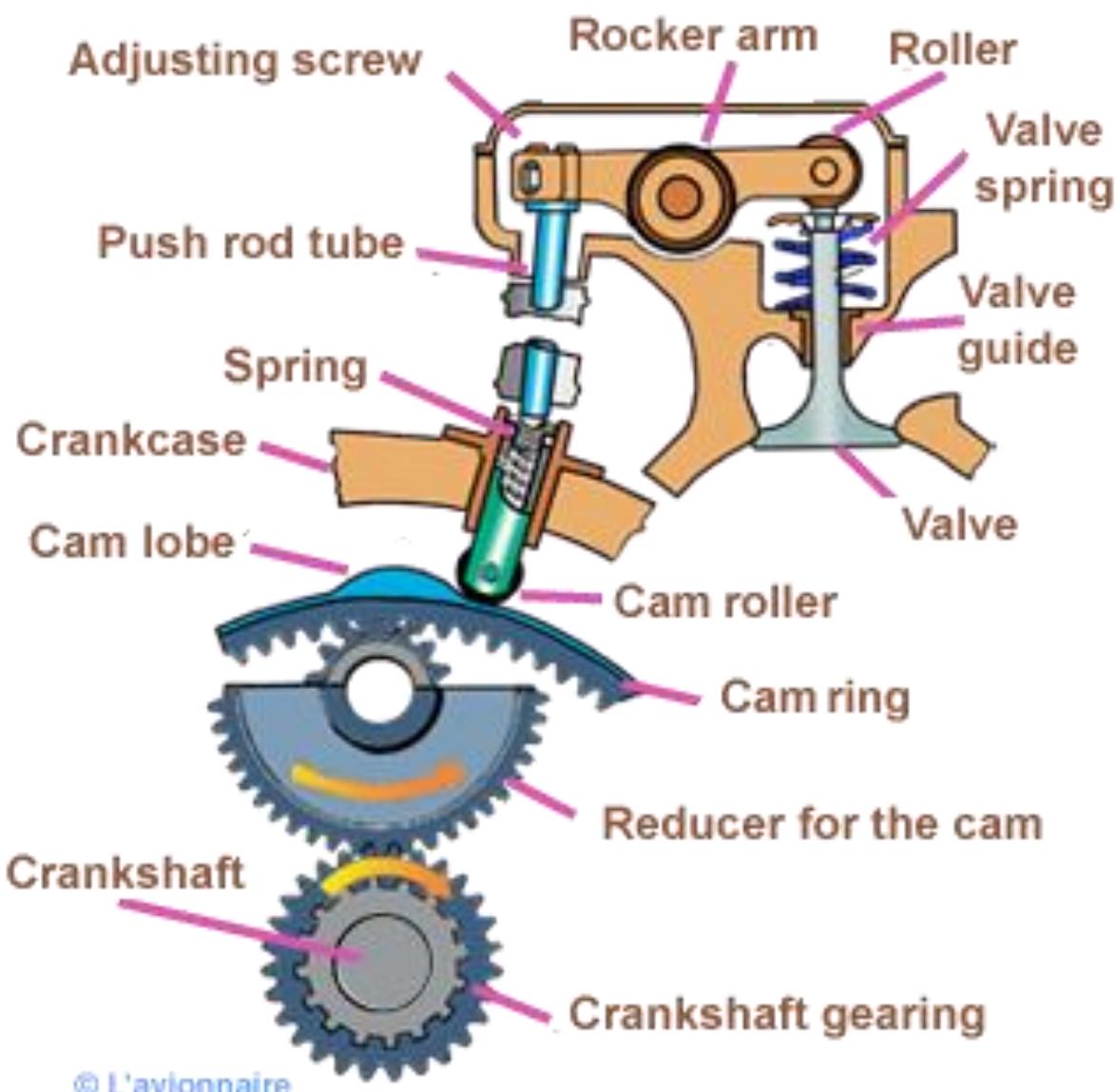
- ✓ É UMA PEÇA CIRCULAR DE AÇO, COM UMA SÉRIE DE RESSALTOS OU LÓBULOS NA SUPERFÍCIE EXTERNA
- ✓ CURVA MOTRIZ
 - ✓ A SUPERFÍCIE DESSES LÓBULOS E O ESPAÇO ENTRE ELES (SOBRE O QUAL O ROLETE DO TUCHO DESLIZA)
- ✓ À MEDIDA QUE O ANEL DE RESSALTOS GIRA, OS LÓBULOS PROVOCAM O LEVANTAMENTO DO IMPULSOR NA SUA GUIA, TRANSMITINDO DESSA FORMA A FORÇA, ATRAVÉS DA VARETA E DO BALANCIM, PARA ABRIR A VÁLVULA.



