

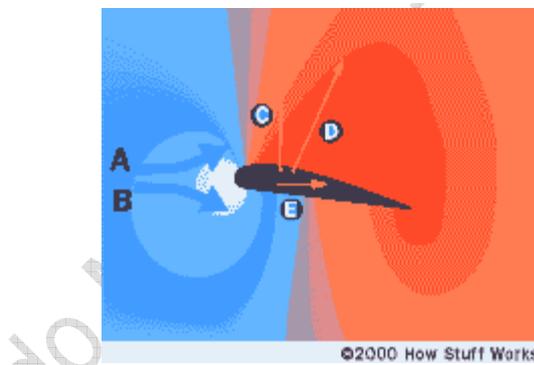
Sustentação

Sustentação é a força aerodinâmica que mantém um avião no ar. Provavelmente é a mais complicada das quatro para explicar sem usar muita matemática. Nos aviões, grande parte da sustentação necessária para manter o avião no ar é criada pelas asas (embora parte seja criada por outras peças da estrutura).

Como a sustentação é criada

Variações de pressão causadas pelo desvio de um fluido em movimento

A sustentação é uma força em uma asa (ou qualquer outro objeto sólido) imersa em um fluido em movimento, e atua de forma perpendicular ao fluxo do fluido (arrasto é a mesma coisa, só que atua paralelamente à direção do fluxo de fluido). A força líquida é criada por diferenças de pressão geradas por variações na velocidade do ar em todos os pontos ao redor da asa. Essas variações de pressão são causadas pela interrupção e pelo desvio do fluxo de ar que passa pela asa. A distribuição de pressão medida em asas tradicionais se assemelha ao seguinte diagrama:



A. o ar aproximando-se da parte superior da asa é comprimido no ar acima dele, conforme se desloca para cima. Assim, visto que a parte superior se curva para baixo e para longe do fluxo de ar, uma área de baixa pressão é desenvolvida - e o ar acima é empurrado para baixo, em direção à traseira da asa;

B. o ar que se aproxima da superfície inferior da asa é retardado, comprimido e redirecionado em um trajeto descendente. Conforme o ar se aproxima da parte traseira da asa, ele acelera e a pressão gradualmente se equipara àquela do ar deslocando-se para cima. Os efeitos totais da

pressão encontrados na parte inferior da asa em geral são menos perceptíveis do que aqueles na parte superior da asa;

C. componente de sustentação;

D. força líquida;

E. componente de arrasto.

Ao adicionar todas as pressões que atuam sobre a asa (por todo o lugar), obtém-se a força absoluta na asa. Parte dessa sustentação vai levantar a asa (**componente de sustentação**) e o restante serve para desacelerar a asa (**componente de arrasto**). Como a quantidade de fluxo de ar desviado pela asa aumenta, as diferenças de velocidade e pressão entre as partes superior e inferior se tornam mais evidentes, aumentando a sustentação. Há muitas maneiras de aumentar a sustentação de uma asa, tal como aumentar o ângulo de ataque ou a velocidade do fluxo de ar

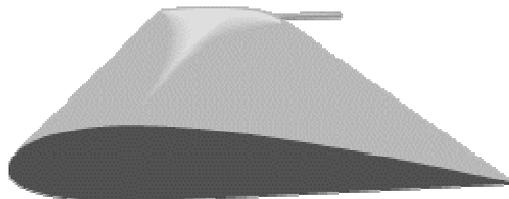
Fatos interessantes sobre asas

Existem fatos interessantes sobre asas que são úteis para entender em detalhes seu funcionamento. O formato da asa, o ângulo de ataque, flaps, hipersustentador, superfícies giratórias e de exaustão são elementos importantes a considerar.

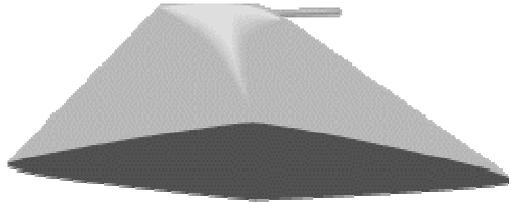
Vamos começar pelo formato da asa.

Formato da asa

O formato de aerofólio "padrão" que explicamos acima não é o único formato para uma asa. Por exemplo, os aviões de acrobacias (aqueles que voam de cabeça para baixo por longos períodos em demonstrações aéreas) e aeronaves supersônicas têm perfis de asa que são um pouco diferentes do esperado:



©2000 How Stuff Works



©2000 How Stuff Works

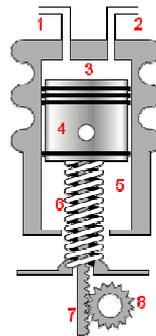
O aerofólio superior é comum para um avião de acrobacias e o aerofólio inferior é comum para caças supersônicos. Observe que ambos são **simétricos**, tanto na parte superior quanto na inferior. Aviões de acrobacias e jatos supersônicos obtêm sua sustentação exclusivamente do ângulo de ataque da asa.

Motor Aeronáutico:

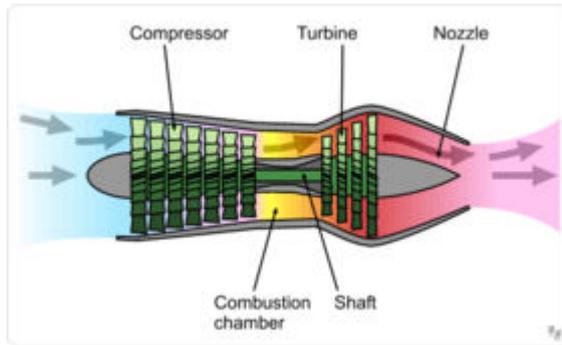
É o equipamento capaz de transformar energia calórica (da queima de combustível) em energia mecânica. Essa combustão ocorre internamente, o que resulta na obtenção de uma grande potência.

Tipos de Motores:

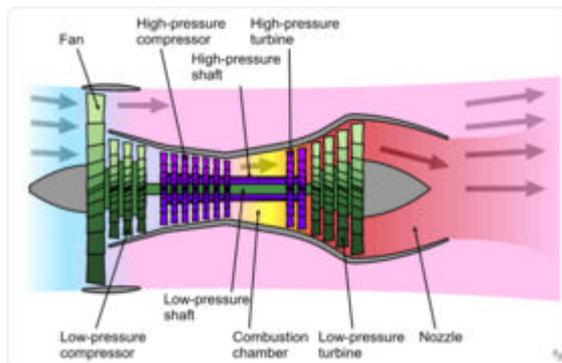
1. *Motor a Pistão*: semelhante a um motor de carro. São os mais empregados em monomotores e bimotores devido à maior economia e eficiência em baixa altitude e velocidade. Ex: T-25 "Universal".



2. *Motor Turbo-Jato*: o ar admitido é impulsionado num fluxo de alta velocidade fazendo girar a turbina. Em baixas velocidades e altitudes é ineficiente e não econômico. Ex: F-5 "Tiger".



3. *Motor Turbo-Fan*: uma parte do ar é impulsionada pelo "FAN" (ventilador), passa pela parte externa do motor e mistura-se com o fluxo de alta temperatura do jato principal. Possui alta força de tração, baixo ruído e é muito econômico. É o mais indicado para aeronaves modernas de alta velocidade. Ex: Embraer EMB-145.



4. *Motor Turbo-Hélice*: é um turbo-jato modificado. Empregado a energia do jato para girar a turbina que aciona a hélice, resultando num conjunto ideal com velocidade intermediária entre os motores a pistão e a reação. Ex: T-27 "Tucano".

Obs.: quando os motores funcionarem associados a hélices, o conjunto receberá o nome de Grupo Moto - Propulsor. No caso dos aviões a jato, as turbinas substituirão as hélices e os motores convencionais.

Principais Partes do Motor de Combustão Interna (Motor a Pistão):

- bateria, câmara de combustão, eixo, manivela, motor de partida, cilindros, caixa de redução, carburador, pistões, hélice, alternador, magneto.

Funcionamento do Motor à Pistão:

- A *bateria* transforma energia química em energia elétrica.
- A energia elétrica aciona o *motor de partida* (starter), cuja função é gerar um pré movimento nos pistões.
 - O *carburador* começa a misturar ar com combustível (15/1) jogando a mistura na *câmara de explosão dos cilindros*.
 - Um *magneto* gera *centelhas* (faíscas) continuamente causando sucessivas explosões na mistura.
 - As explosões fazem com que os pistões se movimentem dentro dos cilindros.
 - O *alternador* (gerador) também entra em funcionamento, passando a suprir às necessidades de energia da aeronave e recarregando as baterias.
 - O movimento dos pistões é transmitido ao *eixo-manivela* (eixo da hélice) por uma haste denominada *biela*.
 - A *caixa de redução* controla o giro do eixo-manivela e conseqüentemente a rotação da hélice.
 - Quando em alta rotação, a hélice "puxa" o ar e movimenta o avião.
 - Para desligar o motor, corta-se a centelha ou o combustível.
 - Em resumo, o funcionamento do motor é dividido em seis fases: admissão, compressão, ignição, tempo motor, expansão e escapamento.

Funcionamento do Motor a Jato ("Turbina"):

- O ar entra na turbina e, ao movimentar *palhetas* de tamanhos diferentes se aquece.
 - Em seguida, passa para o *Compressor*, onde é logicamente comprimido.
 - Depois parte para a *Câmara de Combustão* onde se mistura ao combustível e explode devido à geração contínua de *centelhas* (faíscas).
 - A explosão gera uma pressão (empuxo) que empurra a aeronave para frente.

- Para desligar o motor, é necessário cortar o combustível.

Obs:

1. Devido à maior velocidade gerada pelo motor a jato, foi criado um mecanismo denominado **reverso do motor**, que ajuda a frear a aeronave no pouso.

2. Nos motores a pistão, é empregada **Gasolina de Aviação** e nos motores a jato, **Querosene de Aviação** que é mais puro, mais volátil e possui uma maior octanagem.

Compartilhamento do Piloto:

1. *Nacele*: bastante comum nos aviões militares. Sua visibilidade é maior devido ao fato de ser mais exposta. Entretanto o conforto é menor.

2. *Cabine*: compartimento totalmente lotado na fuselagem. Devido à maior dimensão, é mais confortável que a nacele embora tenha menor visibilidade.

No compartimento do piloto podemos encontrar alguns instrumentos de vôo como:

Altímetro: indica a altitude da aeronave.

Velocímetro: indica a velocidade em relação ao ar.

Variometro: indica a velocidade de subida ou descida, geralmente em pás/min.

Machímetro: indica a velocidade da aeronave em relação a velocidade do som. Ao nível do mar , 1 mach= 1220 km/h.

Tubo de pilot: posicionado na parte exterior da aeronave capta as pressões estática e dinâmica para as leituras de altímetro, velocímetro, variômetro e machímetro.

Metais Aeronáuticos:

Os metais empregados na construção de aeronaves devem possuir as seguintes características:

- *Leveza*: a fim de se obter a melhor performance com um baixo consumo de combustível.

- *Alta Resistência*: a fim de que possa suportar os esforços impostos pelo pouso e decolagem, bem como pelas condições climáticas adversas a grandes altitudes.

- *Maleabilidade*: principalmente nas asas, a fim de que possa amortecer o impacto das rajadas de vento e turbulências às quais o vôo está sujeito.

Falhas Estruturais:

Os componentes estruturais e demais partes metálicas da aeronave estão sujeitos à *fadiga de material*, ou seja, perda de *resistência e maleabilidade* originais. Quando isso ocorre, a peça envolvida deve ser substituída imediatamente sob pena de acidente aeronáutico. Para detectar esse problema, existe o programa de manutenção preventiva, que é determinado número de horas de vôo.

