

**AeroTD**  
ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL

**Sistemas de Partida do Motor**

*Prof. Ricardo Cesar Garcia*



<b>CNPJ</b>	72.443.914/0001-38
<b>Mantenedora</b>	AERO TD ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL LTDA - ME
<b>Instituição</b>	AERO TD Escola de Aviação Civil
<b>Esfera Administrativa</b>	Privada
<b>Endereço (Rua, N°.)</b>	Rua Madalena Barbi nº 46.
<b>Cidade UF CEP</b>	Bairro: Centro - Florianópolis SC. CEP: 88.015-200
<b>Telefone Fax</b>	(48) 32235191
<b>Eixo Tecnológico:</b>	Infraestrutura
<b>Curso:</b>	Profissionalizante em Manutenção de Aeronaves - Habilitação Grupo Motopropulsor
<b>Carga Horária Total:</b>	1034 horas

# Sumário

Apresentação da Disciplina \_\_\_\_\_ 4

Módulo I \_\_\_\_\_ 6 - 29

Módulo II \_\_\_\_\_ 32 - 58

## Apresentação da Disciplina

*Caro aluno,*

*Na disciplina de Sistemas de Partida do Motor iremos estudar os vários tipos de sistemas existentes e empregados nos motores de aeronaves.*

*Está dividida em dois módulos, conforme abaixo:*

*Módulo I: Sistemas de Partida do Motor*

*Módulo II: Sistemas de Partida e Pesquisa de Panes*

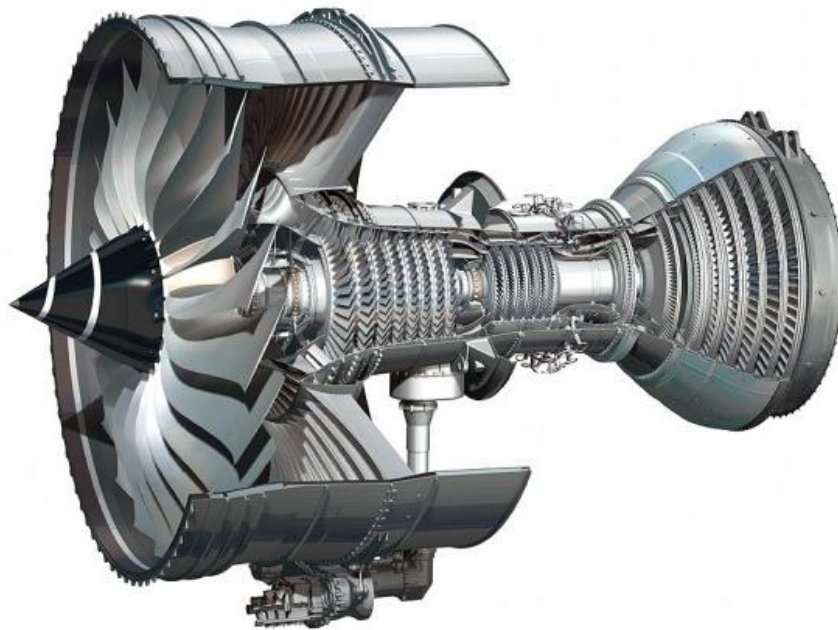
*Os conhecimentos aqui adquiridos devem possibilitar a você, ao término do curso, identificar os diversos tipos de sistemas de partida, os problemas que apresentam e suas soluções.*

*Seguiremos juntos na busca destes conhecimentos.*

*Desejamos a você que esta busca seja uma real aventura e que contribua para a conquista dos seus objetivos.*

*Sucesso!*

*Prof. Ricardo Cesar Garcia*



Fonte: [airway.uol.com.br](http://airway.uol.com.br)

## MÓDULO I

### SISTEMAS DE PARTIDA

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

Vamos juntos aprender sobre os vários tipos de sistemas que atuam no processo de partida dos motores.

Neste módulo, veremos os sistemas de partida de motores convencionais, sistemas usando motor de inércia combinado e outros sumamente importantes e utilizados na aviação.

Então convido você a viajar nas asas do conhecimento.

Vamos juntos!

A maioria dos motores de aeronaves é acionada por um dispositivo chamado motor de partida (starter), ou arranque. O arranque é um mecanismo capaz de desenvolver uma grande quantidade de energia mecânica que pode ser aplicada a um motor, causando sua rotação.

Nos estágios anteriores de desenvolvimento de aeronaves, os motores de baixa potência eram acionados pela rotação da hélice através de rotação manual.



Fonte: [www.dva.gov.au](http://www.dva.gov.au)

Figura: Acionamento Manual do motor.

Algumas dificuldades foram frequentemente experimentadas na partida, quando as temperaturas do óleo estavam próximas ao ponto de congelamento.

Em adição, os sistemas de magnetos forneciam uma centelha fraca na partida e em velocidades muito baixas de acionamento.

Isto foi muitas vezes compensado providenciando-se uma centelha quente, usando dispositivos de ignição como bobina de reforço, vibrador de indução ou acoplamento de impulso.

Algumas aeronaves de baixa potência, que usam acionamento manual da hélice para a partida, ainda estão sendo operadas.

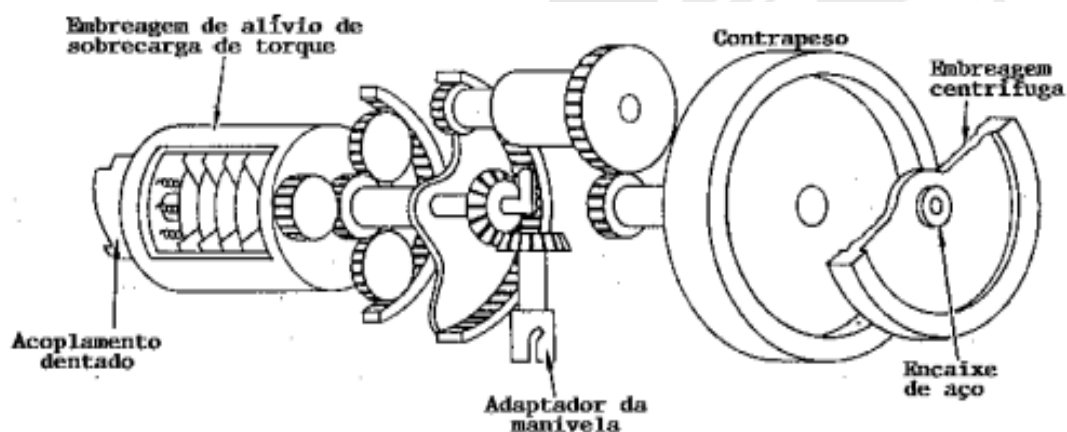
## 1.1 SISTEMAS DE PARTIDA DE MOTORES CONVENCIONAIS

Desde o início do desenvolvimento de motores convencionais ou alternativos de aeronaves (do sistema de partida mais antigo até o presente), inúmeros sistemas foram desenvolvidos. Os mais comuns são:

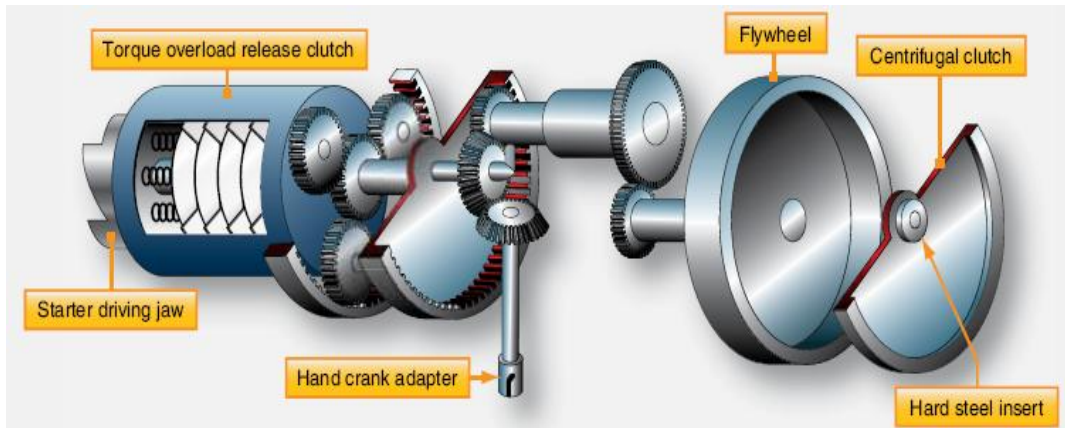
- (1) Cartucho. (Não usado comumente);
- (2) Manual de Inércia. (Não usado comumente);
- (3) Elétrico de Inércia. (Não usado comumente);
- (4) Inércia Combinado. (Não usado comumente);
- (5) Elétrico de Engrazamento Direto.

A maioria dos arranques de motores convencionais é do tipo elétrico de engrazamento direto.

Alguns dos poucos modelos mais antigos de aeronaves estão ainda equipados com um dos tipos de acionadores de inércia, sendo em ocasiões muito raras, um exemplo de arranque de acionamento manual, inércia manual ou de cartucho pode ser encontrado. Então, somente uma breve descrição desses sistemas de partida estará incluída nesta seção.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-1 Motor de partida de inércia, combinado manual e elétrico.

### Motores de Partida de Inércia

Existem três tipos gerais:

- (1) Manual de inércia;
- (2) Elétrico de inércia;
- (3) De inércia, combinado manual e elétrico.

A operação de todos os tipos de arranques de inércia depende da energia cinética armazenada em um volante de rotação rápida em condições de giro. (Energia cinética é a força processada por um corpo pela eficiência do seu estado de movimento, que pode ser movido ao longo de uma linha ou pela ação de rotação).

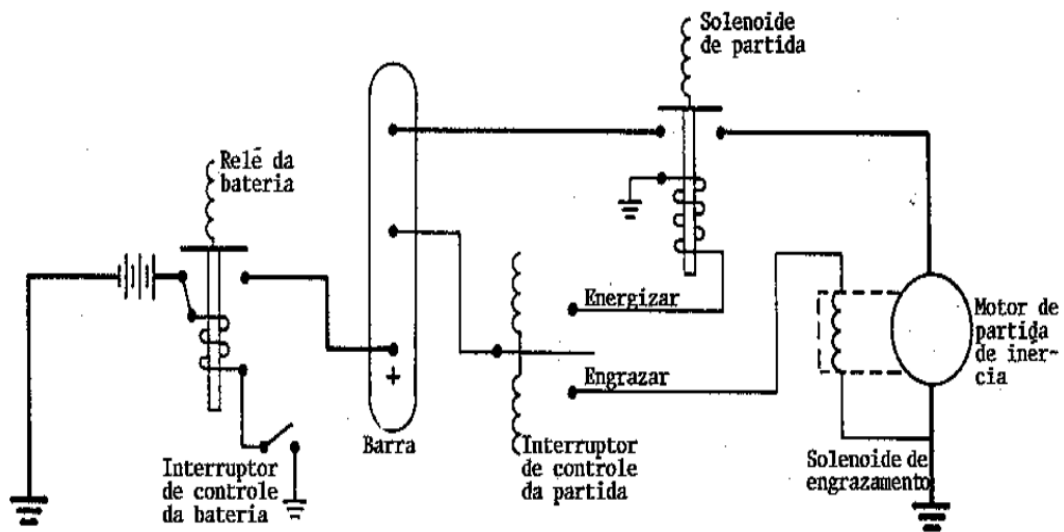
No arranque de inércia, a potência é armazenada vagarosamente durante o processo de energização pelo giro manual ou elétrico, utilizando-se um pequeno motor.

O volante e as engrenagens móveis de um arranque de inércia, combinado manual e elétrico, são mostrados na figura 5-1. O circuito elétrico para um arranque de inércia elétrica é mostrado na figura 5-2.

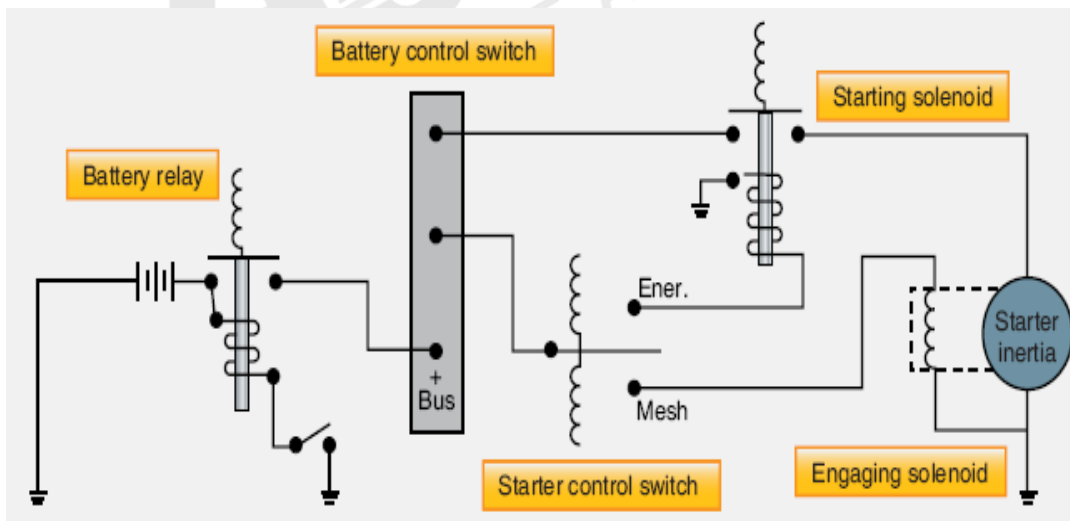
Durante a energização do motor de partida, todas as partes internas se movem, incluindo o volante, formando um conjunto em movimento.

Assim que o arranque tiver sido completamente energizado, ele é acoplado ao eixo de manivelas do motor por um cabo acionado manualmente ou por um solenoide de acoplamento que é eletricamente energizado.





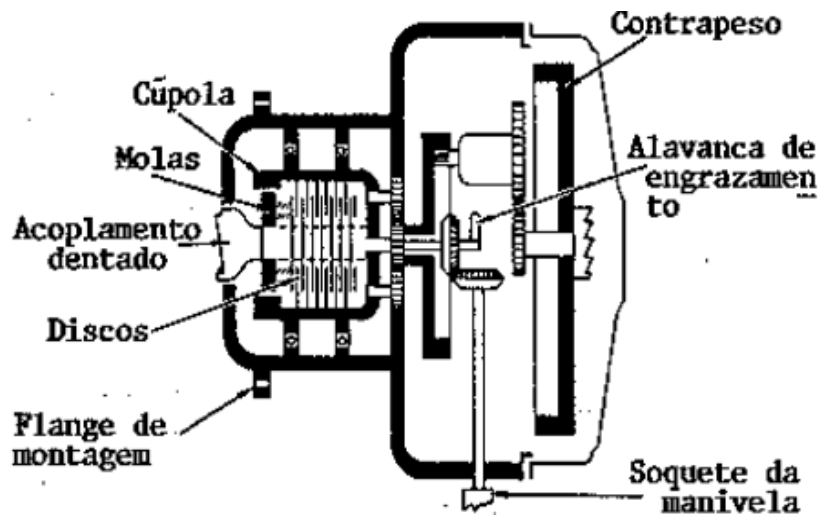
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



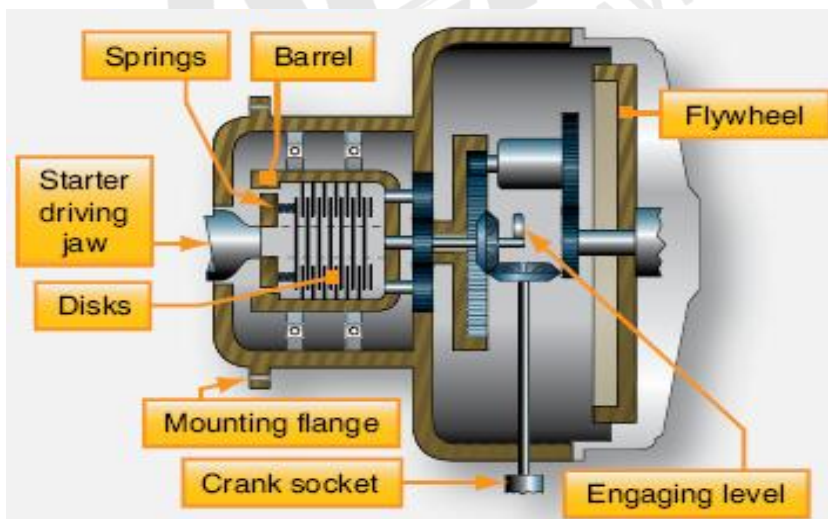
Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-2 Circuito de partida.

Quando o arranque é acoplado ou engrazado, a energia do volante é transferida para o motor através de um conjunto de engrenagens de redução e embreagens de liberação de sobrecarga de torque (ver figura 5-3).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-3 Embreagem de alívio da sobrecarga de torque.

### Motor de Partida Elétrico de Engrazamento Direto

O sistema de partida largamente utilizado em todos os tipos de motores alternativos é o arranque elétrico de acionamento direto.

Esse tipo de arranque provê acionamento instantâneo e contínuo quando energizado, consistindo, basicamente, de um motor elétrico, engrenagens de redução e um mecanismo de acoplamento e desacoplamento, que são operados através de uma embreagem ajustável de alívio de sobrecarga de torque.

Um circuito típico para um arranque elétrico de acionamento direto é mostrado na figura 5-4.

O motor é acionado diretamente quando o solenoide do arranque é fechado.