ANEL DE RESSALTOS

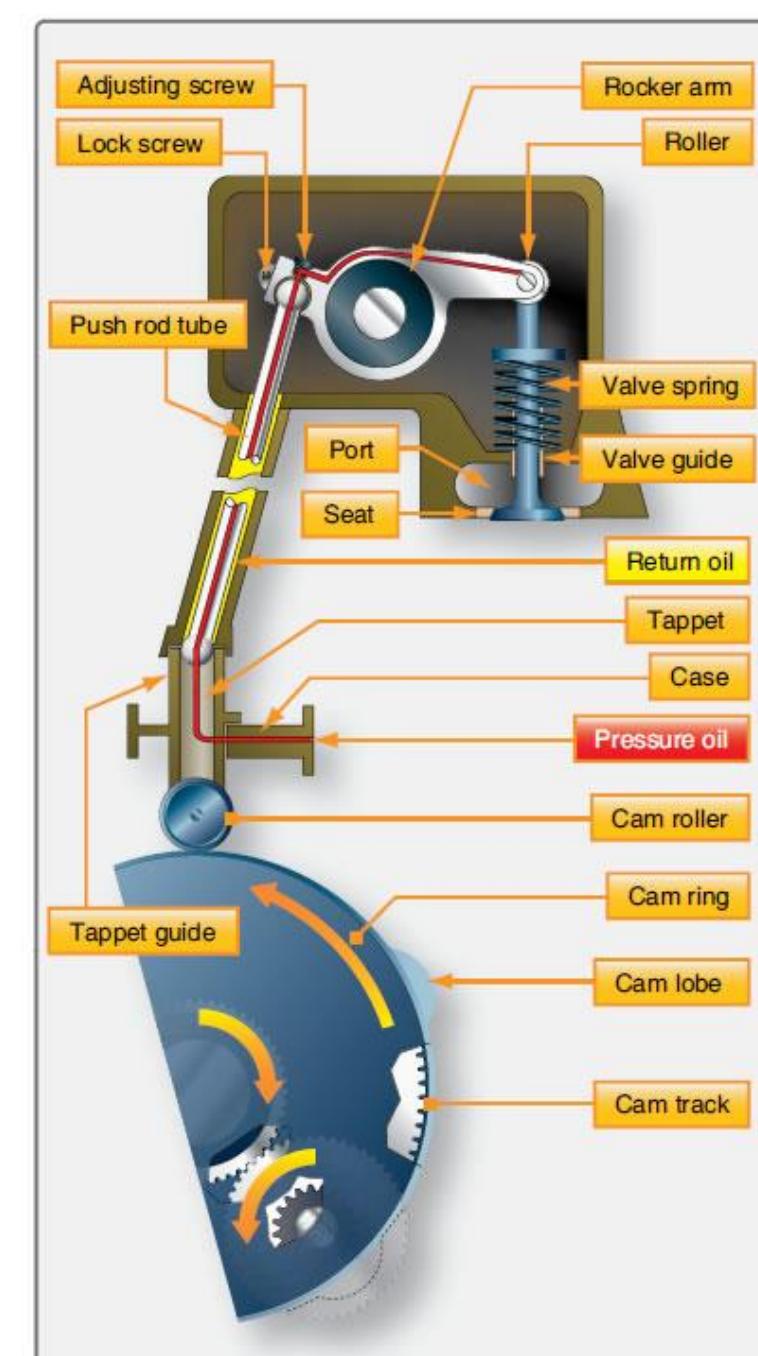
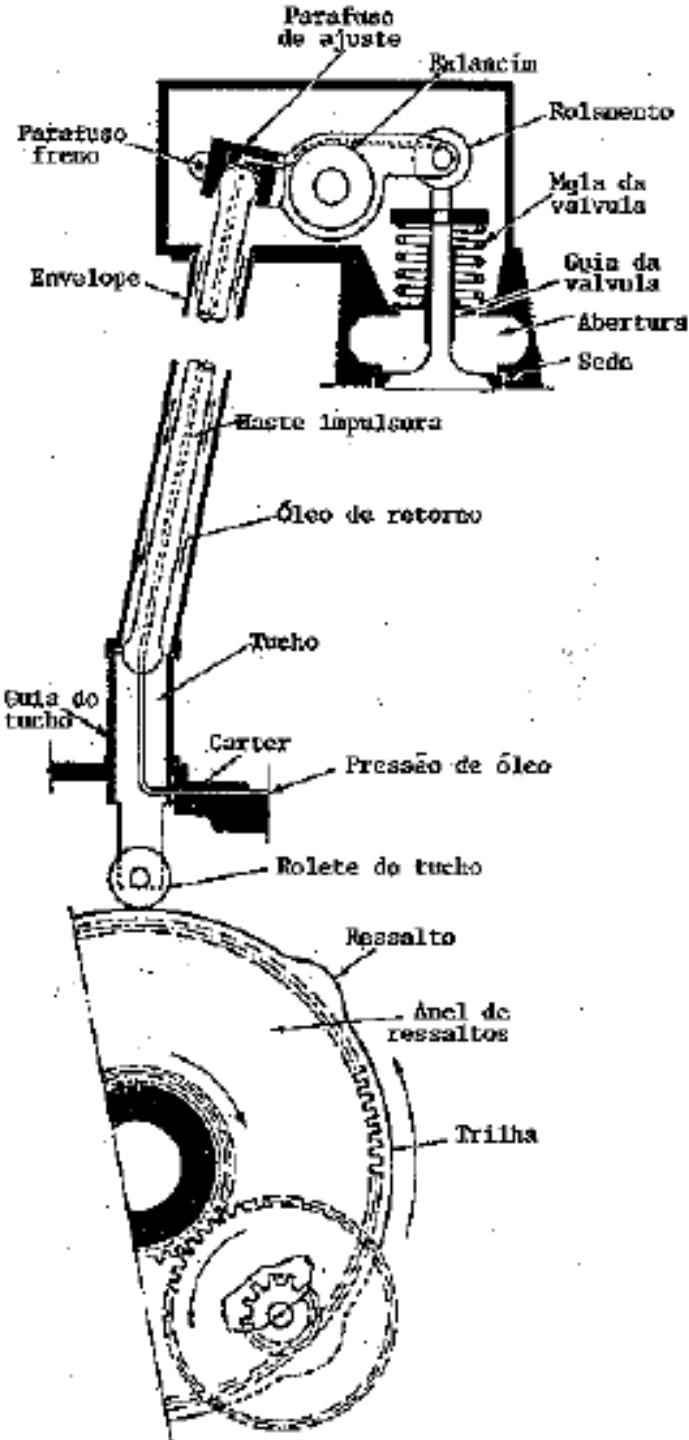
MOTOR RADIAL