Fuselagem:

Parte destinada ao transporte de carga útil e que recebe a ligação das demais partes. Classifica-se de duas formas distintas:

1. Quanto à Estrutura:

- *Tubular*: formada por tubos de aço soldados. Pode ter ainda cabos de aço esticados para poder suportar esforços de tração. Esse tipo de estrutura é coberto com tela, que funciona apenas como revestimento não resistindo a esforços. É muito empregada em aviões leves. Ex: "Aero Boero".

- *Monocoque*: seu formato aerodinâmico é garantido pelas cavernas. Os esforços recaem sobre elas e sobre o revestimento. Por isso a fuselagem é revestida com chapa de metálica. É empregada em aviões de fuselagem curta. Ex: AT-26 "Xavante".

- *Semi-monocoque*: é semelhante à monocoque porem dividida em seções. Cavernas, longarinas e revestimento suportam os esforços. Em geral, a fuselagem é construída com chapas metálicas. É empregada em aviões de grande porte. Ex: C-130 "Hércules".

2. Quanto ao Comprimento:

- *Curta*. Ex: Cessna 172.
- *Média*. Ex: Fokker 50.
- *Longa*. Ex: Boeing 737.

Cauda ou Empenagem: tem a função de estabilizar o avião, evitando que ele desvie da direção de vôo. É formada de 2 partes:

- Superfície Horizontal: estabilizador horizontal e profundores.
- Superfície Vertical: estabilizador vertical e leme de direção.

Asas

Têm a função de gerar a *Força de Sustentação* necessária ao vôo.

Externamente, há uma nomenclatura específica para cada parte da asa:

- *Bordo de Ataque:* região onde o fluxo de ar se divide para gerar a força de sustentação.
- *Bordo de Fuga:* região onde o fluxo de ar se reencontra após gerar a força de sustentação.
- *Dorso ou Extradorso:* superfície da asa que fica voltada para o céu.
- *Ventre ou Intradorso:* superfície da asa que fica voltada para o solo.
- *Raiz:* parte da asa que se liga à fuselagem.
- *Ponta:* parte da asa mais distante da fuselagem.
- *Envergadura:* distância entre as duas pontas (extremo) de uma asa.

Internamente, sua estrutura é composta de:

- *Longarinas:* vigas que atravessam a asa de ponta a ponta e recebem grandes esforços.
- *Falsas Longarinas:* vigas que não atravessam a asa na sua totalidade, servindo apenas de apoio para determinados comandos, como os ailerons, por exemplo.

- *Nervuras*: elementos que dão formato aerodinâmico às asas e transmitem os esforços do revestimento para as longarinas.
- *Montantes*: elementos que suportam os esforços de compressão.
- *Tirantes*: cabos de aço esticados na diagonal que suportam os esforços de tração.
- *Revestimento*: camada superficial de metal ou tela que cobre a estrutura das asas.
- *Suportes*: estruturas externas que apóiam as asas tipo *parassol*.

Quanto ao formato das asas se classificam:

- Paralela
- Adelgada para frente
- Adelgada para trás
- Retrasada
- Elíptica
- Delta

Trem de pouso

Sistema que apóia o avião no solo, amortece os impactos durante o pouso, freia o avião e permite as manobras de taxiamento no solo. Podendo ser:

Fixo: imóvel, permanecendo sempre pra fora das asas e/ ou fuselagem.

Sendo o pior para a aerodinâmica do avião, pôr ser mais simples de se utilizar.

Retrátil: se recolhe a um compartimento aberto.

Escamoteável: se recolhe a um compartimento fechado. Este traz maior agilidade em manobras e sustentação, pois não causa o arrasto em grande escala dando mais estabilidade ao avião.

Partes de um avião de pequeno porte

Uma aeronave de pequeno porte não possui tantos itens e conjuntos estruturais como um avião de grande porte porem basicamente seus componentes

são básicos: Hélice, spinner, motor, trem de pouso, bordos de ataque, bordos de fuga, asas, tanques, flaps, ailerons, fuselagem, compartimento do piloto, cauda ou empenagem, estabilizador vertical e horizontais, leme de direção profundores.

DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO

A principal característica do helicóptero é poder voar verticalmente ou lentamente próximo ao solo com toda segurança. O helicóptero é sustentado por um ou mais rotores que, grosseiramente, podem ser consideradas como hélices de grandes dimensões girando em torno de um eixo vertical. As dimensões da pá podem variar de 4 a 20 m de comprimento, conforme o porte do helicóptero. Para o correto dimensionamento das pás deve-se atentar para o compromisso existente entre a eficiência aerodinâmica e os inconvenientes da realização de grandes rotores. Quanto maior o rotor, menor é a potência necessária e maior é o peso, o tamanho e as dificuldades de fabricação, etc.

MECANISMO DE ACIONAMENTO DO ROTOR

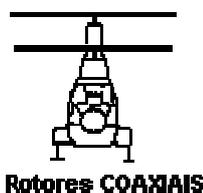
Os rotores para terem um bom rendimento aerodinâmico devem girar lentamente entre 150 a 400RPM, conforme as suas dimensões. Daí a necessidade de instalação de uma caixa de redução suficientemente grande para acioná-los. Além disso, é preciso intercalar no circuito mecânico uma roda livre, importante dispositivo de segurança que permite ao rotor continuar girando em caso de pane do motor. Tal procedimento é chamado **AUTOROTAÇÃO** e possibilita a aeronave o pouso em vôo planado, pois, o rotor é capaz de produzir sustentação girando sob o efeito do vento originário do deslocamento, assim como giram os cata-ventos. E finalmente, é necessário uma embreagem que permita dar partida no motor sem acionar o rotor.

MOTORES

Os primeiros helicópteros utilizavam motores a pistão, grandes e pesados. Os motores à turbina, muito mais apropriados, tiveram progressos decisivos e atualmente são utilizados na maioria dos helicópteros. O "Alouette II" foi o primeiro helicóptero com turbo motor do mundo a ser fabricado em série.

DISPOSITIVO ANTI-TORQUE

Quando é aplicada potência sobre o rotor para girá-lo, constata-se que a fuselagem do helicóptero tende a girar "em torno do rotor" e em sentido contrário - princípio da ação e reação. Para evitar esse efeito é preciso tomar medidas especiais que estabilizem a aeronave em guinada. Diversas fórmulas foram adotadas, como por exemplo utilizar dois rotores girando em sentido contrário, isto neutraliza os torques de reação. Para isso, foram fabricados os modelos com rotores coaxiais, em tandem e lado a lado. Mas a solução mais utilizada, em virtude de sua simplicidade, é a da hélice anti-torque na traseira, chamada, rotor de cauda.



Existe, ainda, um outro processo que permite eliminar a caixa de transmissão e o torque, neste o rotor é acionado por órgãos que criam um empuxo nas pontas das pás. Este empuxo é obtido pela ejeção de ar ou gás na ponta da pá ou por propulsores especiais: pulso-reatores, estato-reatores, etc. Tais sistemas tem a vantagem da simplicidade, mas apresentam baixo rendimento, muito inferior ao dos sistemas de acionamento mecânico, por isso, são pouco utilizados. A "Aerospatiale", no entanto, produziu em série o "Djinn", pequeno helicóptero de reação movido por ejeção de ar comprimido na ponta das pás, de realização e utilização particularmente simples.

COMANDOS DO HELICÓPTERO

Para controlar a sustentação do rotor utiliza-se a alavanca de passo coletivo, acionada pelo piloto com a mão esquerda. Tal alavanca está ligada a um mecanismo que altera o passo das pás do rotor (o passo de uma pá é o ângulo formado no qual ela está calçada em relação ao plano de rotação). Quando o piloto puxa para cima a alavanca de coletivo, o passo aumenta, bem como a sustentação do rotor: o helicóptero tende a subir. Baixando a alavanca de coletivo, o passo e a sustentação diminuem, o helicóptero tende a descer. Esse sistema é análogo ao que controla a tração das hélices de passo variável. Para deslocar o helicóptero, uma solução simples consiste em inclinar o rotor, o que provoca um movimento na direção desejada:

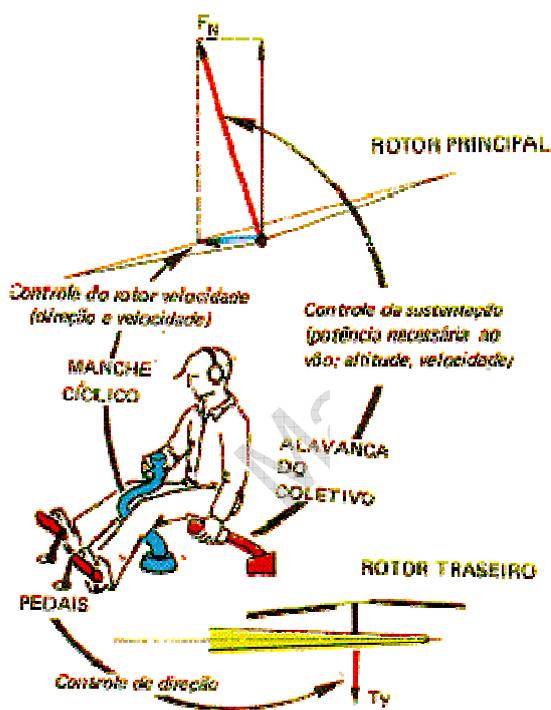
Vôo em translação

O rotor é inclinado para frente, o helicóptero parte para frente e picado. O rotor é inclinado para trás, o helicóptero parte para trás e cabrado.

Vôo lateral

O rotor é inclinado para o lado, o helicóptero parte para o lado e inclinado. Na prática seria muito difícil deslocar como um só bloco o rotor, a caixa de redução e todos os elementos associados, na direção desejada pelo piloto. É por

isso que as pás são fixadas na cabeça do rotor por meio de articulações. Pelo jogo de batimentos verticais a pá pode girar em um plano qualquer em relação ao plano da cabeça. Compreende-se melhor o movimento associando-o ao funcionamento de certos brinquedos dos parques de diversão: pequenos aviões fixados nas extremidades de braços que sobem e descem durante a rotação. Obtém-se o movimento de batimento vertical dando as pás uma variação cíclica de passo, isto é, um passo que varia durante a rotação - os esforços aerodinâmicos resultantes fazem bater ciclicamente as pás, o que orienta seu plano de rotação na direção desejada. Uma outra articulação, dita de arrasto, permite à pá girar com movimento regular, quaisquer que sejam as variações do plano de rotação comandadas pelo piloto.

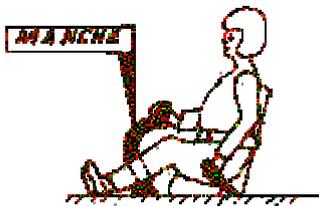


Infelizmente, quando a aeronave se encontra no solo, com rotor girando, as pás tendem a fazer mau uso da liberdade que lhes concede a articulação de arrasto: produzem-se oscilações conjuntas das pás e da aeronave que podem se tornar muito violentas e levar à ruptura ou a capotagem do helicóptero. É a chamada ressonância de solo. A solução é instalar amortecedores nas articulações de arrasto das pás. Nos helicópteros "Alouette" e "Lama", os cabos espaçadores que

interligam as pás contribuem igualmente para evitar esse fenômeno perigoso. O mecanismo que permite variar o passo coletivamente e ciclicamente é geralmente o platô cíclico.

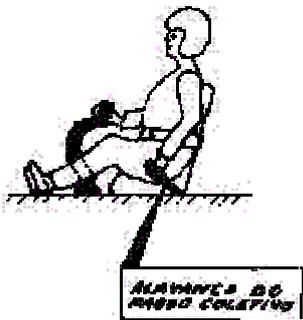
COMANDO CÍCLICO

O manche cíclico produz a variação cíclica do passo, provocando a oscilação do rotor (origem do vetor velocidade) e cuja direção depende da direção do deslocamento do manche. Quando o piloto aciona o manche, ele inclina o platô cíclico no ângulo necessário para a direção de vôo considerada.