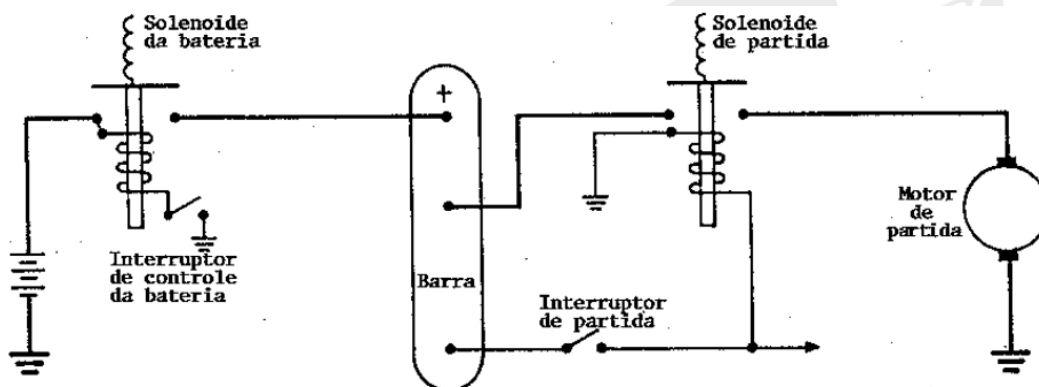
Desde que não haja nenhum volante sendo usado, não há armazenamento preliminar de energia, como no caso de um arranque de inércia.

Conforme mostrado na figura 5-4, os cabos condutores principais do arranque para a bateria são para os serviços pesados, para conduzir o fluxo que pode ser tão alto como 350 ampères, dependendo do torque requerido na partida.

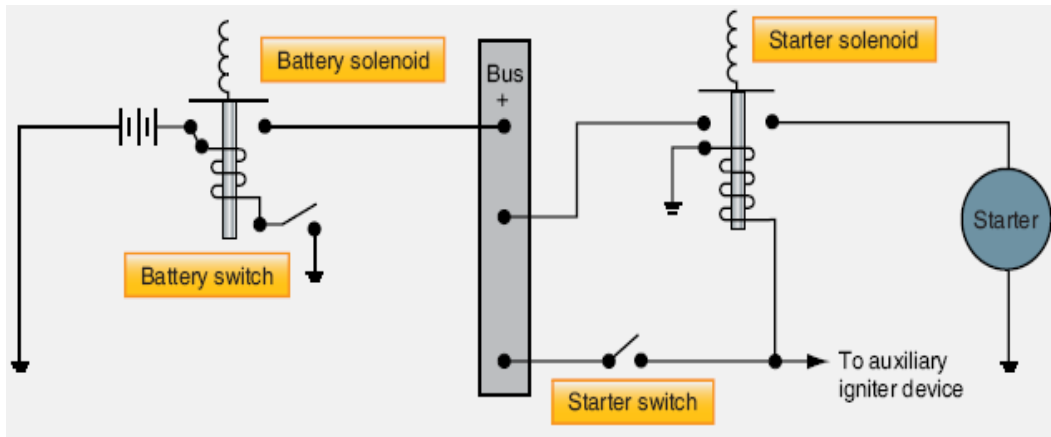
O uso de solenoides e cablagens grossas com chaves de controle remoto reduzem, acima de tudo, o peso do cabo e a queda total de voltagem no circuito.

Um motor de arranque típico é um motor de 12 ou 24 volts, enrolamento em série, que desenvolve elevado torque na partida.

O torque do motor é transmitido através de engrenagens de redução para a embreagem de alívio de sobrecarga. Tipicamente, essa ação faz atuar um eixo estriado helicoidal, movendo a castanha do motor de arranque para fora, acoplando-a à castanha de acionamento do motor da aeronave, antes que a castanha do arranque comece a girar. Assim que o motor da aeronave alcança uma velocidade pré-determinada, o motor de arranque desacopla automaticamente.



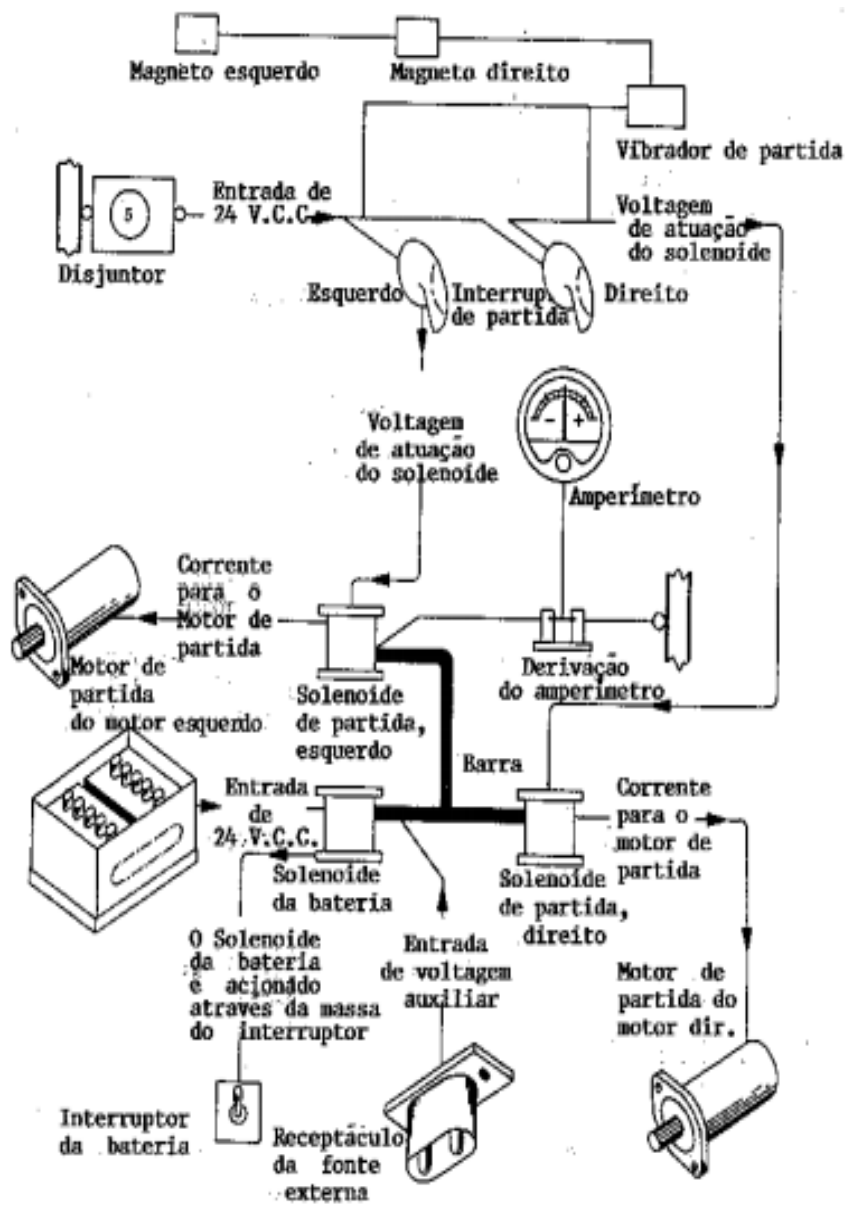
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



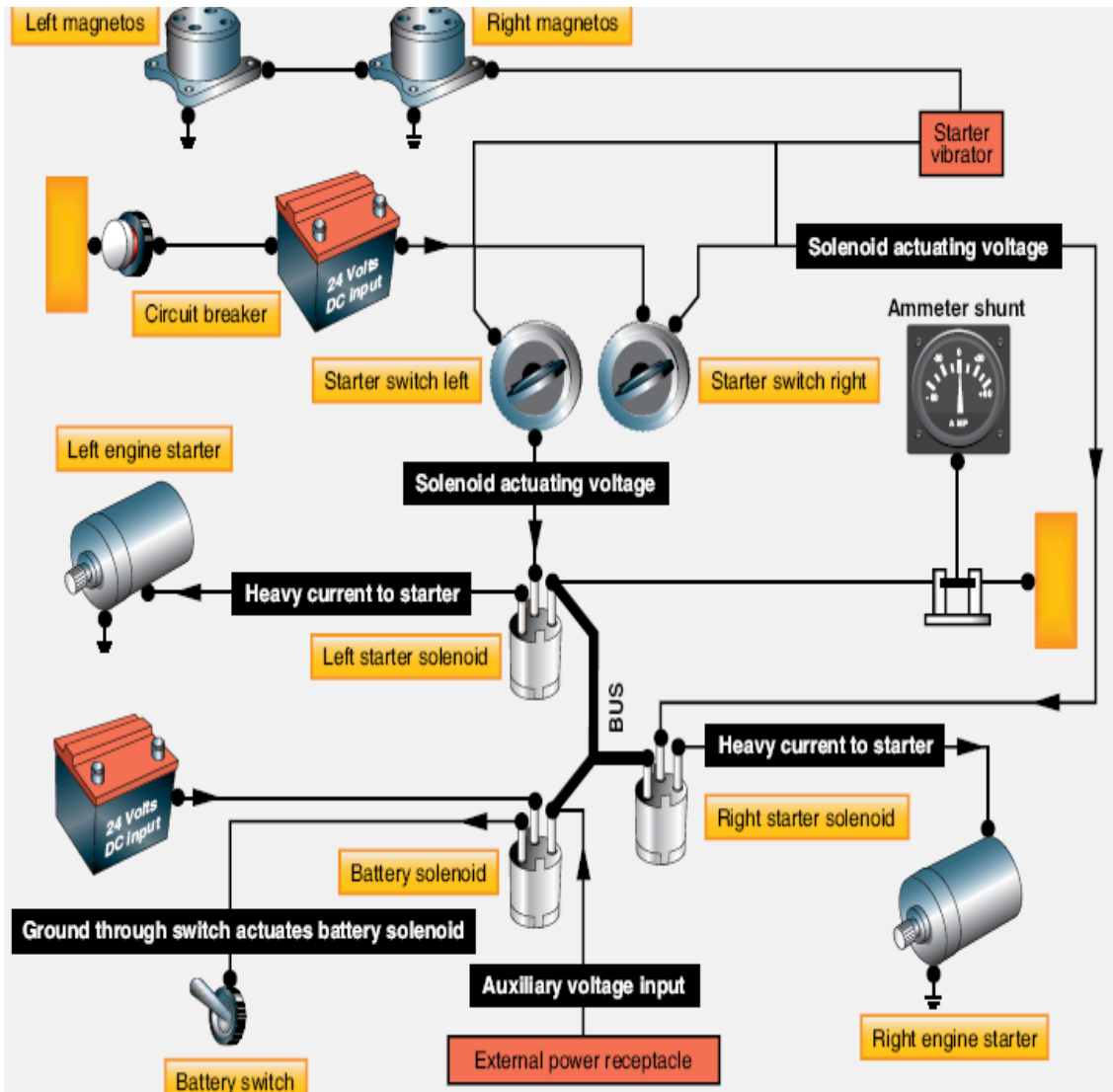
Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-4 Típico circuito de partida, usando um motor de partida elétrico de engrazamento direto.

O esquema da figura 5-5 provê um arranjo pictorial de um sistema de partida completo para uma aeronave leve de dois motores.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



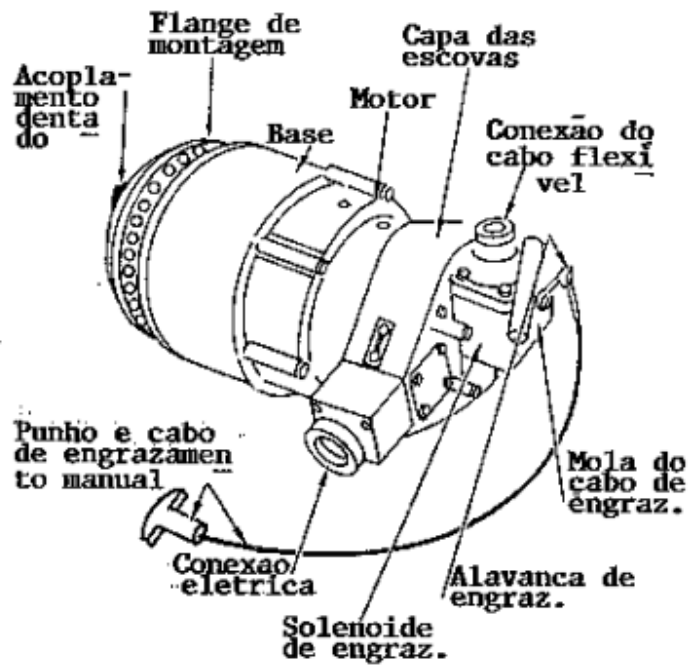
Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-5 Esquema de partida do motor de uma aeronave leve bimotora.

## 1.2 SISTEMA DE PARTIDA USANDO MOTOR DE INÉRCIA COMBINADO

O assunto a seguir trata de um tipo de sistema utilizado em grandes aeronaves bimotoras. Esse sistema inclui para cada motor, um arranque de inércia combinado, uma bobina de reforço, uma chave de polo simples, duplo acionamento na cabine, cablagens e solenoides conforme necessário.

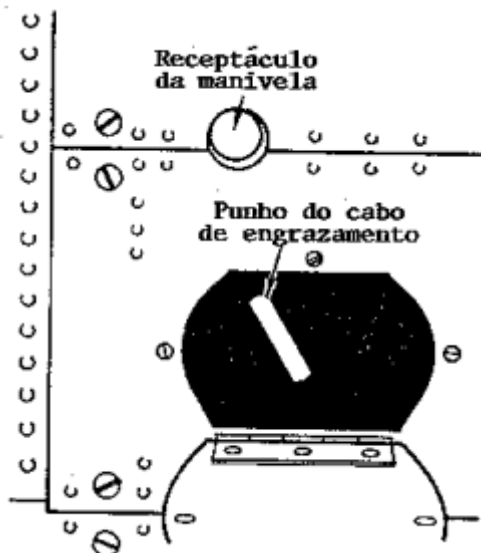
O arranque de inércia combinado é mostrado na figura 5-6.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-6 Motor de partida de inércia combinado.

Controles externos de partida manual, incorporando uma manivela para acionamento do arranque e cabo de controle para a partida, são providos para a partida do motor, manualmente (figura 5-7).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-7 Controles de partida.

Duas chaves de partida estão localizadas no painel elétrico da cabine. Colocando a chave na posição "up" opera-se o arranque. A mesma chave, colocada na posição "down" opera o solenoide de acoplamento de arranque e a bobina ativadora de ignição. A posição "off" da chave está entre as outras duas posições.

A bobina de reforço operada pela bateria, montada em um alojamento blindado, está instalada no suporte de cada motor. Conduítes flexíveis protegem os condutores da bobina para os magnetos de cada motor.

### **1.3 SISTEMA DE PARTIDA ELÉTRICO DE ENGRAZAMENTO DIRETO PARA GRANDES MOTORES CONVENCIONAIS**

Para um sistema de partida típico para motor alternativo de alta potência, o arranque elétrico de acionamento direto consiste em dois componentes básicos: um conjunto motor e uma seção de engrenagens.

A seção de engrenagens é aparafusada no terminal do eixo de acionamento do motor para formar uma unidade completa.

O motor consiste de um induzido e um conjunto pinhão, o conjunto do sino traseiro e o conjunto do alojamento do motor. O alojamento do motor também age como cabeçote magnético para o campo da estrutura.

O motor de arranque é irreversível, interpolado em série. Sua velocidade varia diretamente com a voltagem aplicada e inversamente com a carga.

A seção de engrenagens do motor de arranque, mostrada na figura 5-8, consiste de um alojamento com flange de montagem, engrenagem planetária de redução, um conjunto de engrenagem sol e integral, uma embreagem limitadora de torque e um conjunto de castanha e cone.

Quando o circuito do motor é fechado, o torque desenvolvido no motor do arranque é transmitido para a castanha através do trem de engrenagem de redução e embreagem. O trem de engrenagem do arranque converte a alta velocidade e baixo torque do motor em baixa velocidade e alto torque.

Na seção de engrenagem, o pinhão do motor acopla a engrenagem na árvore de transmissão intermediária (consultar a figura 5-8). O pinhão da árvore intermediária acopla a engrenagem interna, esta fica sendo uma parte integral do conjunto da engrenagem sol e é



rigidamente fixada ao eixo da engrenagem. A engrenagem sol aciona três engrenagens planetas, que são parte do conjunto planetário.

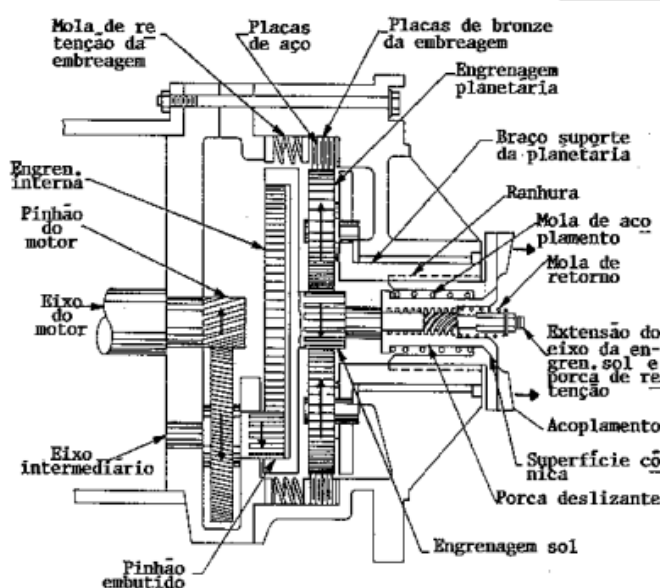
Os eixos individuais das engrenagens planetas são suportados por um braço de apoio do planetário, uma parte semelhante a um cilindro mostrado na figura 5-8. O braço de apoio transmite o torque das engrenagens planetas para a castanha do arranque como segue:

- (1) A porção cilíndrica do braço de apoio é estriada longitudinalmente ao redor da superfície interna;
- (2) As ranhuras são cortadas sobre a superfície exterior da parte cilíndrica da castanha do arranque;
- (3) A castanha desliza para frente e para trás, dentro do braço de apoio, para acoplar e desacoplar com o motor.