- DEPENDENDO DO NÚMERO DE CARREIRAS DE CILINDROS PODE SER OPERADOS POR UM OU DOIS ANÉIS DE RESSALTOS
- UMA SÓ CARREIRA DE CILINDROS: UTILIZA UM ANEL COM DUPLA CURVA MOTRIZ (OU TRILHA), SENDO QUE, UMA ACIONA A VÁLVULA DE ADMISSÃO E A OUTRA, ACIONA A DE ESCAPAMENTO
- É MONTADO CONCENTRICAMENTE COM O EIXO DE MANIVELAS, E POR ELE É ACIONADO A UMA RAZÃO DE VELOCIDADE REDUZIDA, ATRAVÉS DO CONJUNTO DE ENGENAGENS ACIONADORAS INTERMEDIARIAS DO ANEL.
- TEM DOIS CONJUNTOS DE LÓBULOS PARALELOS ESPAÇADOS NA PERIFERIA, SENDO, UM CONJUNTO PARA AS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E OUTRO PARA AS DE ESCAPAMENTO.



ANEL DE RESSALTOS

MOTOR RADIAL



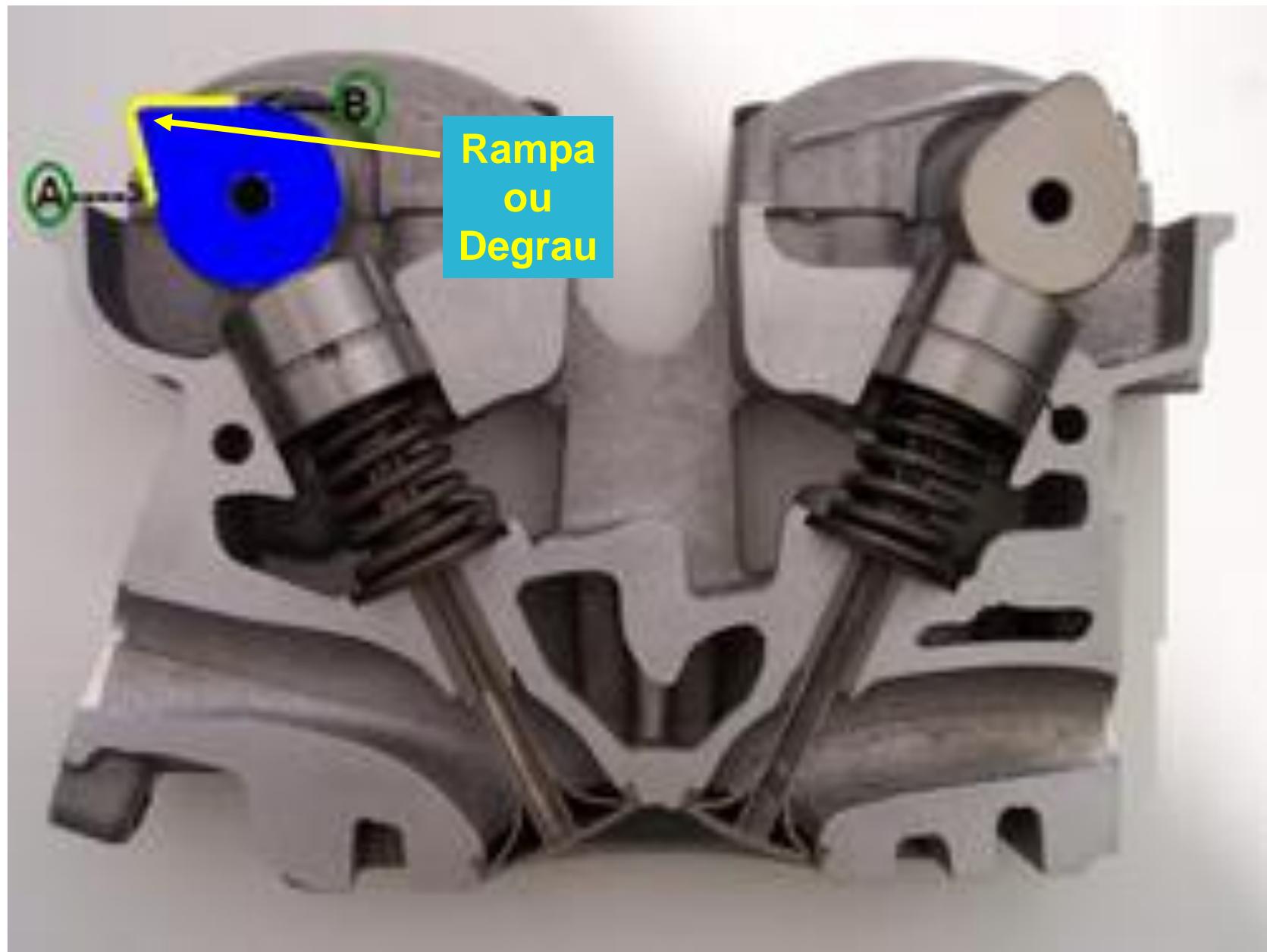
ANEL DE RESSALTOS

O ANEL DE RESSALTOS
GIRA NA MESMA DIREÇÃO DE
ROTAÇÃO DO EIXO DE MANIVELAS.