COMANDO COLETIVO

A alavanca de coletivo altera uniformemente e simultaneamente o ângulo de passo em todas as pás. Quando o piloto aciona essa alavanca, o platô cíclico desliza sobre o mastro para cima ou para baixo.



VIBRAÇÕES, ESTABILIDADE E RESISTÊNCIA

VIBRAÇÕES

Quando o helicóptero avança a pá encontra, durante sua rotação, condições aerodinâmicas irregulares: para a pá que avança a velocidade relativa do ar é elevada e para a pá que recua a velocidade é mais baixa. Disso resultam vibrações de sustentação que se traduzem por vibrações transmitidas pelas pás ao helicóptero. Por isso, nos helicópteros mais velozes é necessário intercalar uma suspensão entre o rotor e a fuselagem.

ESTABILIDADE DE VÔO

O helicóptero, por estar pendurado em seu rotor, é altamente instável e viraria se o piloto não agisse rapidamente. Por isso a técnica de controle da sua inclinação é uma das particularidades da pilotagem do helicóptero. Nas aeronaves mais modernas pode-se utilizar o piloto automático para melhorar sua estabilidade quando em vôo sem visibilidade (IFR).

RESISTÊNCIA

Os esforços alternados provenientes das pás exigem enormemente dos componentes do helicóptero. É necessário prestar atenção ao fenômeno da ruptura por fadiga que pode ocorrer quando uma peça é submetida a um esforço, mesmo moderado, um grande número de vezes. Isso é válido especialmente para as pás, os elementos da cabeça do rotor e os comandos de vôo. Como os fenômenos de fadiga são difíceis de serem calculados, procede-se em laboratório numerosos testes, medindo-se a fadiga das peças em vôo.

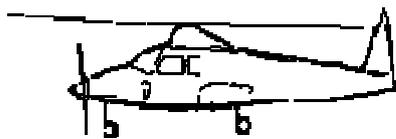
AUTOGIRO

Um tipo de aeronave de asas rotativas que é muito mais simples que o helicóptero. Não possui transmissão de potência ao rotor, que gira em auto rotação sob efeito da velocidade de deslocamento. A potência é transmitida a uma hélice. Esse tipo de aeronave não é capaz de realizar vôo vertical, mas é útil para decolagem e aterrissagens curtas. As poucas aeronaves desse tipo são para fins esportivos.

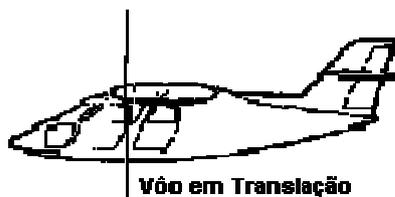


COMBINADO

Em vôo, as pás do rotor encontram irregularidades aerodinâmicas durante sua rotação e isso cria dificuldades, que aumentam com a velocidade. Para atenuar esses fenômenos aerodinâmicos, que limitam a velocidade da aeronave, utiliza-se a instalação de meios auxiliares, asas e hélices, que aliviam o rotor das suas funções de sustentação e tração.



CONVERTIPLANO



O rotor desaparece em cruzeiro: é parado, escamoteado ou inclinado para servir de hélice.

PILOTAGEM

Para pilotagem do helicóptero o piloto deve efetuar as seguintes operações:

Procedimento de partida do motor e antes da decolagem : na partida não há o engrazamento e o rotor não gira, a medida que o motor progressivamente acelera ocorre o engrazamento e a sincronização. Com o passo mínimo, o rotor não produz sustentação e o helicóptero permanece no solo.

Decolagem

O passo é aumentado, lentamente através do comando coletivo, até que o helicóptero levante.

Vôo Pairado e Translação (Taxi)

O helicóptero é naturalmente instável, caso não haja controle efetivo, através do manche (comando cíclico), a aeronave entra rapidamente em movimento de oscilação divergente. Corrigir essa tendência constitui uma das principais dificuldades na pilotagem. Também é necessário que o piloto controle o regime do rotor nas diversas fases do vôo, esforçando-se para manter o regime tão constante quanto possível entre os seguintes limites:

Regime Máximo

Excesso de velocidade do motor e resistência aos esforços centrífugos do rotor.

Regime Mínimo

Potência do motor insuficiente, perda de sustentação e controle, análogo à perda de velocidade em um avião.

Subida e Vôo em Cruzeiro

O helicóptero ganha velocidade com a inclinação do rotor para frente, o helicóptero adquire comportamento semelhante a uma aeronave de asas fixas.

Descida

Pode ser feita com o motor cortado ou em marcha lenta. Graças ao mecanismo de roda livre, o rotor pode girar em regime superior ao do motor.

A entrada em autorotação é a manobra que permite o pouso em caso de pane do motor.

AEROFÓLIO

Qualquer superfície projetada para produzir sustentação e/ou tração quando o ar passa através deste.

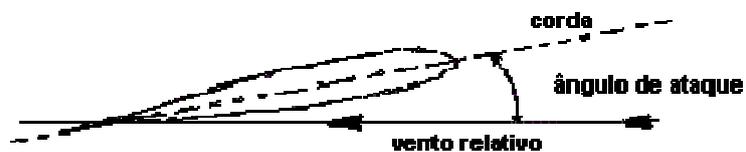
CORDA

Linha reta imaginária entre o bordo de ataque e o bordo de fuga de um aerofólio.

VENTO RELATIVO

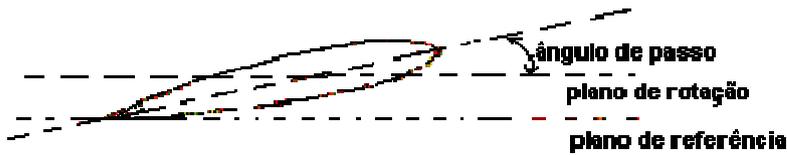
É o resultado do movimento de um aerofólio através do ar, do movimento do ar passando pelo aerofólio ou uma combinação dos dois. O vento relativo é sempre oposto à direção do movimento do aerofólio.

ÂNGULO DE ATAQUE



É o ângulo formado entre a corda e o vento relativo.

ÂNGULO DE PASSO



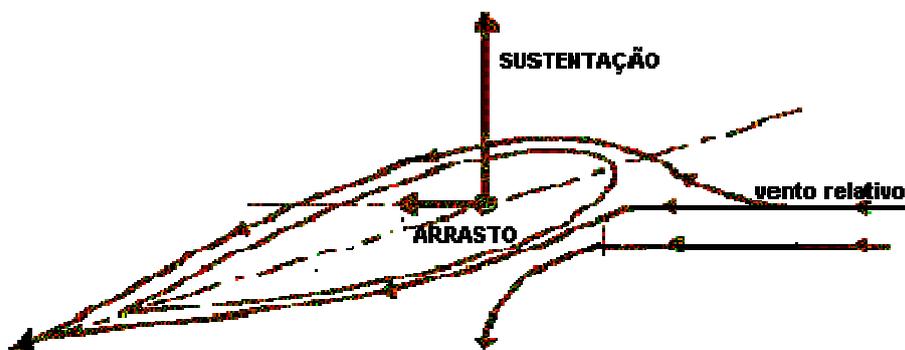
É o ângulo formado entre a corda do aerofólio e o plano determinado pelo centro do rotor principal ou o plano de rotação.

CENTRO DE PRESSÃO

É o ponto no qual a resultante simples de todas as forças aerodinâmicas é aplicada.

SUSTENTAÇÃO

É a força derivada de um aerofólio através do princípio de Bernoulli ou o "Efeito Venturi". Enquanto a velocidade do fluxo de ar aumenta, a pressão diminui. O fluxo de ar que passa sobre o aerofólio com um ângulo de ataque positivo (ou no caso de um aerofólio assimétrico, o ângulo de ataque pode ser levemente negativo) se divide de maneira que uma porção do fluxo de ar passa sobre a superfície superior e uma porção passa sob a superfície inferior. Desde o momento em que o ar sobre a superfície superior deve percorrer uma distância maior, é acelerado para obter uma velocidade maior. Esta velocidade aumentada resulta numa diminuição de pressão. A pressão diferencial resultante entre a superfície superior e inferior é a força de sustentação desenvolvida pelo aerofólio.



ARRASTO

É o componente que contraria o deslocamento do aerofólio. Arrasto ou resistência ao avanço é paralelo e na mesma direção e sentido do vento relativo. O projeto do aerofólio depende muito da relação sustentação/arrasto. Tipicamente, quando a sustentação aumenta, o arrasto também aumenta. Entretanto, esta relação não é necessariamente proporcional.

ESTOL

Quando o ângulo de ataque aumenta, um ponto determinado é alcançado por onde o fluxo de ar sobre a superfície superior não pode mais fluir suavemente devido à grande inversão da direção requerida. Esta perda do fluxo aerodinâmico resulta numa ação de fluxo de ar turbilhonado e um grande aumento no arrasto. O fluxo de ar turbilhonado também causa um aumento de pressão e conseqüentemente, uma elevada diminuição na sustentação. O resultado do estol é um arrasto muito alto e a sustentação muito reduzida.

SUSTENTAÇÃO, ARRASTO E ÂNGULO DE ATAQUE

Enquanto o ângulo de ataque aumenta (até o ângulo de estol), a sustentação gerada pelo aerofólio aumenta. O piloto tem a capacidade de mudar a sustentação mudando o ângulo de passo. Porém, enquanto o ângulo de ataque aumenta, o arrasto do aerofólio também aumenta, e o arrasto determina a necessidade do aumento da potência do motor. É possível que o aerofólio alcance tal ângulo, que produzirá mais arrasto do que a potência do motor possa superar. Nesse caso, produzirá uma queda na rotação (RPM) do rotor principal.

SUSTENTAÇÃO, ARRASTO E VELOCIDADE

Enquanto a velocidade do fluxo de ar sobre o aerofólio aumenta, a sustentação e o arrasto aumentam. Se a RPM do motor permanecer constante, como acontece com a maioria dos helicópteros, a média da velocidade do fluxo de ar permanece

relativamente constante, sem levar em conta a velocidade do ar. Entretanto, os meios primários para a variação da sustentação num sistema de rotor não é por mudança de velocidade, mas por variação do ângulo de ataque.

SUSTENTAÇÃO, ARRASTO E DENSIDADE DO AR

A sustentação é diretamente proporcional à densidade do ar. Enquanto a densidade do ar diminui em função do aumento de temperatura e/ou aumento da altitude pressão, a quantidade de sustentação gerada pelo aerofólio diminui.

Consequentemente, quando a densidade do ar aumenta, o ângulo de ataque deve ser aumentado para gerar a quantidade de sustentação desejada. Desde o momento em que um aumento no ângulo de ataque aumenta o arrasto, pode-se notar que a potência necessária para desenvolver uma quantidade constante de sustentação aumenta quando a densidade do ar diminui.

SUSTENTAÇÃO, PESO, TRAÇÃO, E ARRASTO

O vetor vertical componente da sustentação gerada por um sistema de rotor deve ser igual ao peso do helicóptero para manter o nível de vôo. Quando a sustentação é maior que o peso, a aeronave sobe; e, é claro, quando a sustentação é menor que o peso, a aeronave desce. Dois outros fatores afetam a performance da aeronave: tração e arrasto. Tração é o componente à frente da sustentação do rotor principal e deve ser igual ao arrasto para uma velocidade de cruzeiro. Se a tração excede o arrasto, o resultado é uma aceleração. Inversamente, se a tração é menor, a aeronave desacelera.