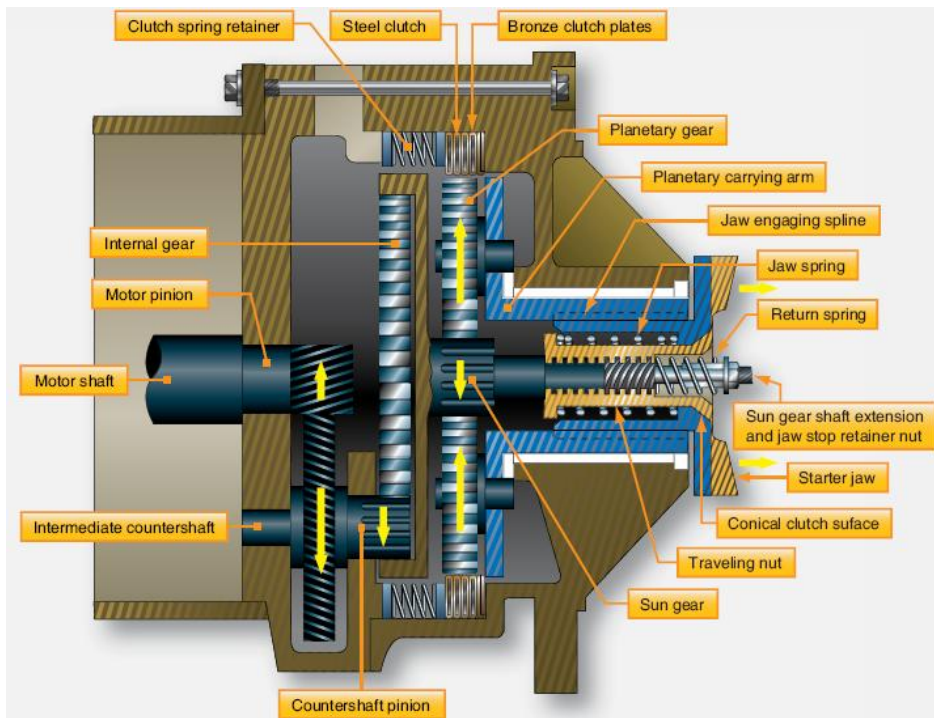
As três engrenagens planetárias também acoplam os dentes internos circundantes nos seis discos de embreagem (figura 5-8). Esses discos são intercalados com os de bronze, que são estriados externamente, impedindo-os de girar.

A pressão correta é mantida sobre o pacote de embreagens por um conjunto de mola de retenção da embreagem.

Uma porca de passeio cilíndrica dentro da castanha do arranque estende e retrai a castanha. Estrias espirais da castanha de acoplamento ao redor da parede interna da porca casam com as estrias similares, cotadas sobre a extensão do eixo da engrenagem sol (figura 5-8).



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-8 Seção de engrenagens do motor de partida.

A rotação do eixo força a porca para fora e esta faz o apoio com a castanha.

A mola, ao redor da porca de passeio, apoia com a porca e tende a manter a superfície da embreagem helicoidal ao redor da parede interna da cabeça da castanha, assentada contra uma superfície similar ao redor do lado inferior da cabeça da porca.

Uma mola de retorno está instalada sobre a extensão do eixo da engrenagem sol, entre o anteparo formado pelas estrias ao redor da parede interna da porca de passeio e uma porca de retenção do batente sobre a ponta do eixo.

Por causa da superfície cônica das embreagens, a porca de passeio e a castanha do arranque são acopladas pela pressão de mola da castanha e as duas partes tendem a girar na mesma velocidade. Entretanto, a extensão do eixo da engrenagem sol gira seis vezes mais rápida do que a castanha.

As estrias espirais sobre ela são cortadas à esquerda e a extensão do eixo da engrenagem sol, girando para a direita em relação a castanha, força a porca e a castanha para fora do arranque no seu passeio total (cerca de 5/16 polegadas), em aproximadamente 12 graus da rotação da castanha. A castanha move-se para fora até ser parada pelo acoplamento com o motor ou pela porca de retenção do seu batente.

O passeio da porca continua a mover-se lentamente além do limite do curso da castanha, sendo o suficiente para aliviar a pressão da mola sobre as superfícies da embreagem cônica helicoidal. Enquanto o arranque continua a girar, há uma pressão suficiente sobre as superfícies da embreagem cônica para prover torque sobre as estrias espirais, que pesam mais do que a pressão da mola da castanha.

Se o motor falhar na partida, a castanha do arranque não se retrairá desde que o mecanismo do arranque não produza força de retração.

Entretanto, quando o motor inflama e ultrapassa a velocidade do arranque, as rampas inclinadas dos dentes da castanha forçam a castanha do arranque para dentro, contra a pressão de mola.

Assim, desacopla inteiramente as superfícies cônicas da embreagem e a pressão da mola da castanha força a porca de passeio a deslizar ao longo das estrias espirais, até que as superfícies da embreagem cônica estejam novamente em contato.

Com ambos, motor e arranque girando, haverá uma força de acoplamento mantendo as castanhas em contato, que continuarão até que o arranque seja desenergizado. Entretanto, o rápido movimento dos dentes da castanha do motor, encontrará o movimento vagaroso dos dentes da castanha do arranque segurando o desacoplamento desta. Tão logo o arranque comece a repousar, a força de acoplamento é removida e a pequena mola de retorno jogará a castanha do arranque para dentro da posição totalmente retraída, onde permanecerá até a próxima partida.

Quando a castanha do arranque acopla a castanha do motor, o induzido do motor precisa ter um tempo para alcançar uma velocidade considerável por causa do seu alto torque na partida.

O repentino acoplamento da castanha do arranque em movimento poderia desenvolver forças suficientemente altas para danificar severamente o motor ou o arranque, não fazendo de certo modo sobre os discos embreagens, na qual deslizariam quando o torque do motor excedesse o torque de deslizamento da embreagem.

Em ação normal de acionamento, os discos internos da embreagem (aço) são mantidos parados pela fricção dos discos de bronze, além de serem intercalados.

Quando o torque imposto pelo motor excede o conjunto de embreagens, os discos de embreagem interna giram contra as embreagens de fricção, permitindo que as engrenagens planetas girem enquanto o braço de apoio da planetária e a castanha permanecem parados.

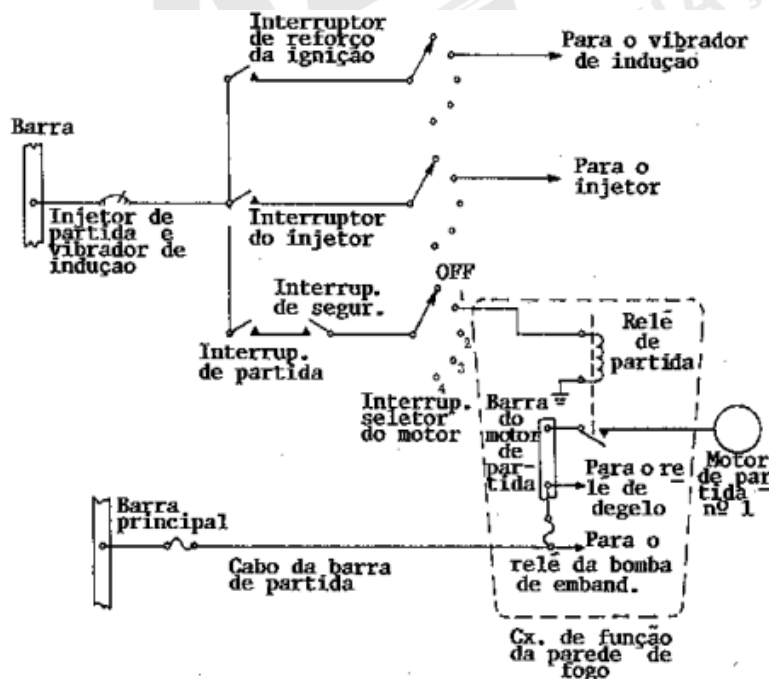
Quando o motor da aeronave sobe para a velocidade na qual o arranque está tentando acioná-lo, o torque cai para um valor menor que o assentado para as embreagens.

Os discos de embreagem da engrenagem interna permanecem parados e a castanha gira a uma velocidade na qual o motor está tentando acioná-los.

As chaves de controle do arranque são mostradas esquematicamente na figura 5-9.

A chave seletora do motor deve ser posicionada e, ambas as chaves do arranque e de segurança (ligadas em série), devem ser fechadas antes da energização do arranque.

A corrente é suprida para o circuito de controle do arranque através de um interruptor, estampado "Starter, Primer e Induction Vibrator" (figura 5-9). Quando a chave seletora está posicionada para a partida do motor, fechando as chaves do arranque e de segurança, ela energiza o relé do arranque localizado na caixa de junção da parede de fogo.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-9 Circuito de controle de partida.

Energizando o relé do arranque, completa-se o circuito de potência para o motor de partida. A corrente necessária para essa carga pesada está sendo tomada diretamente do barramento principal através dos cabos do arranque.

Após a energização do arranque por um minuto, deverá ser permitido pelo menos um minuto para resfriamento. Após um segundo ou subsequente período de acionamento de 1 minuto, deveria resfriar por 5 minutos.

## **1.4 SISTEMA DE PARTIDA ELÉTRICO DE ENGRAZAMENTO DIRETO PARA PEQUENAS AERONAVES**

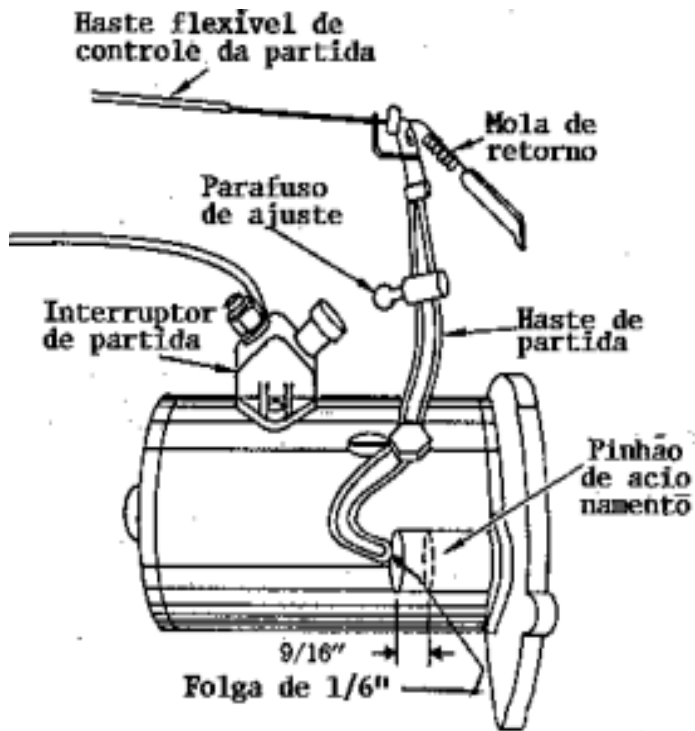
A maioria das pequenas aeronaves de motor alternativo emprega sistema de partida elétrico de acionamento direto. Alguns desses sistemas são automaticamente acoplados aos sistemas de partida, enquanto outros o são manualmente.

Os sistemas de partida acoplados automaticamente empregam um motor de arranque elétrico montado sobre um adaptador do motor. Um solenoide de partida é ativado, ou por um botão de empurrar, ou por uma chave de ignição no painel de instrumento.

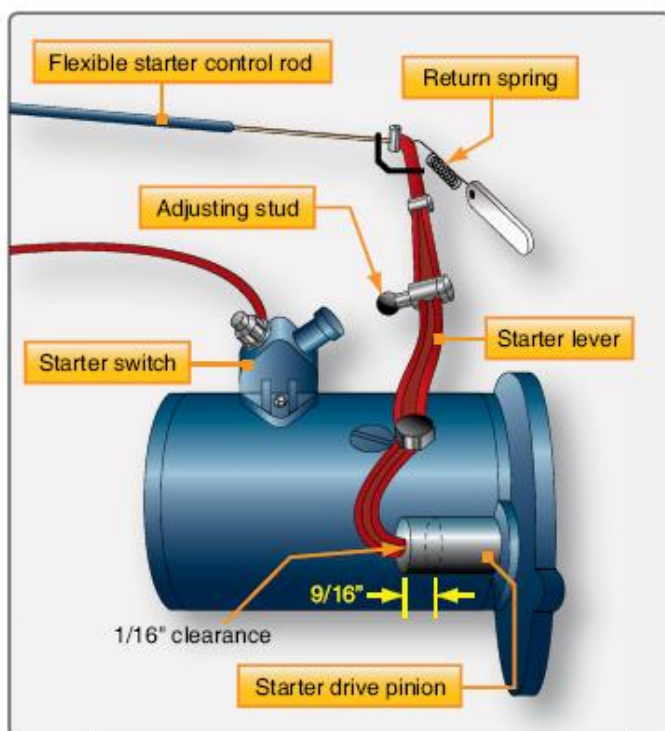
Quando o solenoide é ativado, seus contatos fecham e a energia elétrica energiza o motor de partida.

A rotação inicial do motor elétrico acopla o motor de partida através de uma embreagem no adaptador, que incorpora engrenagens espirais (sem fim) de redução.

Os sistemas de partida acoplados manualmente em pequenas aeronaves empregam um pinhão de acionamento da embreagem para transmitir potência de um motor de partida elétrico para uma engrenagem de acionamento de partida da árvore de manivelas. (Ver fig. 5-10). Um botão ou punho no painel de instrumento está conectado por um controle flexível a uma alavanca sobre o motor de partida. Esta alavanca eleva o pinhão de acionamento do motor de partida para a posição acoplada e fecha os contatos da chave do motor de partida quando o botão do motor de partida ou o punho é empurrado. A alavanca do motor de partida está presa na mola que retorna a alavanca e o controle flexível para a posição OFF. Quando o motor dá a partida, a ação da embreagem protege o pinhão de acionamento do motor de partida até que a alavanca de mudança possa estar livre para desacoplar o pinhão.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-10 Hastes de controle do motor de partida e ajustes.

Conforme mostrado na figura 5-10, para uma unidade típica, há um comprimento específico de curso para engrenagem pinhão do motor de partida.

É importante que a alavanca do motor de partida mova a engrenagem pinhão a uma distância apropriada, antes que o estojo da alavanca ajustável faça contato com a chave do arranque.

### Práticas de Manutenção do Sistema de Partida

A maioria das práticas de manutenção do sistema de partida incluem substituição das molas e das escovas, limpeza de acúmulos dos comutadores e torneamento das partes queimadas ou arredondamento dos comutadores do motor de partida.

Como regra, as escovas do motor de partida devem ser substituídas quando desgastadas aproximadamente na metade dos seus comprimentos originais.



Fonte: Ricardo Garcia

Figura: Escova.

A tensão da mola da escova deve ser o suficiente para que elas tenham um bom e firme contato com o comutador. Os guias das escovas devem ser inquebráveis e os parafusos do terminal bem apertados.

Sujeira ou espelhamento dos comutadores do motor de partida pode ser limpo segurando uma tira de lixa "00", ou uma pedra de assentamento da escova contra o comutador enquanto ele é girado.

A lixa ou a pedra deve ser movida para frente e para trás para evitar desgaste da ranhura.

Lixa de esmeril ou "carborundum" nunca devem ser usadas para este propósito, por causa de sua possível ação de curto circuito.

Rugosidade, fora de arredondamento, ou condições de "alta mica", são razões para torneiar o comutador.

No caso de condição de "alta mica", ela deve ser cortada assim que a operação de torneamento esteja cumprida.

Consulta-se o Manual de Matérias Básicas (Volume 1), para uma revisão de comutadores de "alta mica" nos motores.

<b>PROBLEMA</b>	<b>ISOLANDO O PROBLEMA</b>	<b>AÇÃO CORRETIVA</b>
<b>ARRANQUE NÃO OPERA:</b>		
Defeito da chave principal ou circuito	Verificar o circuito	Reparar o circuito
Defeito na chave do arranque ou no circuito	Verificar a continuidade da chave e do circuito	Substituir a chave ou os fios
A alavanca do arranque não atua a chave	Verificar o ajuste da alavanca do arranque	Ajustar a alavanca de acordo com as instruções do fabricante
Arranque defeituoso	Verificar os itens anteriores, se não houver outra causa, o defeito é do arranque	Remover e reparar ou substituir o arranque
<b>O ARRANQUE GIRA, MAS NÃO ENGRAZA NO MOTOR:</b>		
Alavanca do arranque ajustada para ativar a chave sem engrazar o pinhão na engrenagem	Verificar a ajustagem da alavanca do arranque	Ajustar a alavanca de acordo com as instruções do fabricante
Defeito na embreagem ou na engrenagem de acionamento	Remover o arranque e testar a embreagem e a engrenagem	Substituir a parte defeituosa
Engrenagem pinhão ou de acionamento com defeito	Remover e testar o pinhão e a engrenagem de acionamento	Substituir a parte defeituosa
<b>ARRANQUE SEM FORÇA PARA GIRAR</b>		
Bateria fraca	Testar a bateria	Carregar a bateria ou substituí-la
Contatos do relé ou da chave queimados ou sujos	Testar os contatos	Substituir por unidades perfeitas
Arranque defeituoso	Verificar as escovas e a tensão das suas molas e fixação	Reparar ou substituir o arranque
Comutadores sujos ou gastos	Limpar e verificar visualmente	Tornear o comutador
<b>ARRANQUE EXCESSIVAMENTE BARULHENTO</b>		
Pinhão gasto	Remover e examinar o pinhão	Substituir o acionamento do arranque
Engrenagens gastas ou com dentes quebrados	Remover o arranque e girar o seu motor com a mão para examinar o eixo das engrenagens	Substituir as partes danificadas

Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Tabela 6 - Procedimentos para pesquisa de problemas no sistema de partida de pequenas aeronaves.