PARTE EXTERNA DO ANEL

PARTE INTERNA DO ANEL

O ANEL DE RESSALTOS GIRA NA
DIREÇÃO OPOSTA À DIREÇÃO DE
ROTAÇÃO DO EIXO DE MANIVELAS.



TUCHOS

✓ MOLA DO TUCHO

- ✓ OCUPA A FOLGA ENTRE A BALANCIM E A EXTREMIDADE DA VÁLVULA,
- ✓ REDUZ O IMPACTO QUANDO A VÁLVULA FOR ABERTA.

✓ LUBRIFICAÇÃO DO CONJUNTO DE BALANCINS

- ✓ UM FURO QUE PERMITIR QUE O ÓLEO DA MOLA FLUA ATRAVÉS DAS CAVIDADES DAS HASTES IMPULSORAS.



TUCHOS

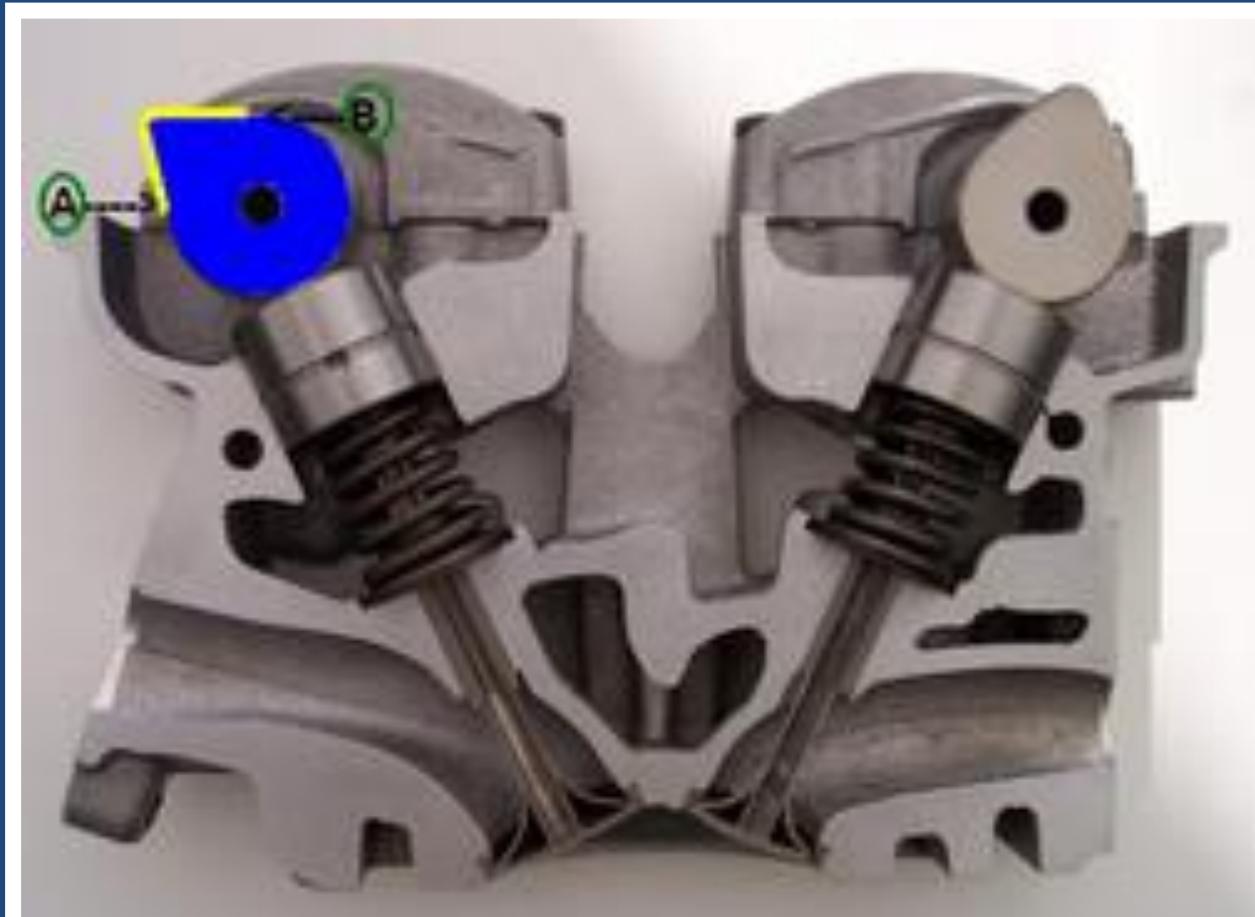
- 1. ROLDANA
- 2. PRATO (MECÂNICO E HIDRÁULICO)
- 3. SOCO
- 4. PRATO HIDRÁULICO

TIPOS DE TUCHOS

MATERIAL DE FABRICAÇÃO:
AÇO + CROMO + NÍQUEL

SÃO PEÇAS DESTINADAS A TRANSFORMAR
O MOVIMENTO ROTATIVO DO EIXO DE
RESSALTOS (EIXO DE CAMES) EM
MOVIMENTO RETILÍNEO (ALTERNATIVO)
DA VÁLVULA