TORQUE E ANTI-TORQUE

Não se pode compreender propriamente as características de vôo dos helicópteros sem considerar os fatores do torque, anti-torque e a deriva resultante. Enquanto o rotor principal esta girando numa direção, a fuselagem tende a girar no sentido contrário. Idealmente, dois rotores anti-torque deveriam ser usados para

neutralizar o torque do rotor principal enquanto a tração gerada por um rotor anti-torque não é circular, como é o torque, mas gerado em linha reta. Desde que dois rotores anti-torque são impraticáveis, a tração lateral gerada por um rotor de cauda tende a derivar o helicóptero no sentido dessa tração. Esta deriva é diretamente proporcional à potência solicitada para contrariar o torque do rotor principal. Existem dois métodos geralmente usados para neutralizar a deriva do anti-torque.

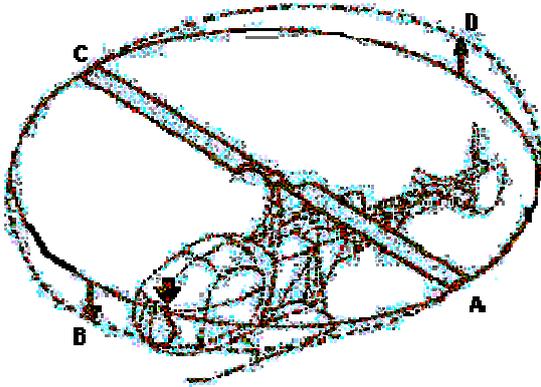
A maioria dos helicópteros americanos tem o mastro do rotor principal levemente inclinado, em oposição ao sentido da deriva. A vantagem dessa concepção é que permite ao helicóptero pairar e voar numa atitude quase nivelada (lateralmente). A maioria dos helicópteros europeus tem o mastro vertical, e permitem a compensação da deriva por maior amplitude do comando cíclico na direção oposta à mesma. A vantagem é a simplicidade, mas os helicópteros tendem a voar com o lado direito levemente baixo. Alguns helicópteros são projetados de modo que um comando no cíclico é automaticamente dado quando o passo coletivo é aumentado. Entretanto, devido a sua complexidade este não é o método normal empregado para neutralizar a deriva.

Devido à ação da assimetria da deriva, a tração anti-torque necessária é levemente reduzida em todos os helicópteros em vôo à frente. Mas, por maior exigência de redução do anti-torque, alguns helicópteros tem uma área de estabilizador vertical relativamente larga, a qual é semelhante ao estabilizador vertical de um avião. Isto poupa efetivamente o rotor anti-torque e reduz a potência necessária ao mesmo, em vôo à frente.

PRECESSÃO GIROSCÓPICA

Quando em rotação, o rotor principal do helicóptero atua como um giroscópio e, como tal, está sujeito às leis naturais de efeito giroscópico. Dessas leis, a mais importante que afeta a operação do helicóptero é a precessão efeito giroscópica. Em consideração a este assunto, pense no rotor principal como um disco sólido ao

invés de pás de rotor individuais.



Quando uma força se aplica em um disco rotativo, o efeito desta força acontece 90° após o ponto de aplicação e na direção de rotação. Através do uso deste princípio, o disco do rotor pode ser inclinado na direção necessária para o controle apropriado. Quando se olha o helicóptero de lado, um movimento cíclico à frente produz o ângulo de passo mínimo no ponto A, e o máximo no ponto C. O deslocamento máximo do disco ou pá, porém, ocorre no ponto B e D onde os ângulos de passo cíclico são neutros. O resultado deste cíclico à frente, então, é a inclinação do disco do rotor e o correspondente pivotamento do helicóptero.

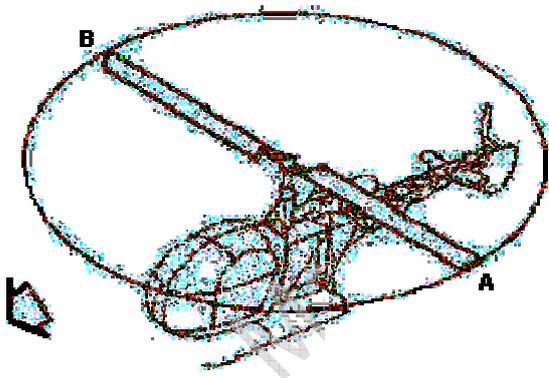
DISSIMETRIA DA SUSTENTAÇÃO

Quando se faz um vôo pairado com vento calmo, a sustentação criada pelas pás do rotor em todas as posições radiais do disco são iguais. A dissimetria de sustentação é criada por vôo horizontal ou por vento durante o vôo pairado. Esta dissimetria resulta de sustentação diferencial desenvolvida pelos avanços e recuos das pás do disco do rotor. Durante o vôo pairado com vento calmo, a velocidade da ponta da pá é aproximadamente 400 MPH em todos os pontos ao redor do plano de rotação. Durante um vôo à frente à 100 MPH a velocidade da ponta das pás quando elas passam através do ponto A é 500 MPH, velocidade da ponta normal mais a velocidade de deslocamento, e no ponto C é de 300 MPH, velocidade da ponta normal menos a velocidade de deslocamento.

Como foi explicado anteriormente, enquanto a velocidade sobre o aerofólio aumenta, a sustentação aumenta. É notável que a menos que algo seja feito com respeito a solucionar este fenômeno, o helicóptero tombará para a direita. Os dois meios primários de igualar a sustentação nos avanços e recuos das pás são: o uso de variação alternada do passo cíclico e batimento das pás.

PASSO CÍCLICO ALTERNADO

Durante a explicação sobre precessão giroscópica, foi chamada a atenção no sentido de que o cíclico à frente diminuía o ângulo de passo na pá que avança (A) e aumentava o ângulo de passo na pá que recua (B). Isto possibilita um meio de controle do helicóptero, além de ajudar na compensação da dissimetria de sustentação em vôo à frente.



BATIMENTO

O batimento das pás do rotor é o resultado de duas forças: sustentação e força centrífuga. Desde que a força centrífuga permaneça essencialmente constante durante o vôo, o ângulo de batimento varia com a quantidade de sustentação gerada pela pá do rotor. Como o helicóptero voa horizontalmente, a pá que avança desenvolve mais sustentação que a pá que recua.



Esta sustentação aumentada faz com que a pá bata para cima. O movimento para cima diminui o ângulo de ataque da pá, o qual, por sua vez, diminui a quantidade de sustentação desenvolvido. Para compreender melhor esta mudança no ângulo de ataque como resultado do batimento, pense num aerofólio com um ângulo de ataque positivo. Se este aerofólio se movimenta rapidamente para cima, a direção do vento relativo muda. Ao invés de atingir o aerofólio em linha reta, agora vindo de cima dá ao aerofólio um ângulo de ataque menor.

EFEITO DE CORIOLIS

A explicação sobre o batimento das pás estaria incompleto sem compreender o Efeito de Coriolis. Enquanto as pás batem para cima desde a perpendicular, o centro de massa da pá se movimenta mais para perto do eixo de rotação. Esta A regula a velocidade rotacional de forma a ficar constante para uma dada RPM. Portanto, se a distância A diminui até a distância B, então, a velocidade de rotação deve aumentar para que o produto se mantenha constante. Naturalmente, o inverso é verdadeiro; enquanto a distância B aumenta, a velocidade de rotação deve diminuir.

Uma articulação vertical é montada na área de fixação próxima do cubo da pá, para permitir movimento em velocidade por avanço e atraso nas pás do rotor, individualmente. Uma maneira de explicar este fenômeno é a seguinte: desde que a inércia da pá permanece constante, resulta em aceleração se o centro de massa da pá se desloca para perto do eixo de rotação. Isto é, como um peso numa corda que gira ao redor de uma haste (eixo de rotação), o peso acelera. Os amortecedores da pá, sejam hidráulicos ou de fricção, devem ser usados para reduzir a violência

deste avanço e atraso.

ESTOL DA PÁ QUE RECUA

Como indicado durante a explicação sobre dissimetria de sustentação, as velocidades diferenciais das pás que avançam e que recuam são funções da velocidade aerodinâmica. Enquanto a pá que recua desacelera, o ângulo de ataque deve aumentar para manter uma quantidade de sustentação constante. Portanto, enquanto a velocidades diferenciais das pás que avançam e que recuam são funções da velocidade aerodinâmica do helicóptero aumenta, o ângulo de ataque da pá que recua aumenta até que o ângulo de estol seja alcançado. Os fatores que contribuem para o estol de ponta de pá são:

Aumento da altitude densidade;

Aumento da carga do disco devido a manobras violentas, turbulência e alto peso bruto;

Diminuição da RPM do rotor principal;

Aumento do ângulo de passo coletivo.

Comumente, o piloto sente algumas características da aproximação do estol da pá. Este aviso é normalmente uma vibração 3 por 1 (dependendo do número de pás do rotor principal), seja no comando cíclico ou no coletivo. Se o piloto preferir ignorar este aviso, o estol da pá provavelmente ocorrerá. Quando o estol da pá que recua ocorre, o piloto deverá:

Reduzir o passo coletivo;

Minimizar a manobra;

Reduzir a velocidade aerodinâmica à frente;

Descer para um nível de vôo mais baixo

Como Funcionam os Helicópteros

Os helicópteros são máquinas muito versáteis, que permitem ao piloto acesso completo ao espaço tridimensional - de uma forma impossível para um avião. Se

Você alguma vez já pilotou um helicóptero, sabe que as habilidades desta máquina são impressionantes.

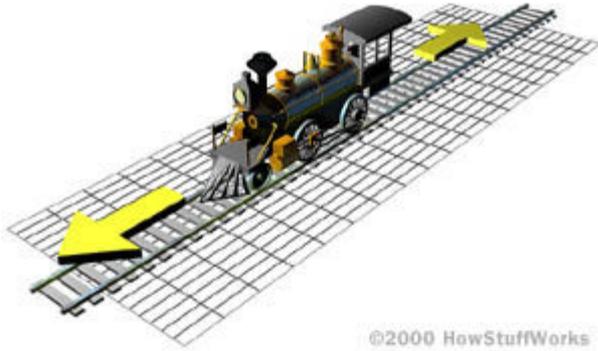


A incrível flexibilidade dos helicópteros possibilita que eles voem por quase todos os lugares. Entretanto, isto também significa que pilotar o helicóptero é complicado. É uma tarefa que requer treinamento intenso e habilidade, assim como atenção contínua à máquina.

Comparando os meios de transporte

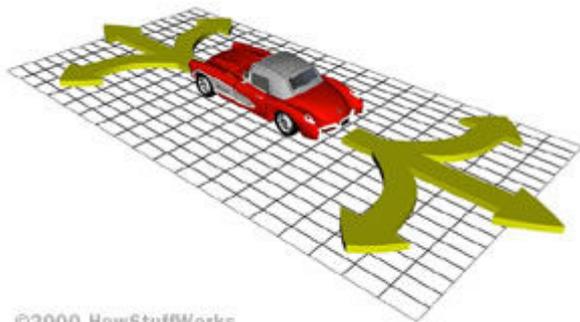
Para entender como funcionam os helicópteros e por que eles são tão complicados de pilotar, é útil comparar suas habilidades com as dos trens, carros e aviões. Observando estes diferentes meios de transporte você pode entender por que os helicópteros são tão versáteis.

Se você alguma vez já entrou na cabine de um trem, sabe que é muito simples de dirigir. Só existem duas direções que o trem pode seguir, para frente e para trás. Existe um freio para parar o trem em qualquer uma das direções, mas não existe nenhum mecanismo de direção. Os trilhos levam o trem para onde for necessário.