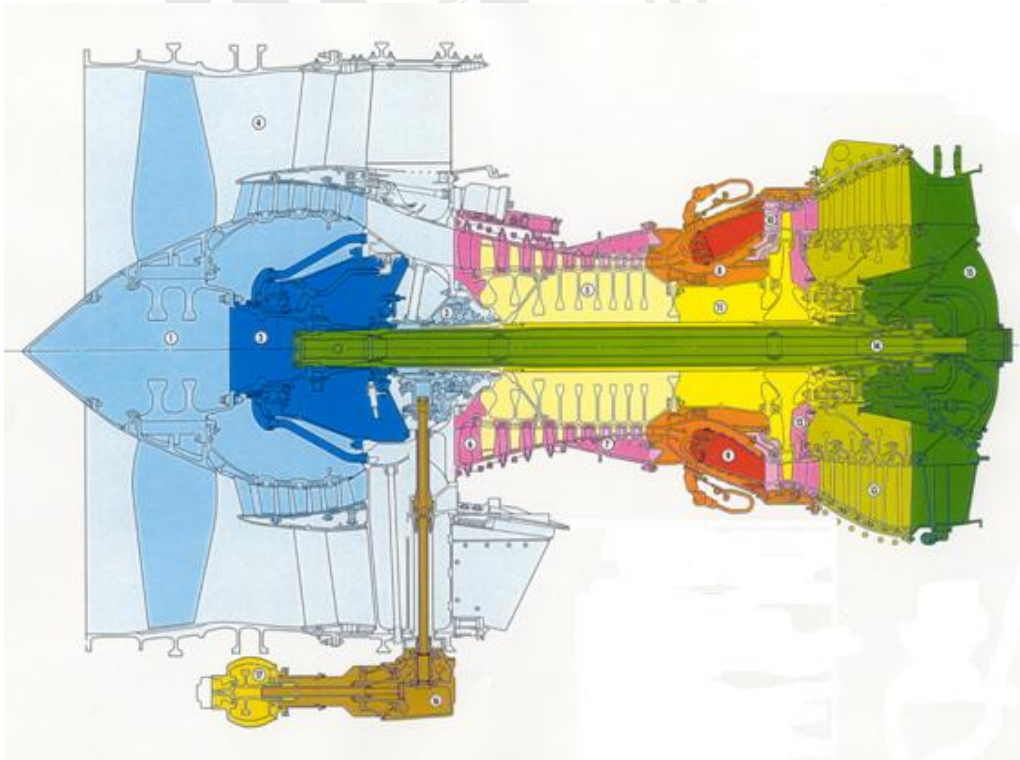


## Pesquisa de Panes nos Sistemas de Partida em Pequenas Aeronaves

Os procedimentos de pesquisa de panes listados na tabela 6 são típicos daqueles usados para isolar o mau funcionamento em sistemas de partida de pequenas aeronaves.

### 1.5 PARTIDAS DOS MOTORES DE TURBINA A GÁS

Motores de turbina a gás são acionados pela rotação do compressor. Nos motores com dois estágios axiais do compressor, apenas o compressor de alta pressão é girado pelo motor de partida.



Fonte: [www.boeing.com](http://www.boeing.com)

Figura: Ilustração, apenas o compressor de alta pressão é acionado pelo motor de partida, acionando o compressor de alta consequentemente está girando o eixo de N2.

Para acionar um motor de turbina a gás, é necessário acelerar o compressor provendo ar suficiente para suportar a combustão nos queimadores. Uma vez que o combustível tenha sido introduzido e o motor tenha partido, o motor de partida deve continuar acionando o motor para chegar a uma velocidade acima da velocidade de auto aceleração. O torque

suprido pelo motor de partida deve estar acima do que é requerido, a fim de superar a inércia do compressor e as cargas de fricção do motor.

Os tipos básicos de motores de partida que foram desenvolvidos para uso nos motores de turbina a gás, são motores elétricos C.C., turbina de ar e combustão. Um sistema de partida de impacto é algumas vezes usado em motores pequenos. Uma partida desse tipo consiste de jatos de ar comprimido, dirigidos para dentro do compressor ou da carcaça da turbina, de modo que a rajada do jato de ar seja direcionada para dentro do compressor ou das palhetas do rotor da turbina, causando sua rotação.

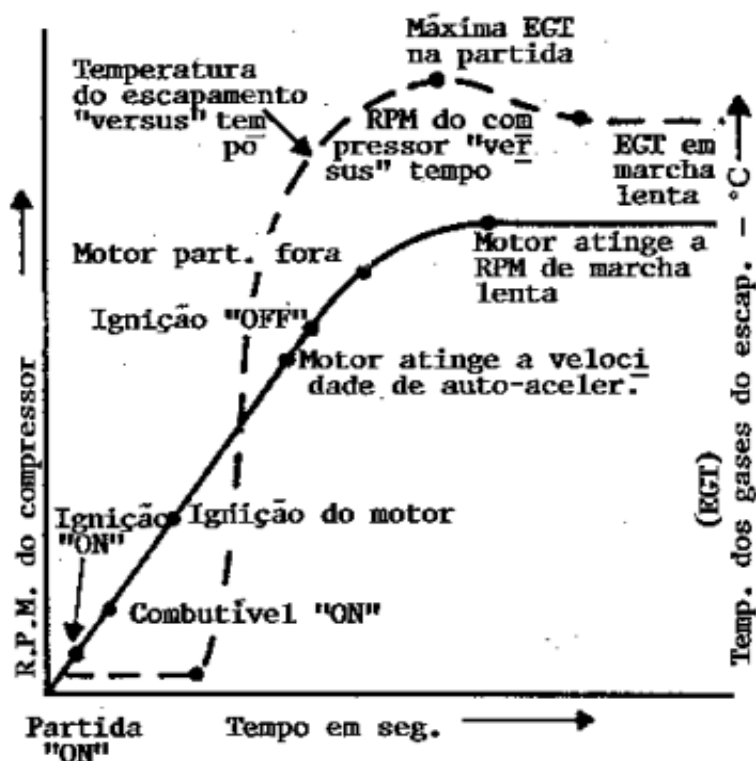
O gráfico na figura 5-11 ilustra uma sequência típica de partida para um motor de turbina a gás, a despeito do tipo de motor empregado.

Tão logo o arranque tenha acelerado o compressor suficientemente para estabelecer o fluxo de ar através do motor, a ignição é ligada e depois o combustível. A sequência exata do procedimento de partida é importante, desde que haja fluxo de ar suficiente através do motor para suportar a combustão, antes que a mistura ar/combustível seja inflamada.

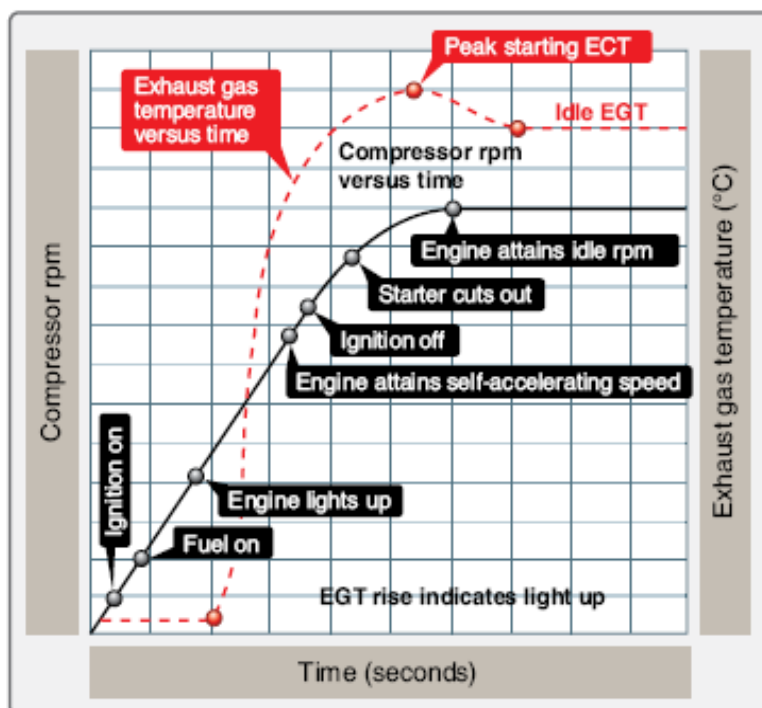
A baixas velocidades do eixo do motor, a razão do fluxo de combustível não é suficiente para possibilitar a aceleração do motor e, por essa razão, o motor de partida continua a girar até que a velocidade de auto aceleração tenha sido conseguida. Se a assistência do motor de partida for cortada abaixo da velocidade de auto aceleração, o motor falha para acelerar até a velocidade de marcha lenta ou pode ainda ser desacelerado, porque não pode produzir energia suficiente para sustentar a rotação ou para acelerar durante a fase inicial do ciclo de partida.

O motor de partida não deve continuar a auxiliar o motor, consideravelmente acima da velocidade de auto aceleração, para evitar um retardo no ciclo de partida, que poderia resultar em uma partida quente ou falsa ou uma combinação de ambas.

Em pontos apropriados na sequência, o motor de partida e geralmente a ignição, será desligado automaticamente.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-11 Típica sequência de partida de motor a turbina.

## Sistemas Elétricos de Partida

Os sistemas elétricos de partida são de dois tipos, em geral:

- (1) Sistemas elétricos de acionamento direto;
- (2) Sistemas de arranque e gerador.

Os sistemas elétricos de partida de acionamento direto são similares àqueles usados nos motores alternativos.

O sistema de motor de partida e gerador é similar aos sistemas elétricos de acionamento direto.

Eletricamente, os dois sistemas podem ser idênticos, mas o motor de partida-gerador é permanentemente acoplado com o eixo do motor através de necessárias engrenagens de acionamento, enquanto o motor de partida de acionamento direto deve empregar alguns meios de desacoplamento do eixo após o acionamento do motor da aeronave.

### Motores de Partida de Acionamento Direto nos Motores de Turbina a Gás

Em alguns arranques de acionamento direto, usados nos motores de turbina a gás, nenhuma embreagem de alívio de sobrecarga ou mecanismo de engrenagem de redução é usada. Isto acontece por causa dos requerimentos de baixo torque e de alta velocidade para a partida dos motores de turbina a gás. Um mecanismo de redução de voltagem é utilizado, principalmente nos sistemas de partida para evitar danos no conjunto de acoplamento.

A figura 5-12 mostra o circuito de controle de redução de voltagem. O mecanismo é montado em alojamento à prova de explosão, que contém 5 relés e uma resistência de 0,042 ohm. Quando a chave da bateria é fechada, a mola do relé de retardo é energizada. O aterramento do circuito para a mola deste relé é completada através do motor de partida.

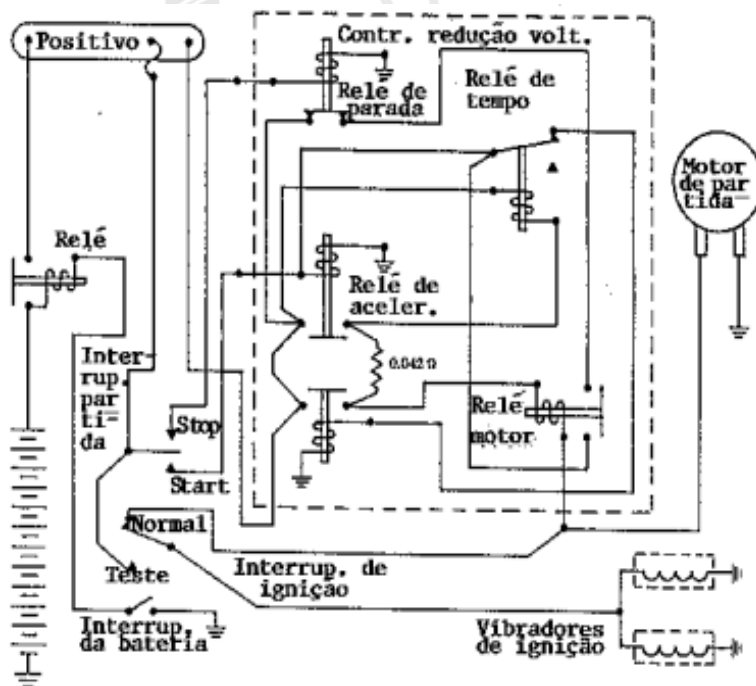
Quando a chave do motor de partida é movida para a posição partida, um circuito é completado para a mola do relé de aceleração.

O fechamento dos contatos do relé completa um circuito da barra através dos contatos fechados, o resistor de 0,042 ohm, da bobina do relé em série e finalmente através do motor de partida para o aterramento. Desde que o resistor de 0,042 ohm cause uma queda na voltagem, a baixa voltagem é aplicada ao motor de partida, evitando danos de torque

elevado. O relé de retardo volta para a sua posição normal (fechado), desde que nenhuma diferença de potencial exista entre os terminais da bobina do relé de retardo com os contatos fechados do relé de aceleração. O fechamento do relé de retardo completa um circuito para a bobina do relé do motor (fig. 5-12). Com o relé do motor energizado, um circuito completo existe através desse relé e a bobina do relé em série para o motor de partida, desviando o resistor de 0,042 ohm.

Quando a corrente de 200 ampères ou mais flui para o motor de partida, a bobina do relé em série é energizada suficientemente para fechar os seus contatos.

A chave do motor de partida pode então estar liberada para retornar para sua posição normal "off", porque o circuito do motor de partida está completo através do relé de parada, e o relé em série contata a mola do relé do motor. Conforme o motor de partida aumenta a rotação, uma força eletromotiva contrária se desenvolve o suficiente para permitir ao relé em série abrir-se e interromper o circuito para o relé do motor. Entretanto, o período de partida é controlado automaticamente pela velocidade do motor do arranque.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-12 Circuito de controle de tensão reduzida para sistema de partida de engrenamento direto para motor de turbina a gás.



## Referência Bibliográfica

BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional. Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.



## No Próximo Módulo

Caro aluno,

No próximo módulo daremos continuidade ao estudo dos sistemas de partida em motores, como também veremos os problemas que apresentam e o estudo de panes.

Espero você!



## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Fonte: <http://hangardobeinz.blogspot.com.br/>

## MÓDULO II

### SISTEMAS DE PARTIDA E PESQUISA DE PANES

#### INTRODUÇÃO

Caro aluno,

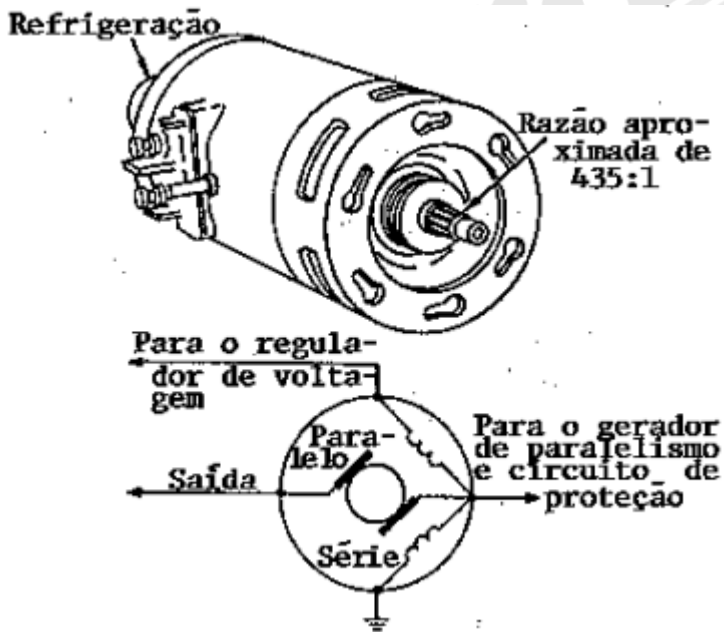
Como dissemos, daremos aqui continuidade ao estudo dos sistemas de partida em motores, como também veremos os problemas que apresentam e o estudo de panes.

Os assuntos aqui tratados irão complementar seu conhecimento acerca dos sistemas de partida empregados nas aeronaves.

Você é meu convidado!