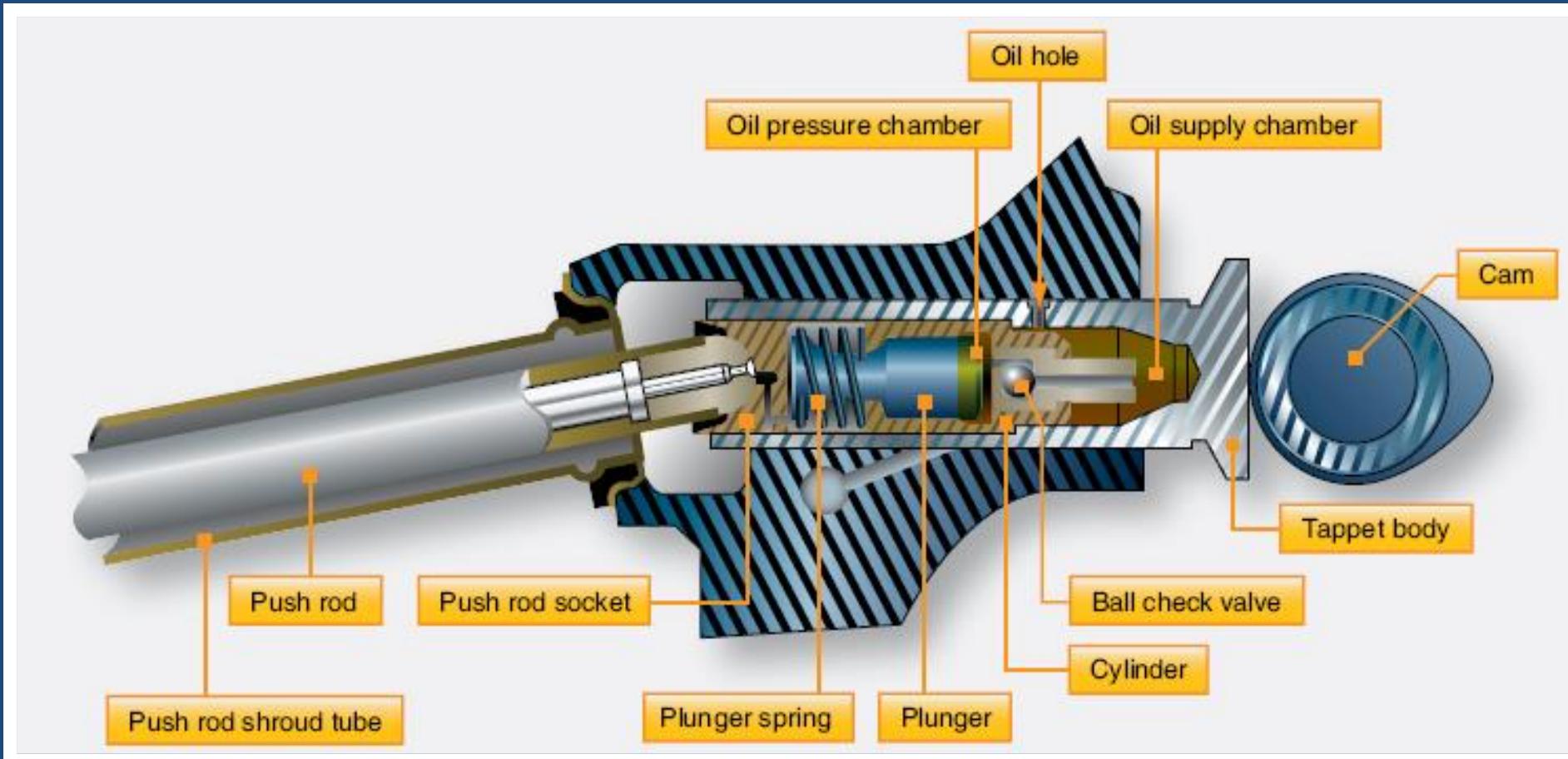
TUCHOS



EM ALGUNS MOTORES EM LINHA, ATUALMENTE, ESTÃO SENDO ABOLIDOS OS TUCHOS, PELA MONTAGEM DO EIXO DE COMANDO DE VÁLVULAS NA PARTE SUPERIOR DO CILINDRO.