©2000 HowStuffWorks

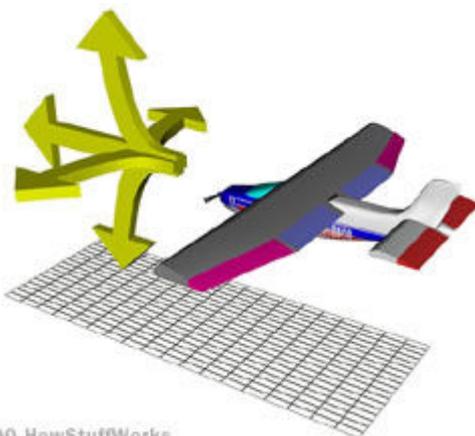
Um carro pode ir para frente e para trás como um trem. Enquanto você estiver dirigindo em um desses sentidos você pode virar à esquerda ou à direita:



©2000 HowStuffWorks

Para controlar a direção de um carro o motorista usa um volante que pode girar no sentido horário ou anti-horário.

Qualquer pessoa que tenha feito aulas de pilotagem ou já tenha visto uma cabine de um avião sabe que os aviões são mais complicados de pilotar que os carros.

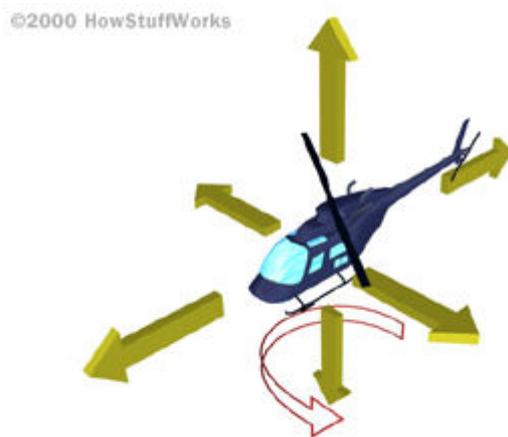


©2000 HowStuffWorks

Um avião pode ir para a frente e virar para a esquerda ou para a direita; também é

capaz de ir para cima e para baixo, mas não voa para trás. Um avião pode ir em cinco direções em vez de quatro, como o carro. Ir para cima e para baixo adiciona uma dimensão totalmente nova ao avião, e esta dimensão é o diferencial entre aviões e carros. O controle do movimento para cima e para baixo do avião é feito com o uso do manche, que se move para dentro e para fora, além de virar no sentido horário ou anti-horário. Na maioria dos aviões, o piloto tem acesso a dois pedais para controlar o leme.

Um helicóptero pode fazer três coisas que um avião não pode:



voar para trás

girar no ar

pairar no ar sem se mover

O helicóptero pode se mover lateralmente em qualquer direção ou girar 360°. Essa liberdade extra e a habilidade necessária para dominá-la fazem os helicópteros tão instigantes, mas também complexos.

Para controlar um helicóptero, uma mão segura um comando chamado cíclico, que controla a direção lateral do helicóptero, incluindo ir para frente, para trás, para a esquerda e para a direita. A outra mão segura um comando chamado coletivo, que controla o movimento para cima e para baixo do helicóptero e a velocidade do motor. O pé do piloto fica sobre os pedais que controlam o rotor de cauda, que permite ao helicóptero girar nos dois sentidos de seu eixo.

Características especiais

A marca registrada de um helicóptero é a sua habilidade de pairar no ar. Enquanto um helicóptero está pairando, ele pode girar no seu eixo para que o piloto olhe em qualquer direção. Outra característica do helicóptero é a habilidade de voar para trás e de lado facilmente. Um helicóptero que está voando para frente também pode parar no ar rapidamente e pairar.

Todas estas manobras são impossíveis de fazer com um avião, pois ele precisa voar sempre para a frente para gerar sustentação.

Como os helicópteros voam

Imagine que você queira criar uma máquina que voa direto para cima. Se você fornecer força para cima com uma asa, então a asa deve estar em movimento para criar sustentação. As asas geram sustentação desviando o ar para baixo e se beneficiando da reação oposta e igual que resulta disto (veja Como funcionam os aviões para mais detalhes).

Um movimento rotatório é o meio mais fácil de manter a asa em movimento contínuo, então você pode montar duas ou mais pás em um eixo central e girar o eixo de forma muito parecida com as pás de um ventilador de teto. As pás rotatórias de um helicóptero são moldadas exatamente como os aerofólios de uma asa de avião, mas geralmente as pás de um rotor de helicóptero são estreitas e finas porque têm que girar muito rápido. O conjunto de pás rotatórias do helicóptero é chamado de rotor principal. Se você fornecer às pás do rotor principal um pequeno ângulo de ataque no eixo e girar o eixo, as pás começam a gerar sustentação.

Para girar o eixo com força suficiente para levantar o helicóptero, você precisa de algum tipo de motor. Os motores convencionais a gasolina e as turbinas a gás são os tipos mais comuns. O eixo de acionamento do motor pode se conectar ao eixo do rotor principal através de uma transmissão. Esta disposição funciona muito bem até o momento em que o helicóptero levanta do chão. Nesse momento, não existe nada que evite que o motor e o corpo do aparelho girem exatamente como o rotor principal. Na falta de algo que evite que o corpo do aparelho gire, ele irá girar em

direção oposta ao rotor principal. Para evitar que o corpo do aparelho gire, você precisa aplicar uma força a ele.

O modo normal de fornecer força ao corpo do aparelho é anexar outro conjunto de pás rotativas a uma longa cauda. Essas pás são chamadas de rotor de cauda. O rotor de cauda produz empuxo como um propulsor de avião. Produzindo o empuxo na direção lateral, ele age contra a tendência do motor de fazer o aparelho girar. Normalmente, o rotor é acionado por um longo eixo que vem da transmissão do rotor principal e se conecta ao rotor de cauda por uma transmissão menor no cone de cauda do helicóptero.

O resultado disso é um aparelho como este:



As peças fundamentais de qualquer helicóptero

©2000 HowStuffWorks



Este helicóptero tem todas as partes descritas no diagrama acima

Para que realmente se controle a máquina, tanto o rotor principal quanto o rotor de cauda precisam ser ajustáveis. As próximas seções explicam como isso funciona.

Rotor de cauda

Para conseguir a ajustabilidade do rotor de cauda é preciso mantê-lo reto. O que você precisa é da mudança do ângulo de ataque no rotor de cauda, para girar o helicóptero no eixo de acionamento.

O piloto tem dois pedais que controlam o ângulo de ataque.



Você pode ver os pedais nesta foto da cabine do piloto



As pás do rotor de cauda tem somente 61 cm de comprimento



O cubo da hélice do rotor de cauda permite ao piloto mudar o ângulo de ataque das pás do rotor

Rotor principal

O rotor principal é a parte mais importante do helicóptero. Ele fornece a sustentação que faz o helicóptero voar e também é o controle que permite mover o helicóptero lateralmente, fazer curvas e mudar de altitude.

Para lidar com todas essas tarefas, o rotor precisa ser muito forte. Ele deve ser capaz de ajustar o ângulo das pás do rotor a cada giro do cubo do rotor. A ajustabilidade é fornecida por um dispositivo chamado conjunto do prato oscilante, como mostrado nesta fotografia:

27



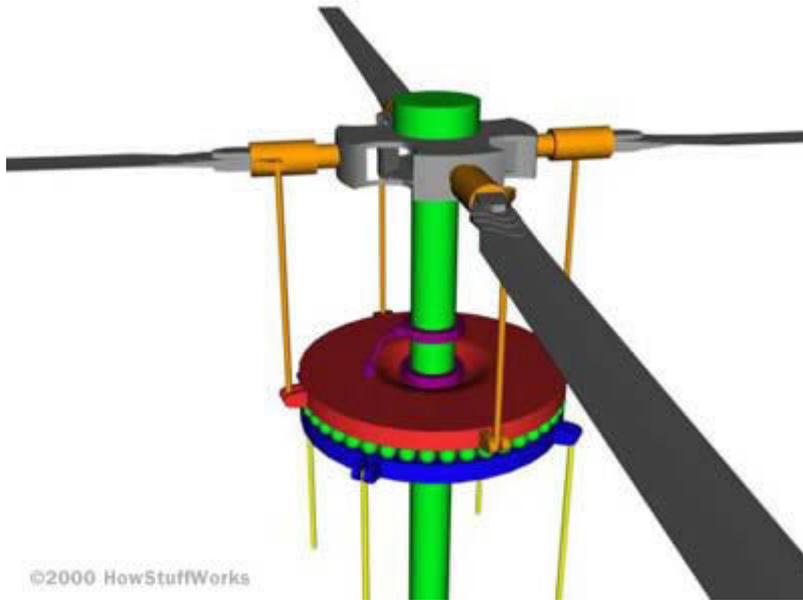
O cubo da hélice do rotor principal, onde as pás e o prato oscilante se conectam, tem que ser muito forte e ajustável. O conjunto do prato oscilante é o componente que fornece ajustabilidade.

O conjunto do prato oscilante tem duas funções principais:

Quando o comando coletivo é acionado, o conjunto do prato coletivo pode mudar o ângulo das duas pás simultaneamente. Isto aumenta ou diminui a sustentação que o rotor principal fornece ao helicóptero, permitindo que ele ganhe ou perca altitude.

Quando o comando cíclico é acionado, o conjunto do prato oscilante pode mudar o ângulo das pás individualmente. Isso permite que o helicóptero se mova em qualquer direção em um círculo de 360°, incluindo movimentos para frente, para trás, para a esquerda e para a direita.

Voa,



O conjunto de prato oscilante consiste em dois pratos (como mostrado na figura acima), o fixo (azul) e o giratório (vermelho).

O prato cíclico gira com o eixo de acionamento (verde) e as pás do rotor (cinza) devido aos elos (púrpura) que conectam o prato rotativo ao eixo de acionamento.

As varetas de controle do passo (laranja) permitem que o prato oscilante rotativo mude o passo das pás do rotor

O ângulo do prato coletivo é mudado pelas varetas de controle (amarelo) conectadas ao prato coletivo.

As varetas de controle do prato coletivo são alteradas pelo acionamento do piloto no comando coletivo e cíclico.

Os pratos cíclico e coletivo são conectados a um conjunto de rolamentos entre os dois pratos. Estes rolamentos permitem que o prato cíclico gire acima do prato coletivo.



O conjunto do prato oscilante muda o ângulo de ataque das pás do rotor principal quando as pás giram. Um ângulo maior de ataque fornece mais elevação do que um ângulo menor.



O comando coletivo muda o ângulo de ataque nas duas pás simultaneamente.



O coletivo permite que você mude o ângulo de ataque do rotor principal nas duas pás simultaneamente

O comando cíclico inclina o conjunto do prato oscilante para que o ângulo de ataque

de um lado do helicóptero seja maior do que o do outro lado, desta maneira:
O cíclico muda o ângulo de ataque das pás do rotor principal de forma desigual, inclinando o conjunto do prato oscilante. Em um lado do helicóptero o ângulo de ataque (a elevação) é maior.

Pairar no ar com um helicóptero requer experiência e habilidade. O piloto ajusta o cíclico para manter a posição do helicóptero sobre um ponto no chão e ajusta o coletivo para manter uma altitude fixa. O piloto também ajusta os pedais para manter a direção para onde o helicóptero está apontando - essa manobra se torna um verdadeiro desafio quando o vento está forte.

Relação entre os comandos e o conjunto do prato oscilante

A seguir entenda a relação entre os comandos cíclico e coletivo e o conjunto do prato oscilante.

O comando coletivo levanta o conjunto do prato oscilante por inteiro. Isto muda o efeito das duas pás do helicóptero simultaneamente.