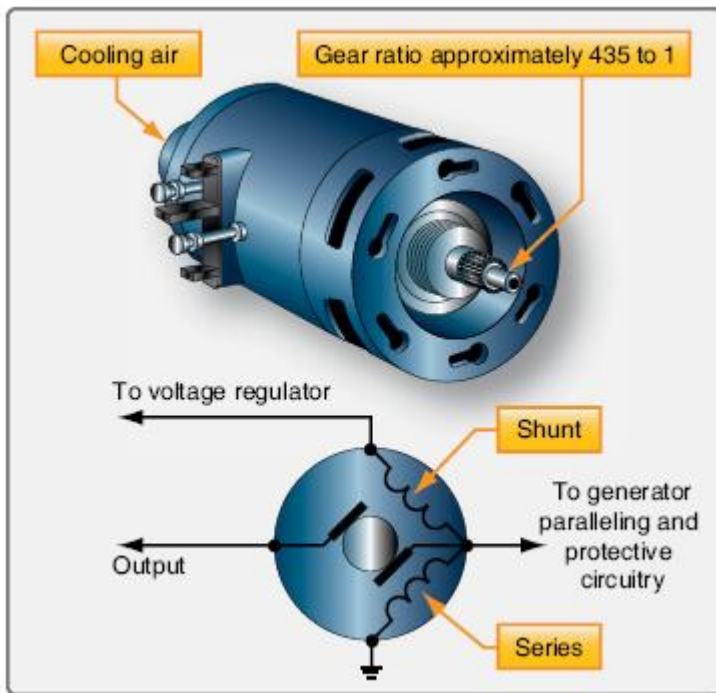
## 2.1 SISTEMA DE PARTIDA ARRANQUE-GERADOR

Muitos dos aviões de turbina a gás são equipados com sistemas de arranque-gerador. Esses sistemas de partida usam uma combinação de arranque-gerador que opera como um motor de arranque para acionar o motor durante a partida e, após o motor ter alcançado a velocidade de auto sustentação, opera como um gerador para suprir a potência do sistema elétrico.



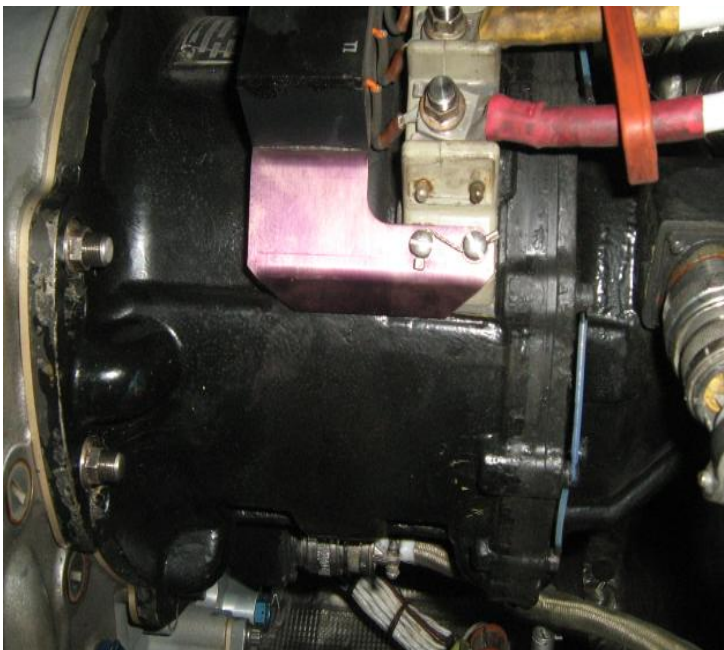
Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional





Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-13 Típico "Arranque-gerador".



Fonte: Ricardo Garcia

Figura: Típico "Arranque-gerador".

A unidade arranque-gerador, mostrada na figura 5-13, é basicamente uma derivação do gerador com uma quantidade adicional de enrolamentos em série. Este enrolamento em série está eletricamente conectado para produzir um forte campo, resultando num alto torque para a partida.

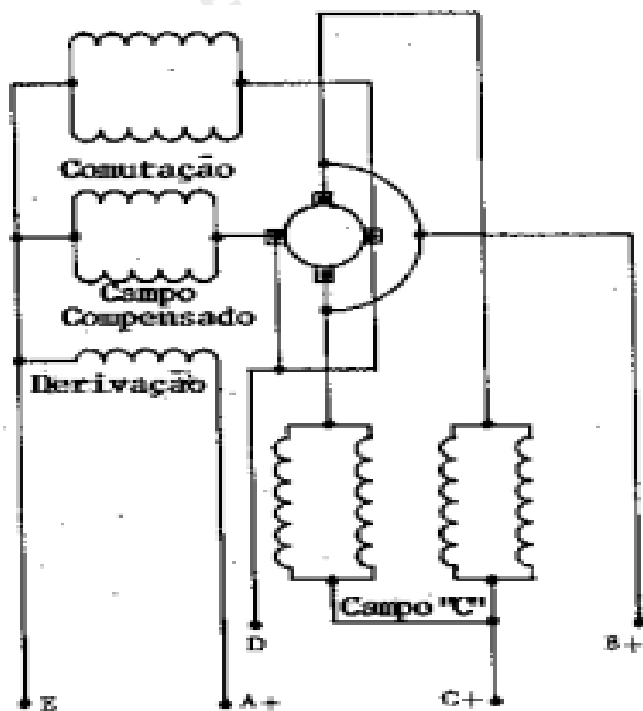
As unidades arranque-gerador são desejáveis por um ponto de vista econômico, uma vez que executa as funções de ambos, arranque e gerador.

Adicionalmente, o peso total dos componentes do sistema de partida é reduzido e poucas peças de reposição são requeridas.

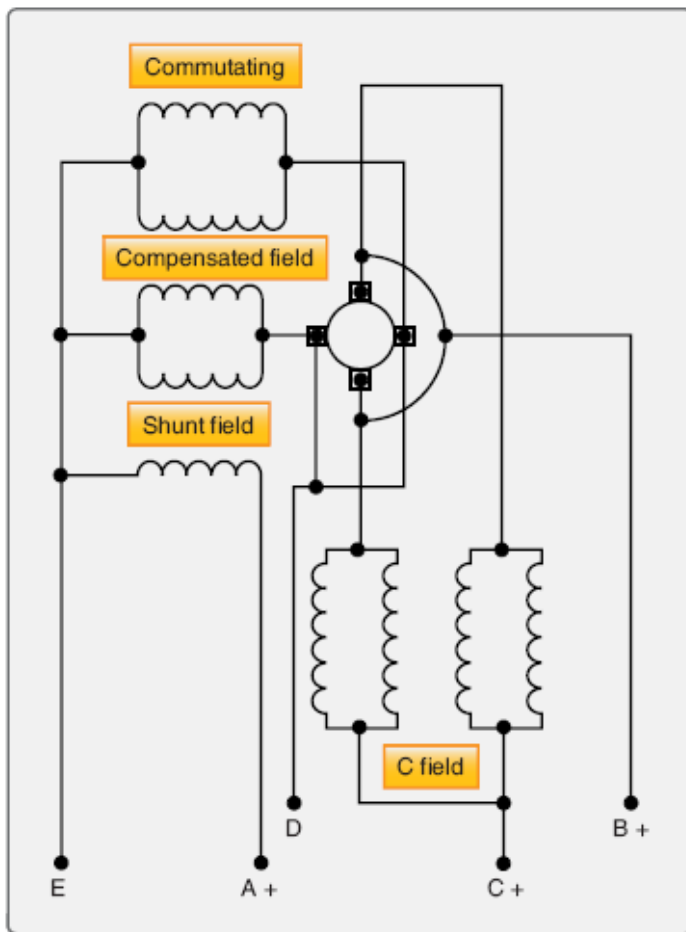
O circuito interno de um arranque gerador mostrado na figura 5-14 tem 4 enrolamentos de campo. (1) Campos em série (campo "C"); (2) Uma derivação do campo; (3) Um campo de compensação; e (4) Um enrolamento de interpolação ou comunicação. Durante a partida, os enrolamentos em série ("C"), de compensação e comunicação, são usados.

A unidade é similar ao arranque de acionamento direto, uma vez que todos os enrolamentos usados durante a partida estão em série com a fonte.

Enquanto agindo como arranque, a unidade não faz uso prático da sua derivação de campo. Uma fonte de 24 volts e 15500 ampères é geralmente requerida para a partida.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-14 Circuito interno do arranque-gerador.

Quando operando como gerador, os enrolamentos de derivação, compensação e comunicação são usados. O campo "C" é usado somente para propósitos de partida. O campo de derivação é conectado no circuito de controle de tensão convencional para o gerador. Enrolamentos de compensação e comutação (interpolos) suprem a comutação quase sem centelha, de nenhuma carga para carga total.

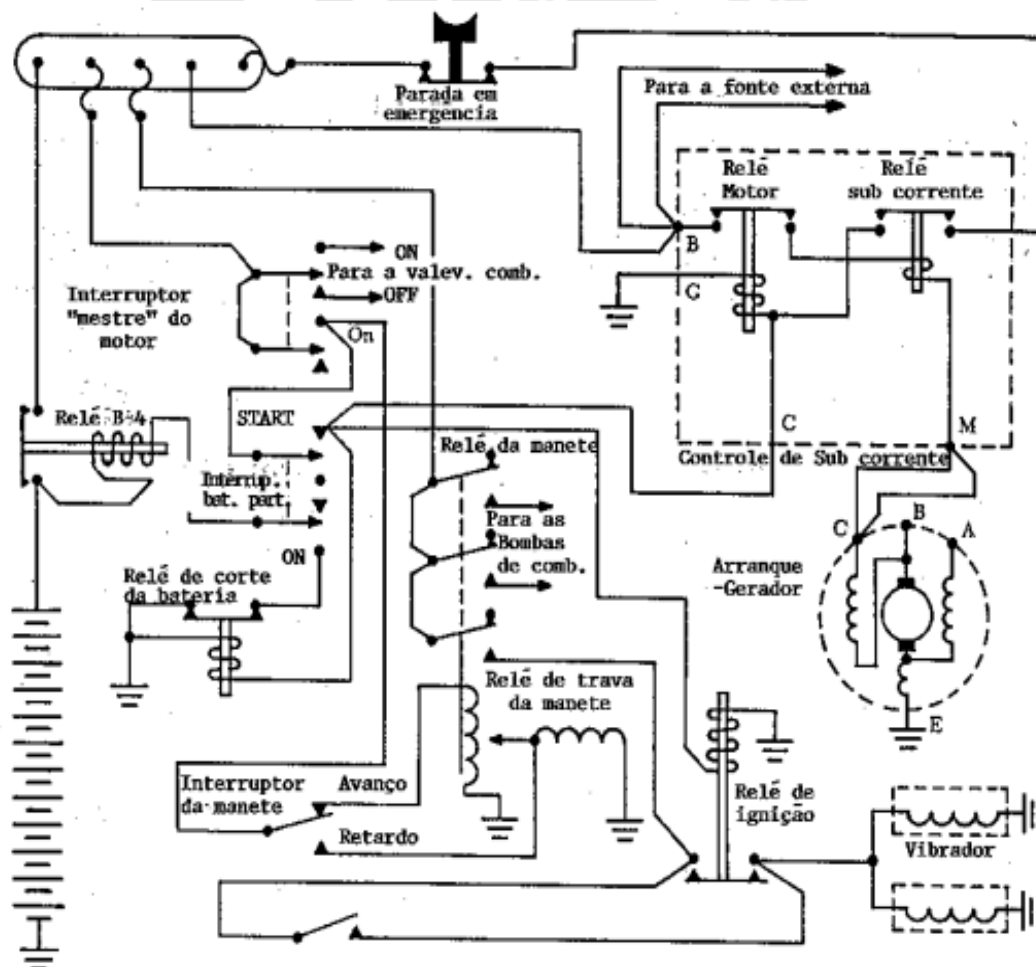
A figura 5-15 ilustra o circuito externo de um arranque-gerador com um controlador de baixa corrente.

Essa unidade controla o arranque gerador quando este é usado. Seu propósito é assegurar ação positiva de arranque e mantê-lo operando até que o motor esteja girando rápido o suficiente para sustentar a combustão.

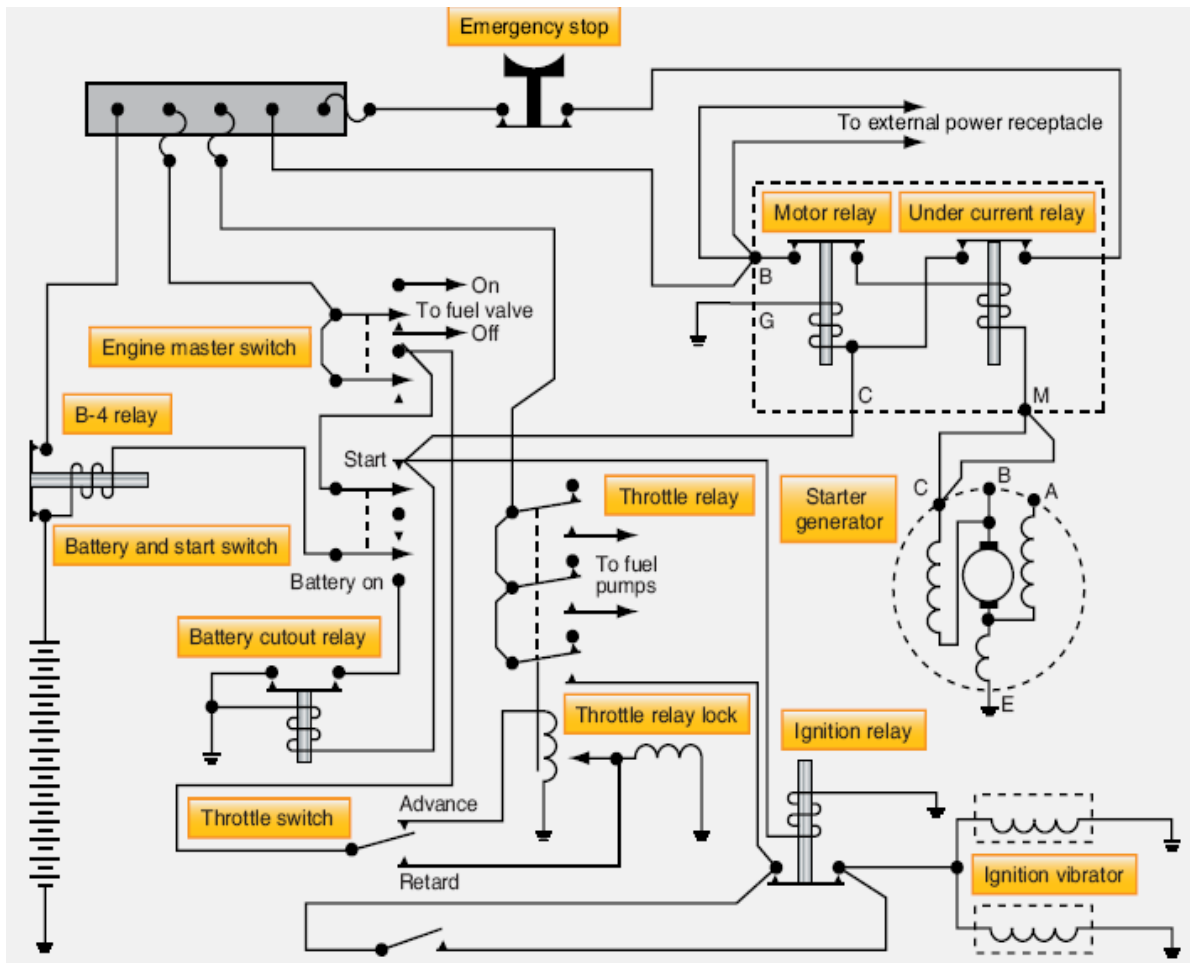
O bloco de controle do controlador de baixa corrente contém dois relés, um é o relé do motor, que controla a entrada para o arranque, o outro é o relé de baixa corrente, que controla a operação do relé do motor.

A sequência de operação para o sistema de partida mostrado na figura 5-15 é discutido nos parágrafos seguintes.

Para dar partida num motor equipado com um relé de baixa corrente, primeiro é necessário desligar a chave mestra do motor. Isto completa o circuito da barra da aeronave para a chave de partida, para as válvulas de combustível e para o relé da manete de potência. Energizando esse relé, as bombas de combustível são acionadas e completando o circuito da válvula de combustível, dá a pressão necessária para a partida do motor.



Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-15 Circuito de motor de arranque-gerador.

Conforme a chave da bateria e de partida é ligada, três relés fecham. Eles são o relé do motor, o da ignição e o de corte da bateria. O relé do motor fecha o circuito da fonte de potência para o motor de arranque, o relé de ignição fecha o circuito da unidade de ignição e o de corte da bateria desconecta a bateria. A abertura do circuito da bateria é necessária devido ao pesado dreno de energia motor de arranque que danificaria a bateria.

O fechamento do relé do motor permite que uma corrente muito alta flua para o motor. Desde que essa corrente flua através da bobina do relé de baixa corrente, ele fecha.

O fechamento do relé de baixa corrente completa um circuito da barra positiva para a bobina do relé do motor de partida, bobina do relé de ignição e bobina do relé de corte da bateria.

A chave de partida está liberada para retornar à sua posição normal "desligada" e todas as unidades continuam a operar.

Conforme a velocidade do motor se desenvolve, o dreno de corrente começa a diminuir e ao atingir menos de 200 ampères o relé de baixa corrente abre. Isto abre o circuito da barra positiva para as bobinas dos relés do motor, ignição e corte da bateria. A desenergização das bobinas dos relés faz parar a operação de partida.

Depois que os procedimentos descritos estiverem completos, o motor está operando eficientemente e a ignição é autossustentada. Se o motor falhar para atingir a velocidade suficiente, interrompendo a operação de partida, a chave de parada pode ser usada para abrir o circuito da barra positiva para os contatos principais do relé de baixa corrente.

Numa instalação típica de aeronave, um arranque-gerador é montado na caixa de acessórios do motor.