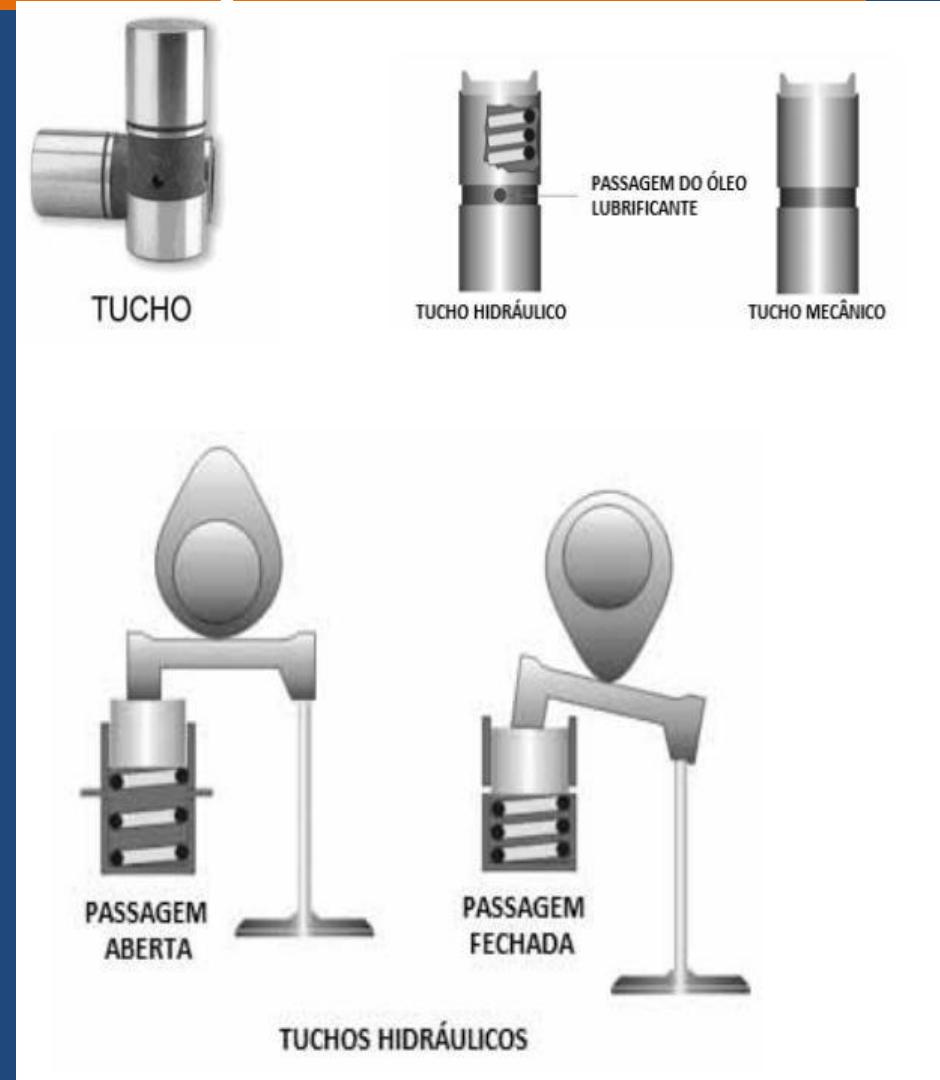
TUCHOS HIDRÁULICOS

O CONJUNTO DE TUCHOS HIDRÁULICOS MANTÉM A FOLGA A ZERO, ELIMINANDO A NECESSIDADE DE QUALQUER AJUSTE NO MECANISMO DE CLARO DE VÁLVULAS.



LEVANTADOR HIDRÁULICO DE VÁLVULAS (TUCHOS HIDRÁULICOS)

- ✓ SÃO AJUSTADOS DURANTE A REVISÃO GERAL.
- ✓ ELES SÃO MONTADOS A SECO (SEM LUBRIFICAÇÃO),
- ✓ AS FOLGAS SÃO VERIFICADAS E OS AJUSTES SÃO GERALMENTE FEITOS POR MEIO DE HASTES IMPULSORAS DE DIFERENTES COMPRIMENTOS.
- ✓ SÃO ESTABELECIDAS AS FOLGAS MÍNIMA E MÁXIMA. QUALQUER MEDIDA ENTRE ESSES EXTREMOS É ACEITÁVEL, PORÉM, O IDEAL É QUE ESTA SEJA APROXIMADAMENTE A MÉDIA ENTRE OS EXTREMOS.
- ✓ REQUEREM MENOS MANUTENÇÃO, SÃO MELHOR LUBRIFICADOS, E
- ✓ DE OPERAÇÃO MAIS SILENCIOSA QUE OS DO TIPO AJUSTADOS POR MEIO DE PARAFUSO



HASTE DE COMANDO DE VÁLVULAS

HASTE IMPULSORA

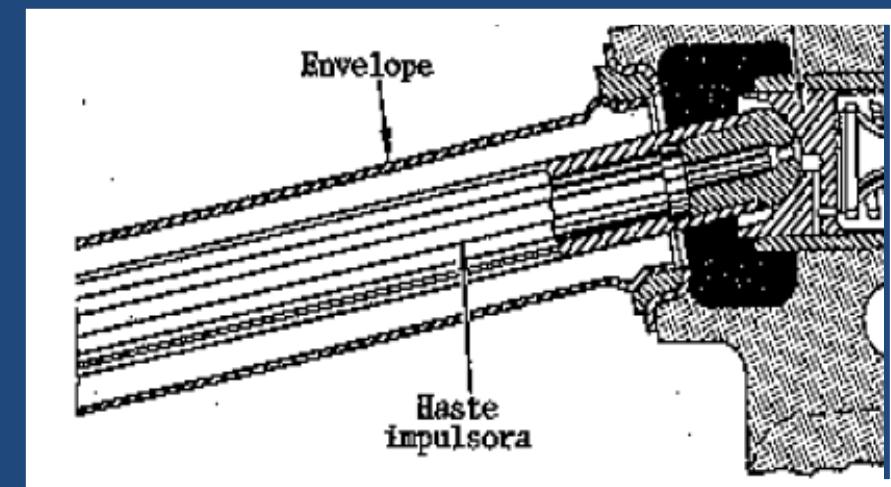
- ✓ POSSUI FORMA TUBULAR
 - ✓ DEVIDO À LEVEZA E RESISTÊNCIA
- ✓ FUNÇÃO
 - ✓ TRANSMITIR A FORÇA DE LEVANTAMENTO DO TUCHO PARA O BALANÇIM
- ✓ É REVESTIDA POR UM ENVELOPE, QUE SE ESTENDE DO CÁRTER À CABEÇA DO CILINDRO