O controle cíclico empurra um lado do conjunto do prato oscilante para cima ou para baixo. Isto muda o efeito das pás do helicóptero de modo irregular dependendo da sua rotação, fazendo com que as pás tenham maior ângulo de ataque (mais sustentação) em um lado do helicóptero e menor ângulo de ataque (menor sustentação) no lado oposto. A elevação desequilibrada faz o helicóptero se inclinar e se mover lateralmente.

Voar



O primeiro projeto de um veículo semelhante a um helicóptero, uma "hélice voadora". Data da Renascença e foi elaborado por Leonardo da Vinci (1452 - 1519). Entretanto, somente no início do século XX foi desenvolvida a tecnologia necessária para fazer um aparelho como este realmente voar.

O helicóptero, da forma como o conhecemos hoje, só levantou vôo em 1936. Um primeiro modelo, de 1907, possuía apenas uma hélice e decolava sem problemas atingindo alturas de aproximadamente 2 metros. Porém, logo após a decolagem: quando se tentava variar a velocidade de rotação da hélice, para atingir alturas maiores, o corpo do helicóptero girava sentido contrário da hélice, desgovernando-se.

A solução encontrada foi prolongar o corpo do helicóptero na forma de uma cauda e colocar nela, lateralmente, uma segunda hélice. A função desta hélice lateral é produzir uma força capaz de compensar o giro do corpo do helicóptero, proporcionando assim a estabilidade do aparelho.

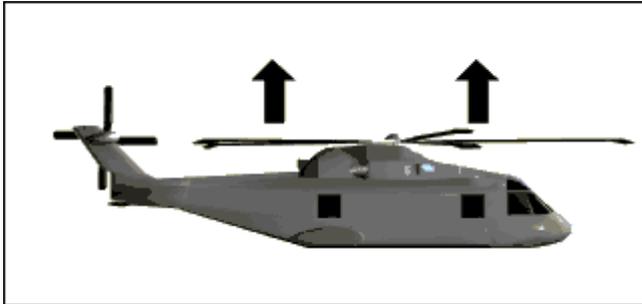


Em um helicóptero, as lâminas do rotor atuam como um conjunto de asas, que geram sustentação por meio de um movimento circular. Cada lâmina do rotor é também afixada de maneira que possa mover-se para cima e para baixo independentemente das outras; sem este tipo de fixação, os pequenos movimentos vibratórios das lâminas à medida que giram tenderiam a desestabilizar a aeronave e tornar o controle difícil. O passo de hélice de cada lâmina do rotor (o ângulo com o qual ela corta a corrente de ar) pode também ser variado. Na decolagem, todas as lâminas têm um passo de hélice pronunciado, para fornecer sustentação máxima. No vôo horizontal, o controle de passo de hélice é ajustado para que o ângulo de cada lâmina aumente à medida que ela se move para a parte de trás de sua varredura. Isto faz com que a aeronave se incline para a frente, dando-lhe uma componente de empuxo horizontal, além de sustentação.



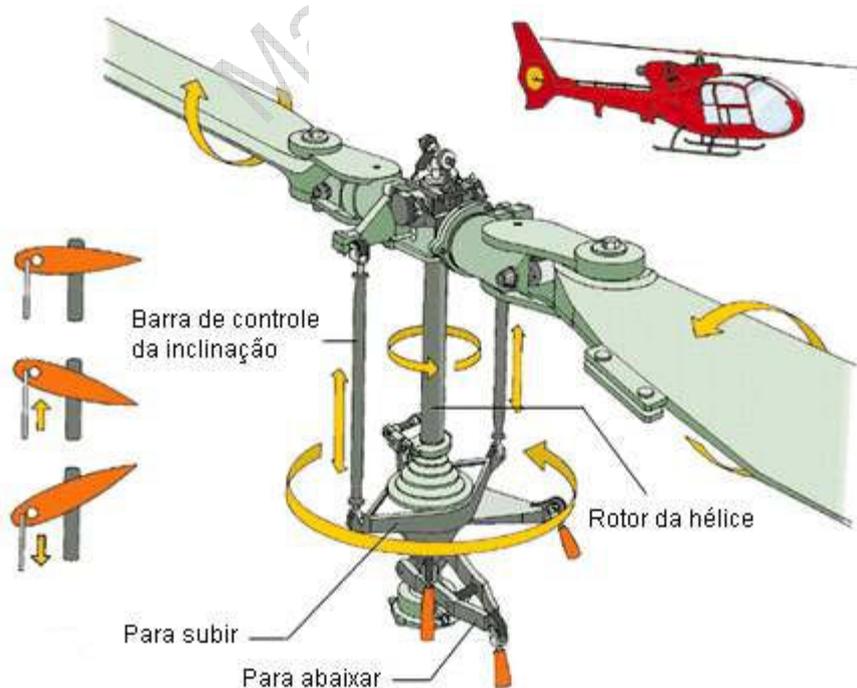
Caso a força do motor se interrompa, a velocidade do motor diminui rapidamente, cessa a capacidade de ascensão e o helicóptero começa a cair. Para evitar a perda de velocidade do rotor, as pás das hélices devem ser colocadas num ângulo de inclinação negativo. Isto significa que o eixo condutor da hélice fica ligeiramente inclinado para baixo com relação à horizontal. Mas, como o ar está se movimentando para cima através do rotor, a relação se inverte e a força passa a ser exercida de baixo para cima, o que configura uma situação de sustentação

semelhante a criada durante o funcionamento do motor.



Montagem do rotor

As pás de um helicóptero são acionadas por um ou mais eixos de transmissão, que estão unidos ao eixo do rotor principal por meio de um sistema de engrenagens. A inclinação (ângulo) das pás é controlada pela montagem de placas oscilantes, composta por uma placa fixa inferior que pode ser elevada ou abaixada ou ainda inclinada pelos controles da cabine, e uma placa giratória superior que transfere este movimento para as pás por barras de controle. As pás possuem uma seção aerodinâmica e são projetadas para suportar forças extremas provocadas pela rotação.



Os helicópteros têm adquirido cada vez maior importância, tornando-se em muitos casos o único meio de transporte viável. Têm sido muito eficazes em trabalhos de resgate, em locais inacessíveis por via terrestre e onde não for possível usar aviões convencionais. Também são freqüentemente utilizados no combate aos incêndios de florestas e plantações. Nas operações militares, permitem maior mobilidade no transporte de tropas e equipamentos, podendo ainda ser adaptados para ataques aéreos, armados com canhões e mísseis.

Helicóptero



Helicóptero — do grego hélix (espiral) e ptéryks (asa) — é uma aeronave de asas rotativas, mais pesada que o ar, propulsada por um ou mais rotores horizontais maiores (propulsores) que, quando girados pelo motor, criam sustentação e propulsão necessárias para o vôo. Devido ao fato de as pás do rotor girarem em torno de um mastro, são classificados como aeronave de asa rotativa, o que os distingue das aeronaves de asa-fixa convencional (avião).

História

A primeira idéia pouco prática de um helicóptero foi concebida primeiro por Leonardo da Vinci no século XV, mas esquecida até a invenção do avião no século XX.



Desenvolvedores como Louis Breguet, Paul Cornu, Juan de la Cierva, Émile Berliner, e Igor Sikorsky abriram caminho para este tipo de aeronave. O primeiro vôo bem-sucedido e registrado de um helicóptero ocorreu em 1907, realizado por Paul Cornu, na França. Porém, o primeiro vôo de um helicóptero completamente controlável foi demonstrado por Hanna Reitsch em 1937 em Berlim, Alemanha.

No início dos anos 40, Igor Sikorsky esteve na base do aparecimento do Sikorsky R4. Em 1946, foi lançada a produção do Bell 47B, que atingia uma velocidade de 140 km/h, com duas pessoas a bordo. Entretanto, no fim dos anos 50, os helicópteros começam a especializar-se e a desenvolver-se, atingindo velocidades de 260 km/h, com até 44 lugares a bordo.

Tornando-se um símbolo de poder, o helicóptero veio a ser também uma fonte de prestígio para determinados homens de negócios. Tudo começou quando a companhia norte-americana Bell não ganhou uma encomenda de helicópteros de observação, acabando, em 1965, por adaptar o projecto à área civil. Este helicóptero veio a ser um modelo popular entre os homens de negócios, apreciadores do conforto.

Nos anos 70, acabou por ser melhorado, readquirindo o seu interesse militar, pelo que foi vendido a forças armadas de todo o Mundo. Ainda no campo militar, surgiu o AH-64 Apache, que veio a constituir a base dos helicópteros modernos.

Na década de 90, surge o Westland-Augusta EH-101, um helicóptero diversificado que suporta o transporte de passageiros, operações militares e de salvamento no

mar. Com as melhorias da tecnologia, o consumo de combustível baixou. Os níveis de ruído foram reduzidos, o mesmo sucedendo com as vibrações. Desta forma, passa também a haver um menor desgaste da estrutura.

Em termos militares, a fuselagem é feita de forma a diminuir as possibilidades de os helicópteros serem detectados por radares, tendo esta sido uma das preocupações dos engenheiros aeronáuticos durante os anos 90. Uma das possibilidades é fazer com que o helicóptero não emita uma quantidade elevada de calor, para não ser detectado por infra-vermelhos.

Desta forma, o helicóptero é um meio de transporte que tem evoluído. Depois de ter sido usado ora em termos civis, ora para fins militares, adquiriu um estatuto especial entre outras formas de transporte. Acaba, assim, por se revelar fundamental para situações de salvamento, de guerra ou mesmo como meio de transporte de luxo.

Finalidades



Helicóptero Sea King da Marinha do Brasil.



Helicóptero do tipo rotor gêmeo com uma porta de carga grande e de levantamento externo, e é usado para transportar pára-quedistas, evacuação de vítima, e para erguer cargas grandes.

Os helicópteros têm utilizações militares e civis, como transporte de tropas, apoio de infantaria, apoio de fogos, operações entre navios, transporte de empresários, evacuação sanitária, guindaste aéreo, polícia e vigilância de civis, transportes de bens (alguns helicópteros podem levar cargas que podem ser lançadas de pára-quedas) etc.

Gerando sustentação

Nas aeronaves convencionais, o perfil (formato da secção transversal) da asa (ou aerofólio) é projetado para defletir o ar para baixo com grande eficiência. Essa deflexão causa dois efeitos: uma reação contrária e uma diferença de pressão. A reação tem como princípio a terceira lei de Newton, e gera uma força contrária à deflexão, neste caso, para cima. A diferença de pressão, por sua vez, baseia-se no princípio de Bernoulli, onde o ar movimenta-se com maior velocidade na parte superior e menor na parte inferior do aerofólio. Isso causa respectivamente baixa e alta pressão. Essa diferença de pressão aliada com a reação à deflexão do ar causa a força de sustentação no aerofólio. No entanto, quanto maior a sustentação produzida, maior a força de arrasto gerado pelo aerofólio. O helicóptero faz uso

do mesmo princípio, excetuando-se o fato de ao invés de mover a aeronave inteira, apenas as asas (pás, no caso de asas rotativas) é que se movimentam através do ar.

Estabilidade

A estabilidade é inerente às aeronaves de asa-fixa. No caso de uma rajada de vento, ou uma perturbação nos comandos de vôo causar alguma variação na atitude da aeronave, seu desenho aerodinâmico tenderá a corrigir o movimento, voltando ao equilíbrio. Vários modelos de avião permitem ao piloto soltar os comandos em pleno vôo, mantendo-se no curso sem a ajuda de piloto automático. Em contraste, os helicópteros são muito instáveis. Um simples vôo pairado constantemente requer correções do piloto. Caso o helicóptero seja perturbado em alguma direção, ele tenderá a continuar aquele movimento até que o piloto o corrija na direção contrária. Pairar um helicóptero é semelhante a equilibrar um bastão na palma da mão.