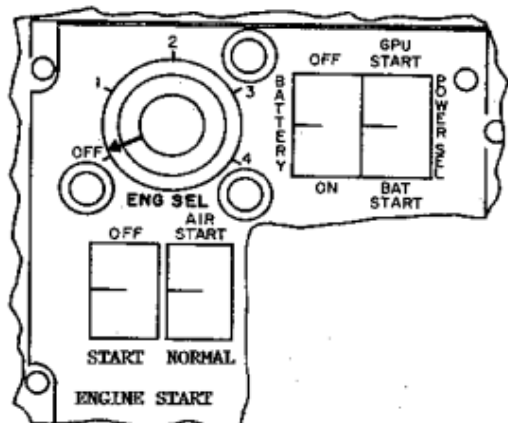
Durante a partida, a unidade do arranque-gerador funciona como um motor de partida C.C. até que o motor tenha chegado a uma velocidade pré-determinada de auto sustentação. Aviões equipados com duas baterias de 24 volts podem suprir a carga elétrica requerida pela operação das baterias em configuração.

A descrição seguinte do procedimento de partida usado num avião turbojato de 4 motores, equipado com uma unidade de arranque gerador, é típico da maioria dos sistemas de partida de arranque-gerador.

A potência de partida, que só pode ser aplicada a um arranque-gerador por vez, está conectada a um terminal de seleção do arranque-gerador através de um relé de partida correspondente. A partida do motor é controlada por um painel.

Um painel de partida típico (figura 516) contém as seguintes chaves: chave seletora do motor, seletora de potência, de partida em voo e uma chave de partida. A chave seletora do motor mostrada na figura 5-16 tem cinco posições ("1", "2", "3", "4" e "OFF"), e é girada para a posição correspondente ao motor a ser acionado. A chave seletora de energia é usada para selecionar o circuito elétrico aplicável da fonte de externa (unidade auxiliar de energia ou bateria) que está sendo usada. A chave de partida em voo, quando colocada na posição "NORMAL", arma o circuito de partida no solo.

Quando colocada na posição "AIRSTART", os ignitores podem ser energizados independentemente da chave de ignição do manete. A chave de partida, quando na posição "START", completa o circuito para o arranque gerador do motor selecionado para a partida e causa a rotação do motor. O painel de partida do motor, mostrado também, inclui uma chave de bateria.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-16 Painel de partida do motor.

Quando um motor de partida é selecionado com a chave seletora e a chave de partida é mantida na posição "START", o relé de partida correspondente ao motor selecionado é energizado e conecta aquele arranque-gerador do motor à barra de partida. Quando a chave de partida é colocada na posição "START", um relé de travamento de partida é também energizado. Uma vez energizado, o relé provê seu próprio circuito de atuação e permanece energizado, provendo circuitos fechados para as funções de partida.

Durante a partida no solo, o relé de alívio temporário de sobre voltagem para cada arranque-gerador selecionado, é energizado através de circuitos de controle de partida. Quando o relé está energizado, a proteção de sobre voltagem para o arranque-gerador selecionado é suspensa. Um caminho alternativo do regulador de voltagem para o arranque-gerador selecionado é também provido para remover controle e resistência indesejáveis do campo de derivação de partida.

Em algumas aeronaves, uma chave de bateria está instalada no compartimento do receptáculo da fonte externa. Quando a porta é fechada, ativando a chave, os circuitos de controle de partida no solo funcionam somente para partida com a bateria. Quando a porta é aberta, somente partidas com a fonte externa podem ser efetuadas. Um relé em série para a bateria é também uma unidade necessária no sistema de partida. Quando energizado, o relé da bateria conecta duas baterias de 24 volts em série para o barramento de partida, provendo uma voltagem inicial de 48 volts. A grande queda de voltagem, que ocorre na entrega da corrente necessária para a partida, reduz a voltagem em aproximadamente 20 volts. A voltagem aumenta gradualmente, na medida em que a corrente de partida diminui com a aceleração do motor e a voltagem no barramento do arranque.

Eventualmente se aproxima do seu máximo original de 48 volts. Algumas aeronaves multimotoras equipadas com arranque geradores incluem um relé de partida em paralelo no seu sistema de partida.

Logo que os dois primeiros motores de uma aeronave de 04 motores tenham girado, o fluxo de corrente para partida dos dois últimos motores passa através de um relé de partida em paralelo.

<b>PROBLEMA</b>	<b>ISOLANDO O PROBLEMA</b>	<b>AÇÃO CORRETIVA</b>
<b>O MOTOR DA AERONAVE NÃO GIRA DURANTE A TENTATIVA DE PARTIDA:</b>		
Baixo suprimento de voltagem para o arranque	Verificar a voltagem da bateria ou da fonte externa	Ajustar a voltagem da fonte externa ou das baterias
Chave de força defeituosa	Verificar a continuidade do interruptor	Substituir a chave
Interruptor do quadrante da manete	Verificar a continuidade do interruptor	Substituir o interruptor
Relé de travamento (lockout) energizado	Verificar a posição da chave de controle do gerador	Colocar a chave na posição "OFF"
Relé em série da bateria está defeituoso	Com o circuito de partida energizado, verificar se através da bobina do relé em série da bateria, acusa 48 V C.C.	Substituir o relé se não houver voltagem
O relé de partida está defeituoso	Com o circuito de partida energizado, verificar se através da bobina do relé de partida cruzam 48 V C.C.	Substituir o relé se não houver voltagem
Defeito no motor de arranque	Com o circuito de partida energizado, verificar se a voltagem adequada chega ao arranque	Se houver voltagem, substituir o arranque
Defeito no relé de travamento ligado (lock-in)	Com o circuito de partida energizado, verificar se através da bobina do relé cruzam 28 V C.C.	Substituir o relé se não houver voltagem
Eixo de acionamento do arranque de um componente da caixa de engrenagens está cisalhado	Ouvir o som do arranque durante a tentativa de partida. Se o arranque gira e o motor da aeronave não, o eixo está cisalhado.	Substituir o motor da aeronave
<b>O MOTOR DA AERONAVE DÁ PARTIDA, MAS NÃO ACELERA PARA A MARCHA LENTA:</b>		
Arranque com voltagem insuficiente	Testar a voltagem terminal do arranque	Utilizar uma fonte externa de maior potência ou aumentar a carga da bateria
<b>O MOTOR DA AERONAVE FALHA NA PARTIDA QUANDO A MANETE É COLOCADA EM MARCHA LENTA (IDLE):</b>		
Sistema de ignição com defeito	Ligar o sistema e ouvir se os acendedores estão operando	Limpar ou substituir os acendedores ou substituir os excitadores ou a fiação para os acendedores

Tabela 7 - Procedimentos para pesquisa de problemas no sistema de partida Arranque-gerador. Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Quando se parte os dois primeiros motores, o requerimento de potência necessário para a partida conecta as duas baterias em série. Assim que os geradores de dois ou mais motores estejam provendo energia, a energia combinada das duas baterias em série não é mais necessária. Quando o relé de partida em paralelo é energizado, o circuito da bateria é trocado de série para paralelo.

Para dar a partida num motor com as baterias do avião, a chave de partida é colocada na posição "START" (Figura 5-16). Isto completa um circuito através de um disjuntor, da chave de ignição da manete e da chave seletora do motor, para energizar o relé de travamento na posição ligada (lock-in). A energia então, tem um caminho da chave do arranque através da posição "BAT START" da chave seletora de energia, para energizar o relé de baterias em série, pois ele conecta as baterias do avião em série com a barra de partida.

Energizando o relé do arranque do motor N° 1, direciona-se energia da barra de partida para o arranque-gerador N° 1, que então gira o motor.

Ao mesmo tempo em que as baterias são conectadas para a barra de partida, a energia é direcionada para a barra apropriada pela chave de ignição da manete. O sistema de ignição é conectado para a barra de partida através de um relé de sobre voltagem, que não se torna energizado até que o motor comece a acelerar e a voltagem da barra de partida chegue a cerca de 30 volts. Conforme o motor é girado pelo arranque, a aproximadamente 10% de r.p.m., a manete é avançada para a posição "IDLE" (Marcha Lenta). Esta ação atua sobre a chave de ignição da manete, energizando o relé do ignitor. Quando o relé do ignitor é fechado, a energia é provida para excitar os ignitores e inflamar o motor.

Quando o motor chega entre 25 a 30% de r.p.m., a chave de partida é liberada para a posição "OFF".

Isto remove os circuitos de ignição e partida do ciclo de partida do motor, que então acelera sob sua própria potência.

### **Pesquisa de Panes do Sistema de Partida Arranque-Gerador**

Os procedimentos listados na tabela 7 são típicos daqueles usados para reparo de mau funcionamento no sistema de partida arranque gerador, similar ao sistema descrito nesta seção. Esses procedimentos são apresentados como um guia. As instruções apropriadas

dos fabricantes e as diretivas aprovadas de manutenção devem sempre ser consultadas para a aeronave envolvida.

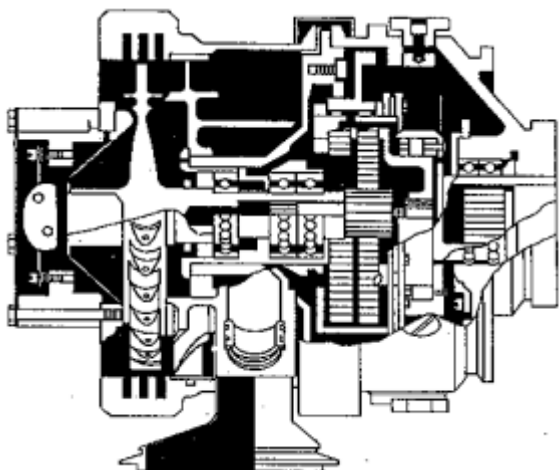
## **2.2 MOTOR DE PARTIDA DE TURBINA A AR**

Os arranques de turbina a ar são projetados para proverem alto torque na partida de uma fonte pequena e de peso leve. O arranque de turbina a ar típico pesa de um quarto a metade de um arranque elétrico, capaz de dar partida no mesmo motor. Ele é capaz de desenvolver duas vezes o torque de um arranque elétrico. O arranque de turbina a ar típico consiste em uma turbina de fluxo axial, que gira um acoplamento de acionamento através de um trem de engrenagens de redução e um mecanismo de embreagens de partida. O ar, para operar um arranque de turbina a ar, é suprido tanto de um compressor operado no solo ou ar sangrado de outro motor. Garrafas auxiliares de ar comprimido estão disponíveis em algumas aeronaves para operar o arranque de turbina a ar.

A figura 5-17 é uma vista em corte de um arranque de turbina a ar. O arranque é operado pela introdução de pressão e volume suficientes de ar na entrada do arranque. O ar passa por dentro do alojamento da turbina do arranque, onde é direcionado contra as lâminas do rotor pelas aletas do bocal, ocasionando a rotação do rotor da turbina. Conforme o rotor gira, ele aciona o trem de engrenagens de redução e o arranjo de embreagens, que inclui o pinhão do rotor, engrenagens planetárias e de suporte, conjunto de embreagens de escora, conjunto do eixo de saída e acoplamento de acionamento.

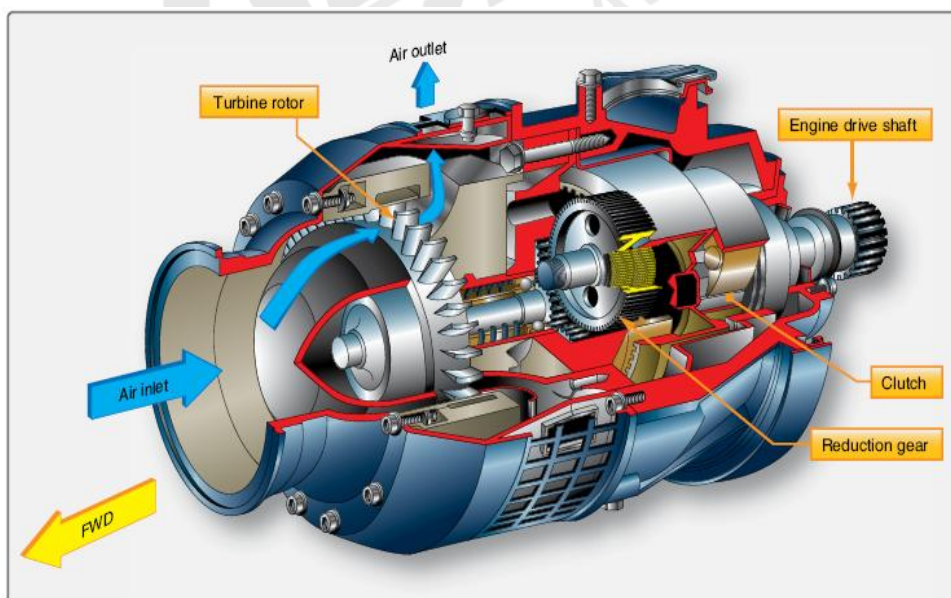
O conjunto de embreagens de escora acopla automaticamente assim que o rotor começa a girar, mas desacopla logo que o conjunto de acionamento gira mais rapidamente que o lado do rotor. Quando o arranque alcança esta velocidade, a ação da embreagem de escora permite que o trem de engrenagem gire livre até parar. O conjunto do eixo de saída e o acoplamento de acionamento continuam a girar enquanto o motor estiver girando.

Um atuador da chave do rotor, montado no cubo do rotor da turbina, está programado para abrir a chave quando o arranque alcançar a velocidade desta. A abertura da chave da turbina interrompe o sinal elétrico para a válvula reguladora de pressão. Isto fecha a válvula e corta o suprimento de ar para o arranque.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-17 Corte de um motor de partida à turbina de ar.



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura: Corte de um motor de partida à turbina de ar.



*Fonte: Ricardo Garcia*

Figura: Motor de partida pneumático motor a reação montado na caixa de acessórios.

O alojamento da turbina contém o rotor da turbina, o atuador da chave do rotor e os componentes dos bocais que direcionam o ar de entrada contra as palhetas do rotor.

O alojamento da turbina incorpora um anel de contenção do rotor da turbina, projetado para dissipar a energia dos fragmentos das palhetas e direcionar suas descargas a baixas energias para os dutos de escape, no caso de falha do rotor devido a excessiva velocidade da turbina.

O alojamento da turbina contém as engrenagens de redução, componentes da embreagem e o acoplamento de acionamento. O alojamento da transmissão também possui um reservatório de óleo lubrificante.

O óleo é acrescentado ao cárter do alojamento da transmissão através de um bocal na parte superior do arranque. Esse bocal é fechado por uma tampa ventilada, contendo uma válvula de esfera que permite que o cárter seja ventilado para a atmosfera durante o voo normal e evita perda de óleo durante o voo invertido.

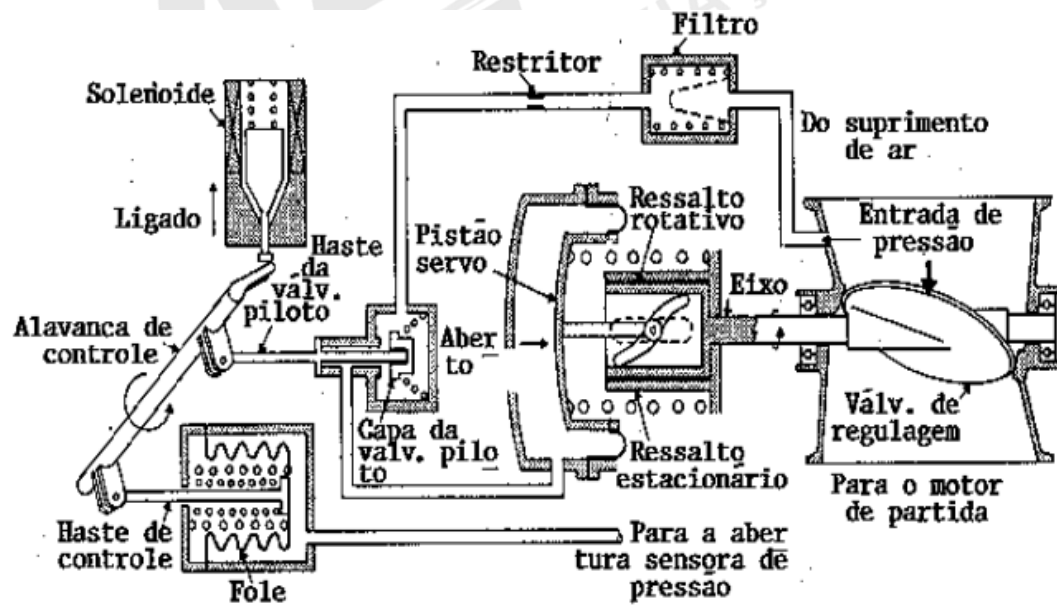
O alojamento também incorpora dois orifícios de verificação do nível de óleo. Uma tampa magnética na abertura do dreno da transmissão atrai qualquer partícula ferrosa que possa estar no óleo.

O alojamento da engrenagem anel, que é interno, contém o conjunto do rotor. O alojamento da chave contém a chave da turbina e o conjunto de ferragens.