HASTE DE COMANDO DE VÁLVULAS

ENVOLTÓRIOS ENVELOPES

- ✓ ENVOLVEM AS HASTES DE COMANDO DAS VÁLVULAS, PROTEGENDO-AS CONTRA IMPUREZAS.
- ✓ OS ENVOLTÓRIOS FORMAM UM DUCTO PARA PASSAGEM DE RETORNO DE ÓLEO QUE LUBRIFICA OS BALANCINS.
- ✓ SOFREM OS ESFORÇOS DE VARIAÇÃO DE TEMPERATURA E VIBRAÇÃO NORMAL DO MOTOR.

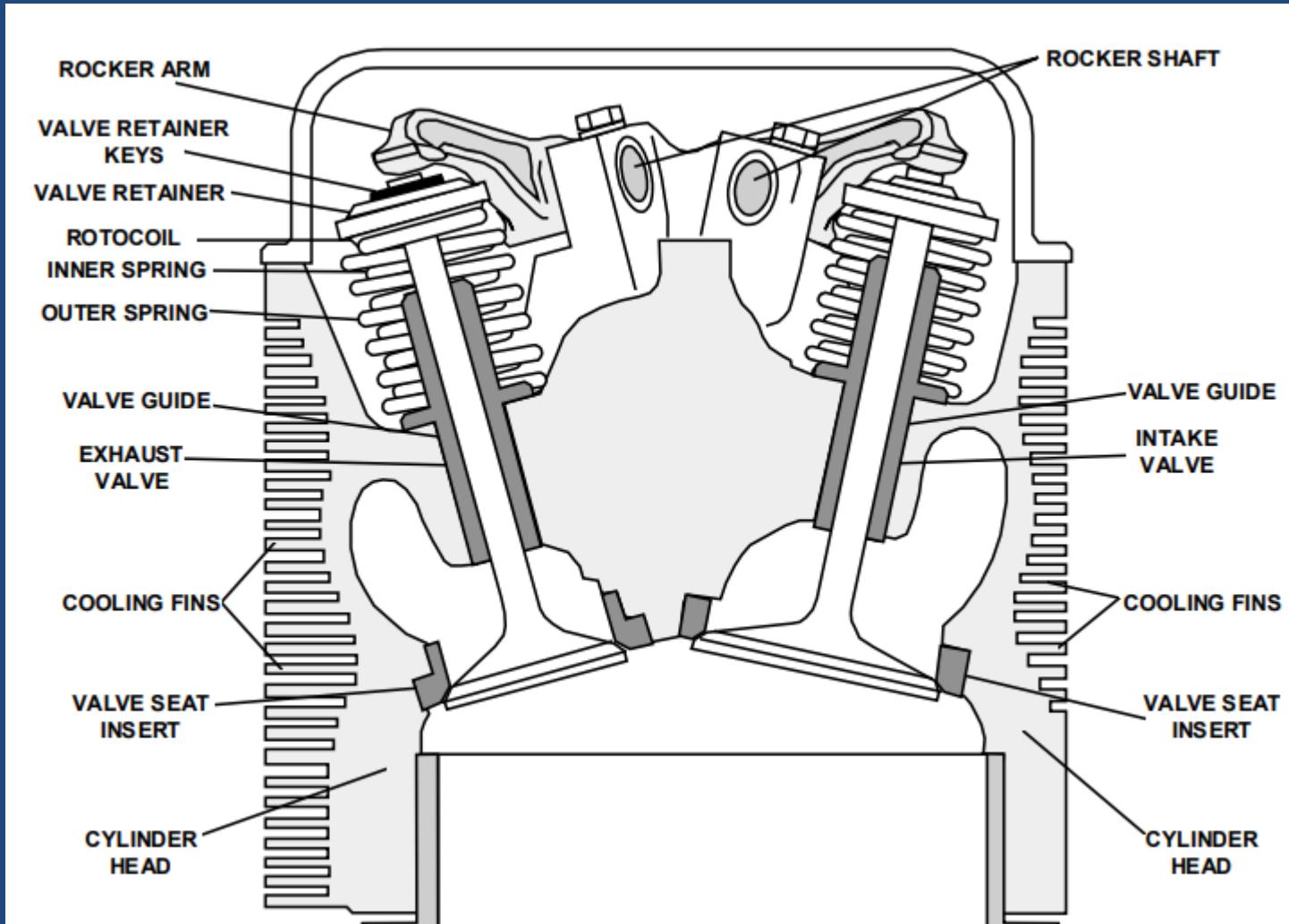


BALANCINS

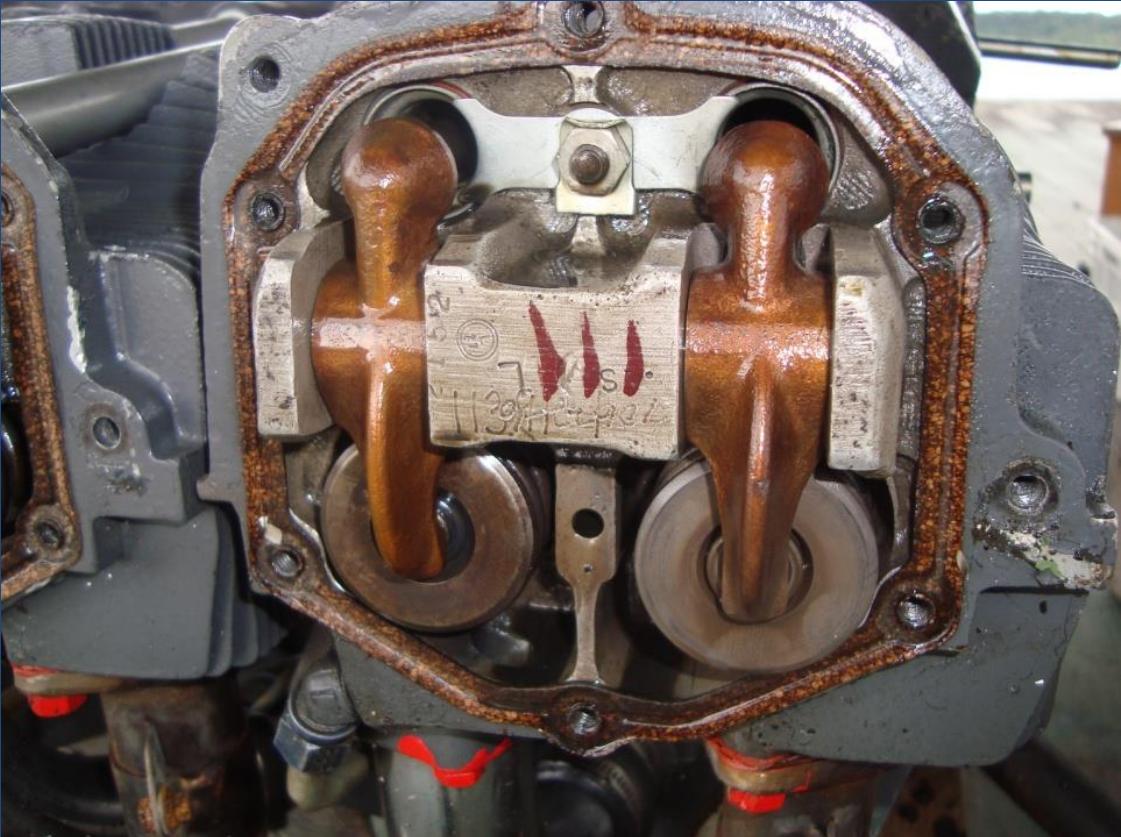
- FUNÇÃO
 - TRANSMITEM A FORÇA DE ACIONAMENTO DO RESSALTO PARA AS VÁLVULAS.
 - INVERTEM O SENTIDO DO MOVIMENTO DO SISTEMA TUCHO-HASTE DE COMANDO DE VÁLVULAS, QUE IRÃO COMANDAR AS ABERTURAS DAS MESMAS
- MATERIAL DE FABRICAÇÃO
 - AÇO + CROMO + NÍQUEL
- FUNCIONAMENTO
 - UMA EXTREMIDADE DO BRAÇO ENCOSTA NA HASTE IMPULSORA E, A OUTRA, ENCOSTA NA HASTE DA VÁLVULA
- ESFORÇO SOFRIDO
 - TORÇÃO, AO QUAL RESISTE EM VIRTUDE DA ROBUSTEZ DE QUE É FABRICADO



BALANCINS



BALANCINS



VÁLVULAS

Maior Abertura à Passagem da Mistura
Ar + Combustível
Menor Alinhamento
Menor Vedaçāo
Temperaturas Baixas

Válvula de Admissão / 30°
Aço Cromo-Níquel
Um serrilhado na extremidade

Válvula de Escapamento / 45°
Nicromo, Silcrômo ou