Quase todos os ajustes que se faz em um dos comandos de vôo produzem efeitos que requerem compensações nos outros comandos. Movendo o cíclico à frente resulta em aumento da velocidade, mas em contrapartida também causa uma redução na sustentação, que por sua vez irá requerer mais efeito do coletivo para compensar essa perda. Aumentar o coletivo reduz a RPM do rotor por causar mais arrasto sobre as pás, requerendo a abertura da manete de potência do motor para manter a rotação constante. Se o motor está transerindo mais potência ao rotor, isso causará mais torque e irá requerer mais ação do rotor de cauda, o que é resolvido ajustando os pedais.

Helicópteros pequenos podem ser tão instáveis que pode ser impossível de o piloto soltar o manche cíclico durante o vôo. Enquanto nas aeronaves de asa-fixa o piloto senta à esquerda, nos helicópteros ocorre o inverso. Isso ocorre para que os pilotos de avião possam ajustar os rádios, manetes e outros controles com a mão direita. Nos helicópteros o piloto senta à direita para manter a mão mais forte (geralmente a direita) no cíclico o tempo inteiro, deixando os rádios e outros comandos para a mão esquerda, que pode ser retirada do coletivo durante o vôo.

Vantagens e desvantagens

Comparando com os aviões, os helicópteros são muito mais complexos, mais caros na compra e na manutenção e operam com reduzida velocidade, com pouca autonomia e com pouca capacidade de carga. A vantagem obtém-se na capacidade de manobra: helicópteros podem pairar, inverter a trajetória e, acima de tudo, podem decolar e pousar com vôo vertical. Dependendo do reabastecimento e da quantidade de carga, um helicóptero pode viajar para qualquer lugar e aterrizar em qualquer lugar desde que haja espaço no local de aterragem.¹

helicóptero

Entre os diversos tipos de helicópteros existentes, aqueles que possuem um rotor principal e um rotor de cauda representam a maioria absoluta. Este tipo de máquina possui uma grande diversidade de equipamentos e componentes que, funcionando harmoniosamente, vão permitir que ela cumpra, com eficiência e segurança, a sua função primordial: VOAR.

Excluindo-se a fuselagem, que corresponde ao fim propriamente da existência de qualquer aeronave porque é nela que estão reservados os espaços necessários para acomodar tripulantes, passageiros e cargas, pode-se dizer que o componente primordial de qualquer helicóptero é o seu rotor principal. Todos os outros componentes que iremos discutir nesta oportunidade (rotor de cauda, motor, roda livre e caixas de transmissão) são vitais para o helicóptero, no sentido de que não se pode prosseguir no vôo normal se houver falha de qualquer um deles.

¹ pt.wikipedia.org



O rotor principal é primordial por dois motivos: porque é ele que produz a sustentação que autoriza o vôo, permitindo, através de manobras coordenadas do piloto, que o helicóptero se mova para cima e para baixo, para a frente e para trás e ainda para os lados e porque uma falha de rotor principal, geralmente, tem conseqüências catastróficas.

Como é necessário aplicar um torque (força?) considerável ao mastro (eixo) do rotor principal para fazê-lo girar na velocidade adequada, por reação, a "cabine" tenderia a girar na mesma velocidade, mas em sentido contrário.

Para evitar que isto aconteça, instala-se na retaguarda da aeronave um rotor auxiliar com o objetivo de produzir uma tração no sentido conveniente para anular o torque do rotor principal. É por isto que ele é chamado de rotor antitorque ou, simplesmente, de rotor de cauda. Se adaptarmos a esse rotor um dispositivo qualquer que permita controlar o valor de tração que ele produz, poderemos pilotar a aeronave em direção, fazendo-a girar, no pairado, para a direita ou para a esquerda.

Para fazer girar esses rotores, é necessário uma boa fonte de energia. Durante muito tempo, os helicópteros utilizaram motores alternativos ou a explosão, como são mais comumente chamados. A grande maioria dos helicópteros atuais é equipada com motores a turbina, mais corretamente chamados de turbomotores cujo apelido mais vulgar é apenas turbina. Trata-se de um tipo de motor que consome um querosene especial de aviação, é mais leve, mais confiável, produz mais potência e tem vida útil mais longa do que o seu equivalente a pistão.

A AEROSPATIALE produziu o primeiro helicóptero equipado com um turbomotor: o SO 1120 "ARRIEL III" que voou pela primeira vez no dia 18 de abril de 1951 com o motor Artouste I da Turbomeca. É também da AEROSPATIALE o Alouette II que

foi o primeiro helicóptero a turbomotor que recebeu um certificado de homologação civil (maio de 1957 na França e janeiro de 1958 nos Estados Unidos). O turbomotor certamente merece um capítulo somente para ele, mas, por enquanto, vamos ficar com uma descrição bastante sumária do seu funcionamento. Ele é constituído, basicamente, de um compressor, uma câmara de combustão, uma turbina geradora de gases e uma turbina de potência.

Motores deste tipo precisam processar uma grande quantidade de ar para produzir a potência desejada. A função do compressor é, justamente, "entregar" na entrada da câmara de combustão, a maior quantidade possível de ar em um volume reduzido, vindo daí a necessidade de comprimi-lo. A câmara de combustão, como seu nome indica, é o componente do motor onde é feita a queima do combustível. O resultado é a obtenção de uma boa massa de gases a alta temperatura e a alta pressão correspondente a uma boa quantidade de energia armazenada. Esses gases vão se expandir, saindo a alta velocidade da câmara de combustão. Exatamente neste ponto, coloca-se uma roda de palhetas que será acionada, em rotação, pelos gases em expansão. Esta roda de palhetas é a turbina. Como ela está mecanicamente conectada ao compressor, este também girará, comprimindo mais ar que, juntamente com o combustível adicionado na câmara, produzirá mais gases quentes que, por sua vez, continuarão a acionar a turbina. É por isso que ela é chamada de turbina geradora de gases. Bem, até aqui, este motor já está gastando combustível, mas ainda não está produzindo potência, ou seja, está trabalhando de graça. Pior que isto, está apenas gastando sem produzir nada em troca. O que acontece na realidade é que esses gases que já acionaram a geradora de gases ainda têm energia suficiente para acionar mais uma turbina. Então é só colocar mais uma roda de palhetas no caminho dos gases e se a esta roda for adaptado um eixo, nós já podemos tirar potência deste motor. Esta é a turbina de potência.



Motores de helicóptero giram a muito alta velocidade, enquanto os seus rotores têm de girar a velocidades muito baixas. Como as turbinas dos turbomotores giram a velocidades da ordem de 50.000 rpm (Rotações Por Minuto), torna-se necessário acoplar ao eixo de saída da turbina de potência um trem de engrenagens de forma que o eixo de saída do motor gire a uma rotação aproximada de 6.000 rpm.

Isto ainda é muito para os rotores. O rotor de cauda, que precisa girar entre 1.000 e 2.000 rpm, possui uma caixa de redução própria que é, normalmente, conhecida como CTT (Caixa de Transmissão Traseira).

Os rotores principais têm velocidades, geralmente, abaixo de 400 rpm e, portanto, precisam, também, de uma caixa de redução. Esta é chamada de Caixa de Transmissão Principal ou, simplesmente CTP. Este é um componente muito importante, pois é através dele que o helicóptero fica "pendurado" no rotor principal.

Falta, apenas, um pequeno detalhe a ser resolvido. Todo esse sistema (motor, eixos de acionamento, caixas de transmissão e rotores) está interconectado mecanicamente e, enquanto o motor estiver funcionando, não há problema.

Entretanto, se o motor parar, espera-se que o rotor permaneça girando pela ação das forças aerodinâmicas e do peso da aeronave, de forma a possibilitar o retorno do helicóptero ao solo, com segurança. Movimentar todo o sistema e ainda "arrastar" o motor é impraticável. É bom lembrar que o que trava as rodas de um carro engrenado e estacionado ladeira abaixo é apenas o "peso" do motor.

Foi necessário inventar um sistema que permitisse que o motor acionasse o rotor, mas que deixasse este continuar a girar livre quando aquele deixava de funcionar.

Esse componente chama-se Roda Livre e funciona mais ou menos como a catraca da bicicleta que permite o giro livre das rodas, quando o ciclista mantém, morro abaixo, os pedais imobilizados.

História do Helicóptero

Entenda como nasceu o helicóptero, desde o legado de antigos cientistas, que com suas experiências foram desenvolvendo conceitos que a humanidade foi armazenando para chegar um dia nessa fantástica máquina de voar.

A palavra helicóptero vem do grego. Helix significa helicóide. Pteron, asa.

A história conta que Thomas Edison ao ser indagado sobre as frustrantes 1.000 tentativas até conseguir finalmente inventar a lâmpada, disse não fez nada mais que aprender mil maneiras diferentes de como não fazê-la.

A epopéia da invenção do helicóptero não foi muito diferente, com a diferença que envolveu vários autores. Começou muito antes do que a maioria de nós imaginamos.

Cerca de 400 anos Antes de Cristo, os chineses idealizaram os primeiros rotores com penas de aves presas a uma haste, que quando girada com o movimento rápido das palmas das mãos, ganhavam sustentação e eram capazes de voar. Uma espécie de passatempo fácil de encontrar nas mãos das crianças de hoje em dia e que provavelmente foi idealizado a partir da observação da natureza, onde determinadas sementes, ao caírem das árvores voavam carregadas pela brisa.

Archimedes nasceu em 287 A.C., é famoso por seu grito de "Heureka!", depois de ter percebido o princípio da hidrostática, ou como ficou conhecido o Princípio de Archimedes. Para alguns pesquisadores, a contribuição que ele deixou para o futuro desenvolvimento do helicóptero foi o Parafuso de Archimedes, um dispositivo em forma de caracol, que ao fazer movimentos de rotação permitia elevar a água para encher os reservatórios em níveis mais altos. O fluido era a água. A destinação era outra, mas usamos os mesmos princípios quando voamos nossos helicópteros.

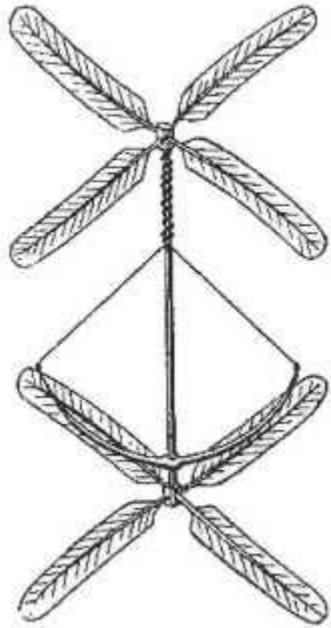
Em 1483 Leonardo Da Vinci desenhou o seu La Hélice, um fabuloso engenho que nunca chegou a sair do papel, mas que mostrou os princípios básicos da máquina que

um dia passaria a ser o helicóptero. Sua asa em espiral apresentava para o mundo como, muitos séculos depois, seria a base do vôo dos helicópteros. Sem dúvida um gênio.



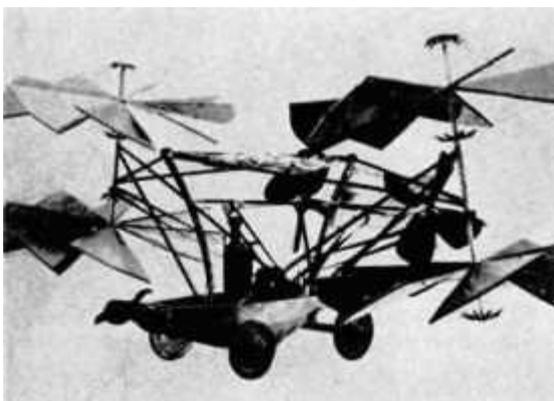
La Hélice de Da Vinci.