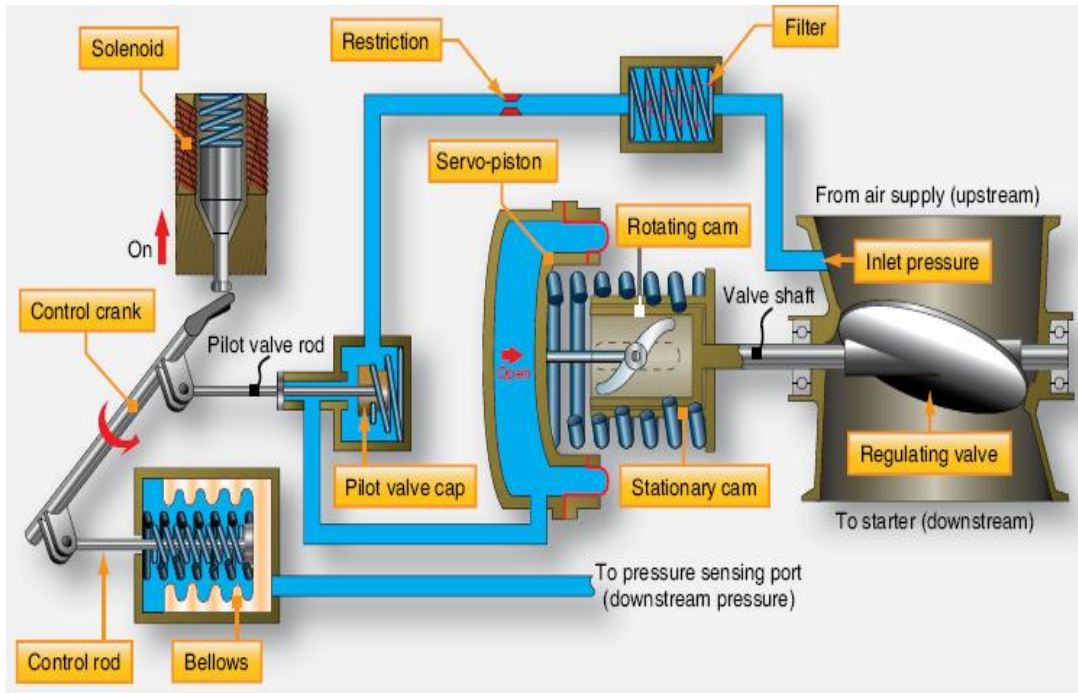
Para facilitar a instalação e remoção do arranque, um adaptador de montagem está aparafusado no bloco de montagem do motor.

Braçadeiras de desengate rápido juntam o arranque ao adaptador de montagem e ao duto de entrada.

Então, o arranque é facilmente removido para manutenção ou revisão, desconectando a linha elétrica, afrouxando-se as braçadeiras e, cuidadosamente, removendo o acoplamento de acionamento do arranque do motor conforme este seja retirado máxima disponível do arranque for alcançada.

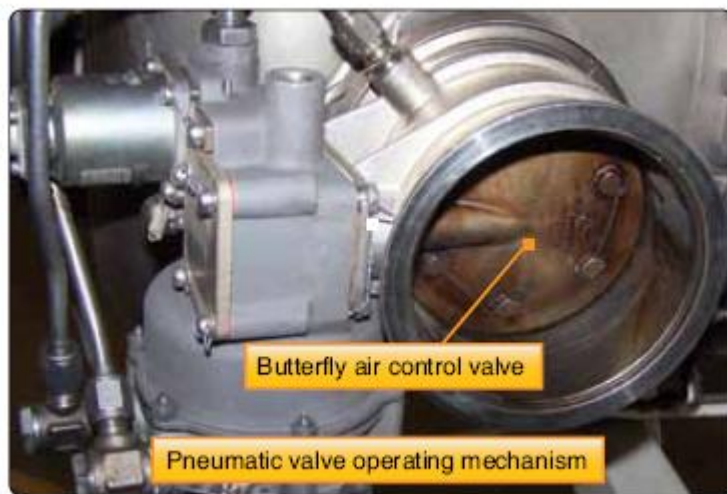


Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-18 Válvula de corte e de regulação da pressão na posição "aberta".



Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura: Válvula de corte e de regulação da pressão na posição.

O arranque de turbina a ar, mostrado na figura 5-17, é utilizado para acionar grandes motores de turbina a gás. O arranque é montado no bloco do motor e seu eixo de acionamento é conectado por hastes mecânicas ao compressor do motor. Ar vindo de uma

fonte disponível, como uma unidade operada no solo ou compressor de ar, é utilizado para operar o arranque.

O ar é direcionado através de uma combinação de pressão regulada e válvula de corte no duto de entrada do arranque.

Essa válvula regula a pressão do ar de operação do arranque e corta o suprimento de ar quando a velocidade. O conjunto da válvula reguladora consiste de um corpo de válvula, contendo uma válvula tipo borboleta (figura 5-18).

O eixo da válvula borboleta é conectado através de um arranjo de cames para o pistão de um servo. Quando o pistão é atuado, seu movimento sobre o came causa a rotação da válvula borboleta.

A inclinação do ressalto foi projetada para prover pequenos passeios iniciais e elevados torques, quando o arranque é atuado. A inclinação do ressalto também provê ação mais estável pelo aumento do tempo de abertura da válvula.

O conjunto de controle está montado sobre o alojamento da válvula, e consiste de um alojamento de controle onde o solenoide é usado para parar a ação do controle da haste na posição "OFF" (Figura 5-18).

A haste de controle é ligada a uma válvula piloto, que mede a pressão para o pistão servo e aos foles conectados por uma linha de ar à entrada sensitiva de pressão no arranque.

Ligando-se a chave do arranque, energiza-se o solenoide da válvula. O solenoide retrai e permite que o controle de acionamento gire para a posição "OPEN". O controle de acionamento é girado pela mola da haste de controle, movendo-a contra o terminal dos foles. Como a válvula reguladora está fechada e a pressão a jusante é desprezível, os foles podem ser estendidos totalmente pelas molas.

Conforme o controle de acionamento gira para a posição aberta, a haste da válvula piloto abre, permitindo ar a montante, que é suprido para a válvula piloto através de um filtro e uma restrição no alojamento, para fluir para o interior da câmara do pistão servo.

O lado de dreno da válvula piloto, que sangra a câmara do servo para a atmosfera, é agora fechado pela haste da válvula piloto e o pistão servo move-se para dentro (Figura 5-18).

Esse movimento linear do pistão do servo é transformado em movimento de rotação do eixo da válvula pela rotação do came, abrindo então a válvula reguladora.

Conforme a válvula abre, a pressão a jusante aumenta. Essa pressão é sangrada de volta para os foles através da linha sensitiva, comprimindo-os. Esta ação move a haste de

controle, girando o controle de acionamento e movendo a haste da válvula piloto gradualmente na direção da câmara do servo, para escapar para a atmosfera (Figura 5-18).

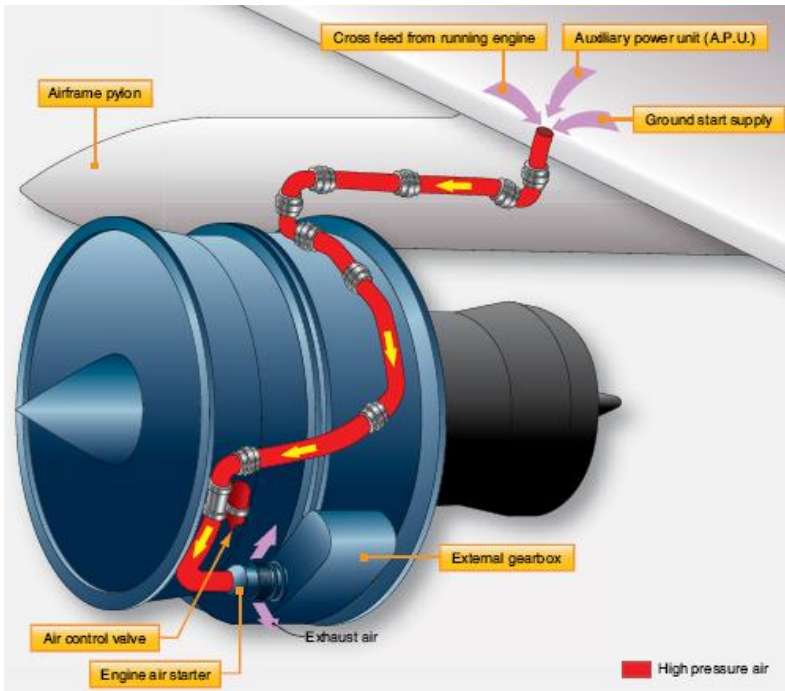
Quando a pressão a jusante (regulada) alcança um valor pré-determinado, a quantidade de ar fluindo no interior do servo através da restrição equaliza a quantidade de ar sendo sangrada para a atmosfera, através do servo e do sistema que está em estado de equilíbrio.

Quando a válvula está aberta, o ar regulado passando através da entrada do alojamento do arranque colide com a turbina causando a rotação.

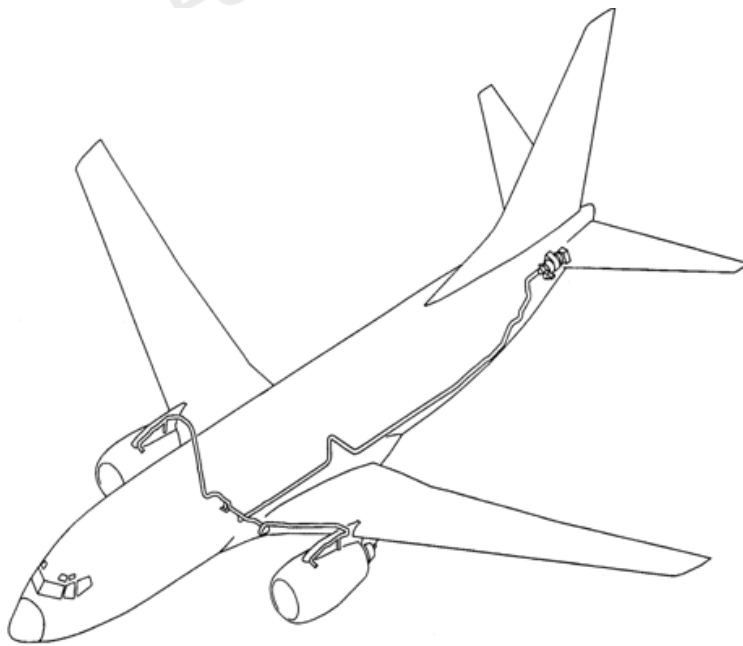
Conforme a turbina gira, o trem de engrenagem é ativado e a engrenagem da embreagem interna que é rosqueada a um parafuso helicoidal, move-se para frente conforme este gira e seus dentes acoplam aqueles da engrenagem da embreagem externa, para acionar o eixo de saída do arranque. A embreagem é do tipo "overrunning" para facilitar o acoplamento positivo e minimizar trepidações. Quando a velocidade de partida é alcançada, um jogo de contrapesos em uma chave de corte centrífuga atua um pistão que corta o circuito de aterramento do solenoide. Quando o circuito de aterramento é quebrado e o solenoide é desenergizado, a válvula piloto é forçada a voltar para a posição "OFF", abrindo a câmara do servo para a atmosfera (ver figura 5-19). Esta ação permite que a mola do atuador mova a válvula reguladora para a posição "CLOSED". Para manter um vazamento mínimo na posição "OFF", a válvula piloto incorpora uma cobertura interna, que sela a pressão a montante para o servo e a passagem de ar sangrado para a câmara do servo.

Quando o ar para o arranque é cortado, a engrenagem da embreagem externa acionada pelo motor começará a girar mais rápido do que a engrenagem da embreagem interna e a engrenagem da embreagem interna, atuada pela mola de retorno, desacoplará a engrenagem da embreagem externa, permitindo ao rotor girar livre até parar. O eixo da embreagem externa continuará a girar com o motor.

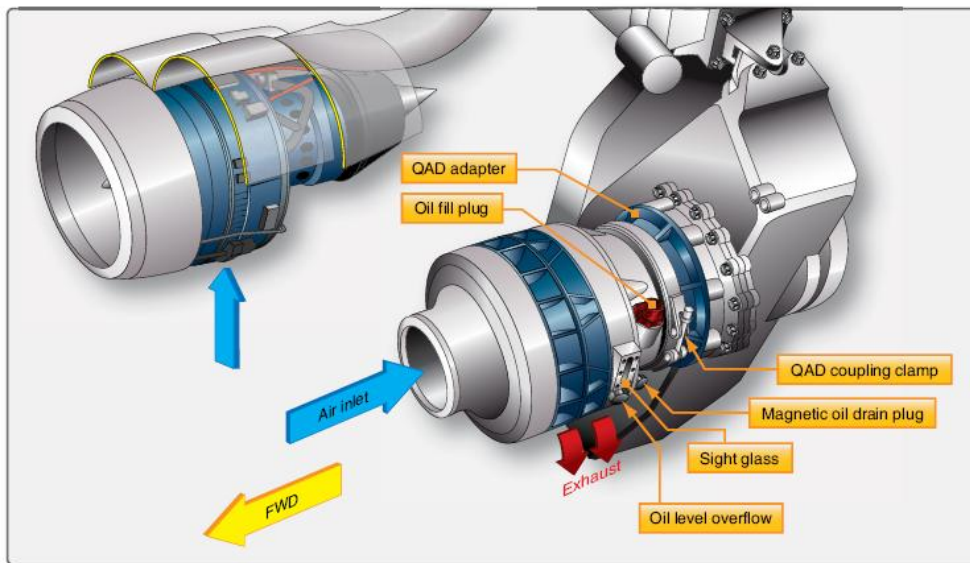




Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)



Fonte: [www.boeing.com](http://www.boeing.com)

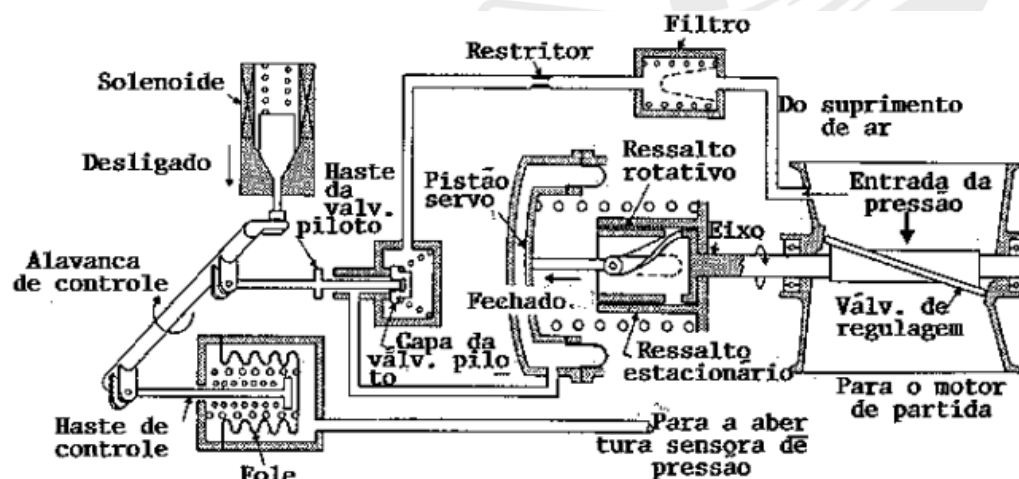


Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

### Guia de Pesquisa de Panes do Arranque de Turbina a Ar

Os procedimentos de pesquisa de panes listados na tabela 8 são aplicáveis aos sistemas de partida à turbina a ar, equipados com uma combinação de válvula reguladora de pressão e válvula de corte.

Estes procedimentos devem ser usados como guia, não tendo a intenção de substituir as instruções do fabricante.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-19 Válvula de corte e de regulação da pressão na posição "fechada".

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSA PROVÁVEL</b>	<b>AÇÃO CORRETIVA</b>
Arranque não gira	Sem suprimento de ar	Verificar o suprimento de ar
	Circuito elétrico aberto na chave de corte	Verificar a continuidade da chave. Se não houver, remover o arranque e ajustar ou trocar a chave.
	Acoplamento do arranque cisalhado	Remover o arranque e substituir o acoplamento
	Defeito interno do arranque	Remover e substituir o arranque
Arranque não acelera para a velocidade normal de corte	Pouco suprimento de ar	Verificar a pressão da fonte de ar
	Chave de corte de arranque desregulada	Ajustar o rotor atuador da chave
	Válvula regulada para pressão muito baixa	Substituir a válvula
	Defeito interno do arranque	Remover e substituir o arranque
Vazamento externo de óleo	Nível de óleo muito alto	Drenar o óleo e reabastecer como previsto
	Conexões de ventilação do filtro de óleo ou do plugue magnético frouxas	Apertar o plugue magnético para o torque previsto. Apertar e frenar as conexões de ventilação e do filtro de óleo
O arranque gira sem acionar o motor da aeronave	Conjunto de união com braçadeiras frouxas	Apertar a braçadeira para o torque adequado
	Acoplamento do arranque cisalhado	Remover o arranque e substituir o acoplamento. Se persistir a quebra do acoplamento em um período relativamente curto, substituir o arranque
A admissão do arranque não se alinha com o duto de suprimento	Instalação imprópria do arranque no motor ou adaptação inadequada para o arranque	Verificar a instalação e/ou adequação de acordo com as instruções de instalação do fabricante e a posição da adaptação específica da aeronave
Partículas metálicas no plugue do dreno magnético	Partículas diminutas como pó indicam desgaste normal	Nenhuma ação é necessária
	Partículas mais grossas do que pó, como lascas, limalhas, etc, indicando problemas internos	Remover e substituir o arranque
Aletas orientadoras quebradas	Grandes partículas estranhas no suprimento de ar	Remover e substituir o arranque e verificar o filtro de suprimento de ar
Vazamento de óleo do conjunto de ventilação	Instalação inadequada do arranque	Verificar o alinhamento das conexões de óleo e fazer as correções de acordo com as instruções do fabricante
Vazamento de óleo no conjunto de acionamento	Vazamento no conjunto de vedação traseiro	Remover e substituir o arranque

Tabela 8 - Procedimento para pesquisa de problemas no sistema de partida dos motores de partida (arranque) de turbina a ar. Fonte: IAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

## Arranques de Cartucho de Motores à Turbina

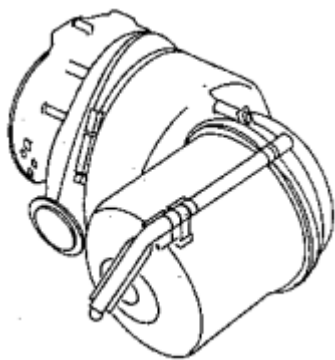
O arranque de cartucho de motores à turbina, algumas vezes chamados de sólido propelente, é usado em alguns grandes motores à turbina. Ele é similar em operação ao arranque de turbina a ar, mas deve ser construído para suportar altas temperaturas resultantes da queima da carga do propelente sólido para suprir a energia para a partida. Proteção é também provida contra as pressões de torque excessivas e sobre velocidade da turbina de partida.