Aço Cobalto-Cromo (Geralmente)

Menor Abertura à Passagem dos Gases
Melhor Alinhamento
Maior Vedaçāo
Temperaturas Altas

SE A VÁLVULA FOR OCA: SÓDIO METÁLICO

AMBAS AS VÁLVULAS POSSUEM HASTES CEMENTADAS POR NITRIFICAÇÃO



VÁLVULAS MOTOR CONVENCIONAL



CAPÍTULO 1 TEORIA E CONSTRUÇÃO DE MOTORES

CLARO DE VÁLVULAS

- ✓ AS VÁLVULAS SÃO ABERTAS AO MESMO TEMPO (FIM DO ESCAPAMENTO E INÍCIO DA ADMISSÃO).
- ✓ MELHOR EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA E TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO DOS CILINDROS
- ✓ ESSE SINCRONISMO DAS VÁLVULAS É CONTROLADO PELO SEU MECANISMO DE OPERAÇÃO.

CAPÍTULO 10 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO MOTOR

CRUZAMENTO DE VÁLVULAS ou VÁLVULAS SOBREPOSTAS

- PERÍODO ONDE AMBAS AS VÁLVULAS, DE ADMISSÃO E ESCAPE, ESTÃO ABERTAS AO MESMO TEMPO.
- SINCRONIA DE VÁLVULAS
 - QUANDO AS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E ESCAPE SÃO ABERTAS AO MESMO TEMPO NA:
 - PARTE FINAL DO MOVIMENTO DE ESCAPE, E
 - PRIMEIRA PARTE DO MOVIMENTO DE ADMISSÃO.

ATÉ A PRÓXIMA AULA DE:

TEORIA E CONSTRUÇÃO DE MOTORES DE AERONAVES

MOTORES ALTERNATIVOS