Desde que os arranques de cartucho são similares em operação aos arranques à turbina, alguns fabricantes fazem um arranque de motor à turbina que pode ser operado usando-se gás gerado por um cartucho, ar comprimido de uma carreta de suprimento em terra ou ar sangrado do motor.

Um arranque típico de cartucho/pneumático é descrito em detalhes na próxima seção.

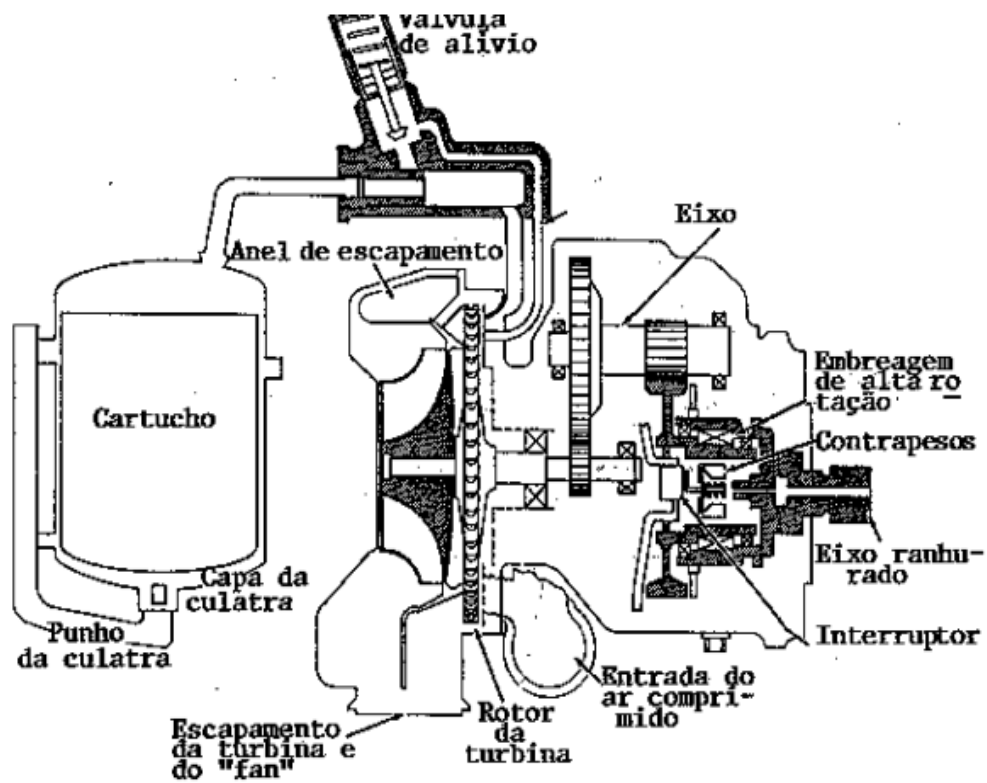
### 2.3 MOTOR DE PARTIDA PNEUMÁTICO/CARTUCHO PARA MOTOR A TURBINA

Um arranque típico pneumático/cartucho de motores a turbina é mostrado na figura 5-20. Este tipo de arranque pode ser operado como um simples arranque de turbina a ar, de um suprimento de ar operado no solo ou de uma fonte de ar sangrado do motor. Ele pode também ser operado como um arranque de cartucho.

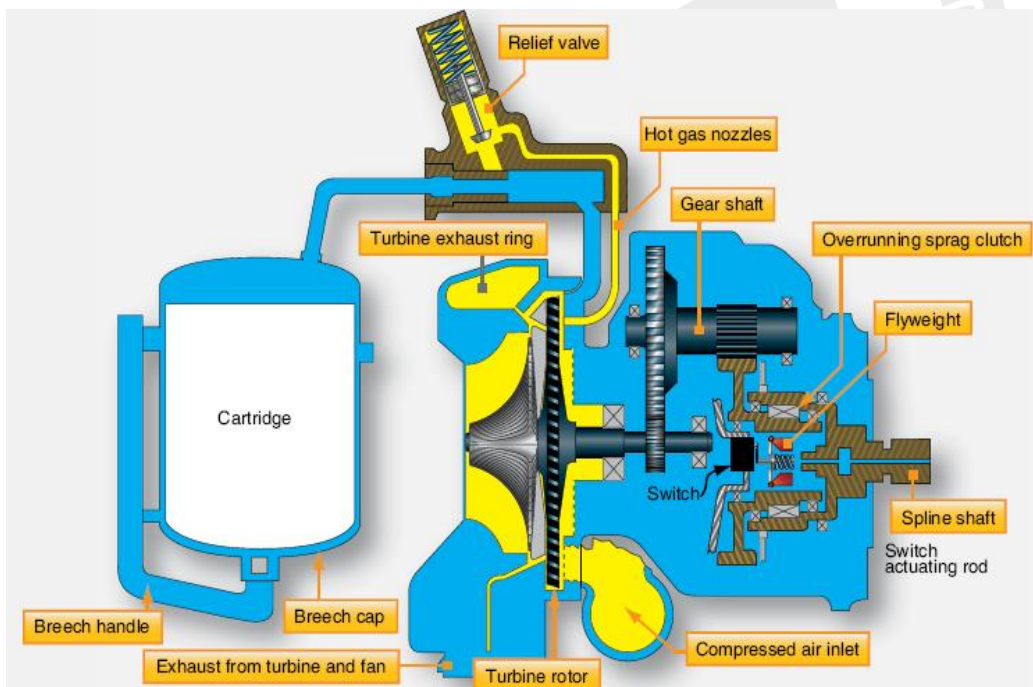


Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-20 Motor de partida pneumática/cartucho.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional



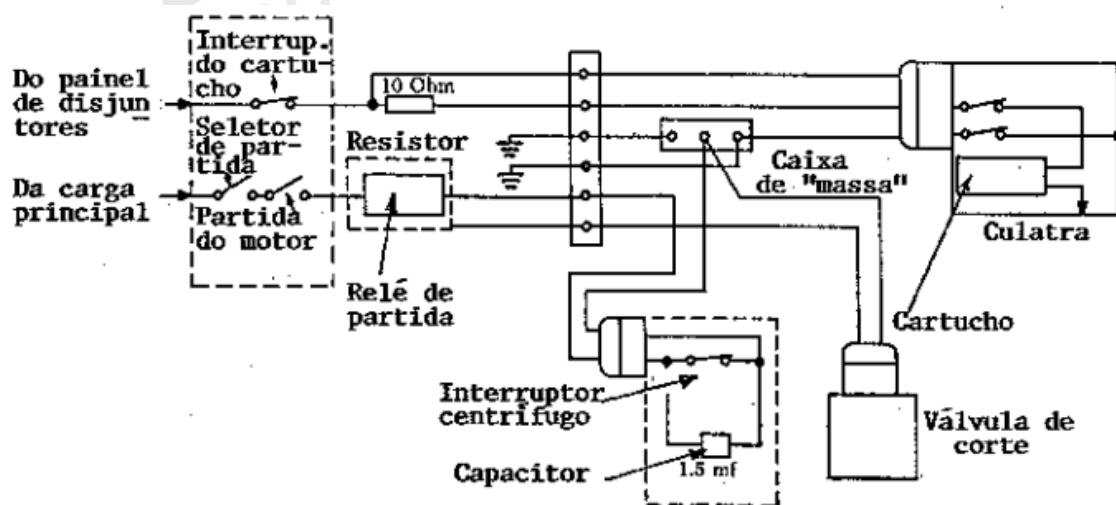
Fonte: Apostila FAA – [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Figura 5-21 Esquema de motor de partida pneumática/cartucho.

Os principais componentes do arranque de cartucho estão ilustrados no diagrama esquemático da figura 5-21.

A referência deste diagrama facilitará o entendimento da discussão seguinte. Para efetuar uma partida deste tipo, um cartucho é primeiro colocado na tampa traseira (culatra). A parte traseira é então fechada sobre a câmara por meio de um punho e girado uma fração de volta para acoplar as orelhas entre as duas seções traseiras.

Esta rotação permite que a seção inferior do punho da culatra caia dentro de uma soquete e complete o circuito de ignição do cartucho. Até que o circuito de ignição esteja completado, é impossível ao cartucho inflamar-se. O cartucho é inflamado pela aplicação de voltagem ao conector do terminal do punho da culatra. Este energiza o contato de isolamento de ignição na entrada da tampa da culatra, que toca um ponto sobre o próprio cartucho. O circuito é completado para a massa por um grampo, uma parte do cartucho que faz contato com a parede interna da tampa da culatra. Um esquema do sistema elétrico de partida cartucho/pneumático é mostrado na figura 5-22.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-22 Esquema elétrico do motor de partida pneumático/cartucho.

Na ignição, o cartucho começa a gerar gás. O gás é forçado para fora da culatra para aquecer os bocais de gás que são direcionados rumo ao êmbolo no rotor da turbina e a rotação é produzida.

Gás emergindo do lado oposto da roda da turbina entra no anel e no duto de exaustão, onde é coletado e enviado para fora do arranque via coletor de descarga. Antes de chegar ao bocal, o gás passa por um condutor de saída para a válvula de alívio.

Essa válvula direciona gás quente para a turbina, fazendo um caminho alternativo ao bocal de gás, conforme a pressão aumenta acima da pressão pré-determinada. Então, a pressão de gás dentro do circuito de gás quente é mantida num ótimo nível.

O arranque cartucho/pneumático também pode ser operado por um compressor de ar de uma fonte no solo, ou por uma sangria de ar do motor conduzido por um duto da aeronave para a entrada de ar do compressor.

O ar passa pelo interior do anel de um bocal e é direcionado contra o êmbolo do rotor da turbina pelas palhetas colocadas ao redor do anel. A rotação é então produzida essencialmente da mesma maneira, como a partida a cartucho. Ar comprimido, deixando o rotor da turbina coletado no mesmo anel de descarga é direcionado para o exterior através do coletor de descarga.

Se a partida for efetuada pelo cartucho ou ar comprimido, alguma força oposta é requerida para manter a velocidade da turbina entre os limites de segurança. Essa força de oposição é fornecida por uma ventoinha de freio aerodinâmico.

A ventoinha é conectada diretamente ao eixo da turbina. Ele é suprido com ar da nacele da aeronave e sua saída é descarregada para fora por um anel de exaustão concêntrico, localizado dentro do anel de descarga da turbina. Gás aquecido ou ar comprimido da descarga e a saída da ventoinha de freio aerodinâmico, são mantidos separados pelo coletor de escapamento para o exterior.

O eixo da engrenagem é parte da redução de dois estágios, que reduz a velocidade máxima da turbina de aproximadamente 60.000 r.p.m. para uma saída de aproximadamente 4.000 r.p.m. A engrenagem maior gira o conjunto do eixo de saída através de uma embreagem. A embreagem está situada na área de saída entre o eixo da engrenagem, sobre o qual a engrenagem de acionamento está localizada e o conjunto do eixo de saída.

A embreagem é do tipo uma via. Seu propósito é evitar que o motor seja acionado pelo arranque após ele operar sob sua própria potência. A natureza da embreagem é que esta possa levar o torque somente em uma direção. Então o membro de acionamento pode operar através da embreagem para entregar o torque total para o motor, pois o membro acionado não pode se tornar o acionador, ainda que voltando na mesma direção. Qualquer tendência para fazê-lo desacoplará a embreagem.

Quando o motor tiver partido e o arranque completado o seu ciclo, somente o conjunto do eixo de saída e a parte externa (acionamento) da embreagem estarão girando. As outras partes do arranque estarão em descanso.

No caso de mau funcionamento ou travamento da embreagem de saída, o motor pode, sem outro dispositivo de segurança, acionar o arranque a uma velocidade acima da projetada "disparo de r.p.m." do rotor da turbina. Para que isto seja evitado, o arranque é projetado com um desacoplamento para o conjunto do eixo de saída.

Esse conjunto consiste de duas molas pré-carregadas, seções ranhuradas presas juntas por um parafuso de tensão. Uma série de dentes da cremalheira engrenam as seções. Se a falha interna causa ou manifesta um torque excessivo no eixo, os dentes da cremalheira tenderão a separar as duas seções do eixo.

A força de separação é suficiente para cisalhar o parafuso de tensão e desacoplar o arranque completamente. Ambos, parafuso de tensão e eixo, cisalham e desacoplam o arranque, se o torque brusco exceder os limites projetados para seção de cisalhamento do eixo.

Durante partidas pneumáticas, um relé corta o ar comprimido quando a saída tiver chegado a uma velocidade pré-determinada. Isto é cumprido por um sensor de velocidade do motor, que monitora a r.p.m. no bloco de montagem do arranque. O sensor é atuado por um par de contrapesos. Nas velocidades abaixo da de corte do motor, a haste de um atuador pressiona contra uma chave.

Conforme o arranque se aproxima da velocidade de corte, uma força centrífuga criada pela rotação do eixo de saída, causa ao par de contrapesos a compressão da mola, levantando a haste do atuador e abrindo a chave.

A velocidade de corte pode ser regulada pelo ajuste do parafuso que controla a pressão sobre a mola.

O motor de partida (arranque) é lubrificado por um sistema de salpique.

Os distribuidores de óleo, presos na pista de saída da embreagem, retiram o óleo da cuba e o distribuem através do interior do arranque, quando as ranhuras giram.

Uma pequena cuba, constituída na carcaça e acoplada a um tubo de óleo, transporta o óleo para a embreagem de ultrapassagem e outras áreas difíceis de serem atingidas. Como a parte em que os distribuidores de óleo estão fixados está constantemente em rotação, sempre que o arranque tiver completado o seu ciclo, a lubrificação continua enquanto o motor da aeronave estiver em operação.

A cuba de óleo contém um plugue magnético para coletar a contaminação do óleo.



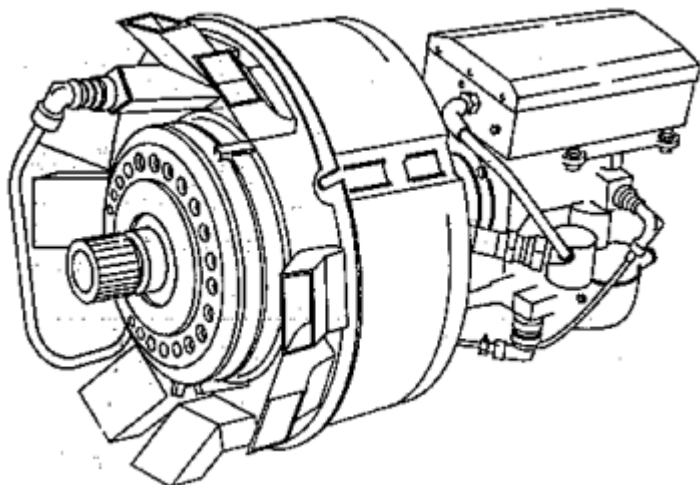
## 2.4 MOTOR DE PARTIDA À COMBUSTÃO DE MISTURA COMBUSTÍVEL/AR

Esse tipo de arranque é usado para partidas, tanto em motores turbojato como turboélice, usando a energia da combustão comum do motor à reação e ar comprimido.

O arranque consiste de uma unidade de força girando a turbina e sistemas auxiliares de combustível, ar e ignição.

A operação deste tipo de arranque é, na maioria das instalações, totalmente automática. A atuação de uma simples chave faz com que o arranque funcione e acelere o motor desde o repouso até a velocidade de corte do arranque.

O arranque a combustão (figura 5-23) é um motor a turbina de gás, que libera a sua potência através de um sistema de engrenagens de redução de alta razão.



Fonte: LAC – Instituto de Aviação Civil – Divisão de Instrução Profissional

Figura 5-23 Motor de partida a combustão de combustível/ar.

O ar comprimido é normalmente estocado em um cilindro a prova de estilhaçamento, próximo à turbina de combustão a gás.

Esse arranque foi desenvolvido inicialmente para aeronaves de transporte para voos curtos. Quando ele está instalado, permite partidas rápidas em terminais onde não existe equipamento de solo para partida.

O uso de cilindros de ar comprimido, para girar diretamente um arranque à turbina convencional, está atualmente substituindo os de combustão de misturas combustível/ar.

Normalmente são fornecidos meios de recarga dos cilindros através de uma unidade auxiliar de solo. Este tipo de sistema permite várias partidas com apenas uma garrafa de ar comprimido.



## Referência Bibliográfica

BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe & Powerplant Mechanics-General Handbook). Edição Revisada 2002.



## Encerrando a Disciplina

Caro aluno,

Aqui encerramos nossa disciplina de Sistemas de Partida do Motor.

Esperamos tenha sido proveitoso e que os conhecimentos adquiridos o auxiliem a alcançar seus objetivos na carreira de mecânico de manutenção de aeronaves.

Lembre-se que a tecnologia é uma ciência dinâmica que nos acrescenta novos conhecimentos, o que requer constante aperfeiçoamento.

Sucesso!

Prof. Ricardo Cesar Garcia