Depois de Da Vinci, a outra iniciativa que se tem notícia foi a russo Mikhail Lomonosov, que é mais lembrado por suas proezas na astronomia como a observação de um anel luminoso em Vênus, que ele interpretou como sendo a existência de atmosfera, mas que deixou um conceito muito importante para a aviação de asas rotativas quando, em 1754, desenvolveu um rotor coaxial, similar ao que os chineses haviam feito, mas impulsionado por um mola. O dispositivo seria capaz de voar livre e ganhar uma boa altura. Foi idealizado para elevar instrumentos meteorológicos. Pouco depois, o naturalista francês Launoy, com a assistência de seu mecânico Bienvenu, desenvolveu um modelo que consistia em dois conjuntos de penas de peru e que giravam para lados opostos, resolvendo o problema de contrariar o torque. O conjunto era impulsionado por uma fina haste que fazia o papel de uma mola.



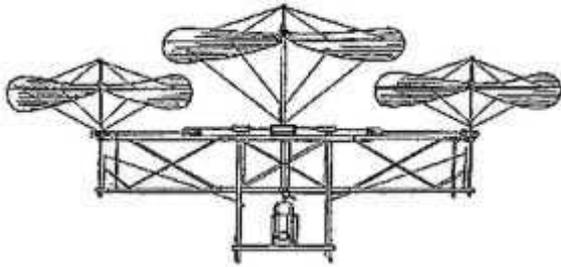
O dispositivo de Launoy.

Sir George Cayley, da Grã Bretanha, desde criança era fascinado pelos antigos brinquedos chineses que simulavam o vôo de um helicóptero. Em 1843, ele desenhou o que chamou de carruagem aérea. Era uma máquina de voar, composta por dois rotores instalados nas extremidades e que serviriam para contrapor o torque gerado por cada um deles. A solução de engenharia criada por ele é aplicada a alguns modelos em utilização hoje em dia. Os únicos motores existentes na época eram movidos a vapor. Extremamente pesados para serem utilizadas.



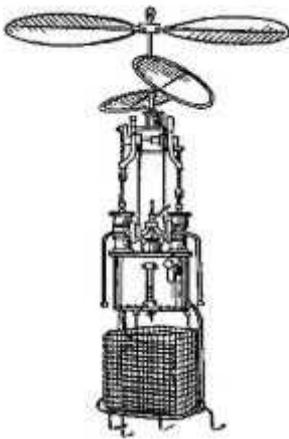
A carruagem aérea de George Cayley

Cossus of France, em 1845, desenhou uma máquina que voaria impulsionada por um motor movido a vapor e que teria três conjuntos de rotores.



A máquina de *Cossus of France*.

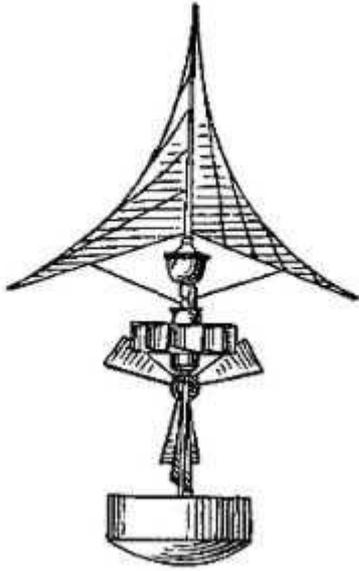
O nome "helicóptero" foi usado por *Vicomte Gustave Ponton d'Amecourt*, francês que idealizou um modelo com hélices contra-rotativas, movidas também por um motor a vapor. A máquina foi apresentada na *Exposição Aeronáutica de Londres*, em 1868, mas não conseguiu voar. Uma outra, impulsionada por mola, obteve melhor êxito.



O helicóptero de *Gustave Ponton D'Amecourt*.

Em 1878, o francês *Castel* idealizou um helicóptero movido a ar comprimido, que impulsionava dois eixos contrarotativos, mas que nunca conseguiu voar. Anos depois fez seu experimento voar com elásticos de borracha.

No mesmo ano, o engenheiro italiano civil *Enrico Forlanini* construiu um helicóptero movido a motor a vapor com dois rotores contra-rotativos que subiu 40 pés e voou por cerca de 20 segundos.



O helicóptero de Enrico Forlanini.

Um helicóptero puro pode ser definido como uma máquina capaz de ganhar sustentação por intermédio de asas rotativas. Essas asas girariam no ar impulsionadas por um motor, acionadas por um eixo. O segredo estaria em obter energia suficiente para girar os rotores e suportar o peso de toda a parafernália montada para isso, além de controlar todas as forças que envolviam o aparelho. A conhecida terceira Lei de Newton-Galileo, também conhecida por Lei da Ação e Reação, onde para toda força existe outra em sentido contrário com a mesma intensidade, criou a necessidade de se instalar um rotor de cauda com o propósito de contrapor o torque aplicado ao rotor principal por um motor. Uma máquina dessas teria que ser capaz de decolar na vertical, executar um vôo pairado, voar à frente, ser controlado no ar, voltar ao seu local de origem, novo vôo pairado e finalmente executar um pouso na vertical.

A citação de Igor Ivanovitch Sikorsky retrata bem seu entusiasmo em fazer um helicóptero voar: "a idéia de um veículo que pode ser suspenso do chão por meios próprios e pairar sem se movimentar no ar provavelmente nasceu simultaneamente ao sonho de voar".

Fonte: www.abraphe.org.br

História do Helicóptero



O PIONEIRO BELL 47

Sua história é antiga e fascinante. Pode - se dizer que ele é o mais antigo dos engenhos voadores. Suas primeiras aparições em forma de brinquedo surgiram três mil anos antes de Cristo, na China, o nobre berço das grandes invenções.

Apesar desses cinco de idade, a sua evolução tornou-se bem mais lenta que e de seu irmão mais novo, o avião. Não obstante essa primazia, somente em 1907, um ano depois de Santos Dumont e seu 14 Bis, é que o francês Paul Cornu, o primeiro homem a voar num engenho de asa rotativa, conseguiu se manter por alguns segundos fora do chão.

Devido, talvez, à sua menor complexidade ou porque a prioridade do homem, na ocasião , fosse a conquista das grandes distância e o enlace continental, o desenvolvimento do avião foi bem mais acelerado que o do Helicóptero.

Sua total aceitação só veio a acontecer depois da Segunda Guerra Mundial, quando a explosão demográfica das grandes cidades elevou-o como a única resposta para o transporte urbano. A sua grande flexibilidade comprovou ser ele a ferramenta ideal para as operações militares, policiais, busca e salvamento, transporte de executivos e principalmente como apoio às plataformas de prospeção petrolífera localizadas em alto mar, totalmente dependentes dos seus serviços .

O seu surgimento no Brasil, entretanto, motivou-se pelas necessidades da pulverização agrícola. Em 1948, a empresa Socoprara, sediada em Orlandia, SP, comprou um pequeno Helicóptero Bell 47 D, equipado com motor Franklyn, que

recebeu o prefixo PP-H 1. O seu piloto, Renato Arena, treinado na fábrica, é considerado o primeiro piloto de Helicóptero brasileiro . A licença número 001, entretanto, pertence a Carlos Alberto Alves, que foi treinado, no mesmo ano, por Renato Arena.

Na década de cinquenta chegam os primeiros Helicópteros Bell 47 para a Força Aérea Brasileira, destinados ao Grupo de Transporte Especial, sediado no Aeroporto Santos Dumont. Pouco depois, começam a chegar dos Estados Unidos os primeiros Helicópteros Bell e Sikorsky, que iriam equipar os Grupos de Aviação Embarcada e de Busca e Salvamento.

Mais tarde, com a sua implantação na aviação naval e, recentemente, na do Exército, o Helicóptero conquista finalmente o seu merecido espaço nas nossas Forças Armadas .

Devido aos altos custos para o treinamento de pilotos civis, e ao pequeno fluxo dos de origem militar, o número de pilotos credenciados pelo DAC, até o final dos anos sessenta, era muito pequeno. Basta ver que o Cmt. Carlos Alberto recebeu o número 001 (1948), Dejair de Moraes a número 007 (1954), armando Vargas de Souza a número 019 em 1965. Em dezessete anos dezenove pilotos : quase um por ano!

Atualmente, graças à iniciativa privada, às estatais, aos órgãos do governo e às Forças Armadas, pilotos e mecânicos brasileiros operam, com eficiência, regularidade e muita segurança, os quase seiscentos Helicópteros da nossa frota civil e militar.

Fonte: home.yawl.com.br

História do helicóptero

Quem inventou o helicóptero?

O helicóptero não nasceu de uma hora para outra, da mente de um único grande gênio. Essa máquina voadora foi sendo desenvolvida aos poucos. Séculos se

passaram entre a descoberta do princípio de vôo do helicóptero - o uso de uma hélice horizontal que gira para sustentar o aparelho no ar - e a construção dos primeiros protótipos realmente capazes de sair do chão.

Essa longa história começou na China no século 4, teve a participação de gênios famosos, como Leonardo da Vinci, mas só engrenou de vez após a Revolução Industrial, no século 19, quando finalmente surgiu uma tecnologia capaz de transformar em realidade projetos seculares. Foi só a partir de então que alguns "bisavôs" dos helicópteros modernos conseguiram arriscar alguns vôos - e ainda sim com poucos centímetros de altura e segundos de duração. Para que os protótipos do início do século 20 finalmente decolassem, faltava ainda um impulso decisivo, e esse impulso veio do interesse militar pelo projeto. As duas grandes guerras mundiais da primeira metade do século levaram governos a investir no desenvolvimento das aeronaves. Porém, foi só na Guerra da Coréia, no início dos anos 50, que os helicópteros finalmente mostraram todo seu potencial. A partir daí, passaram a ser produzidos em grande número, inclusive para uso civil. Na linha do tempo abaixo, você confere os principais capítulos dessa história cheia de escalas.

Dos primeiros conceitos da máquina aos protótipos pioneiros, passaram-se 16 séculos

SÉCULO 4

Brinquedo chinês

O primeiro registro histórico do princípio de vôo do helicóptero aparece num livro chinês do período. O livro descreve um "carro voador" de madeira equipado com um mecanismo original: tiras de couro de boi presas a uma lâmina rotatória, cujo movimento fazia o tal carro sair do solo. Provavelmente, era apenas a concepção de um brinquedo

1490

Idéia de gênio

O genial artista e inventor italiano Leonardo da Vinci desenha o "Parafuso Aéreo Helicoidal", que é considerado a primeira tentativa de construir um helicóptero de verdade. Leonardo da Vinci imaginou uma máquina de madeira e linho engomado, mas seu desenho não foi colocado em prática. Faltava tecnologia adequada para montá-lo na época

1843

Hora de sair do papel

É só com o avanço tecnológico trazido pela Revolução Industrial que se torna possível fazer o primeiro protótipo de um helicóptero. Ele é desenvolvido pelo britânico *George Cayley*, que chegou a realizar testes práticos com a geringonça. Movido por um sistema semelhante à mola, o protótipo era pesado demais e não tinha potência para sustentar o vôo

1907

Centímetros históricos

Os irmãos franceses *Louis e Jacques Bréguet* saem cerca de 5 centímetros do solo a bordo de um novo protótipo de helicóptero. No mesmo ano, outro francês, *Paul Cornu*, vai mais longe: voa durante 20 segundos a 30 centímetros do chão. A máquina de *Cornu* era um aeroplano com asa rotatória

1914

Incentivo militar

Durante a Primeira Guerra, os alemães *Von Karman e Petroszczy* e o húngaro *Asboth*

montam um aparelho voador para substituir os balões de observação militar. O PKZ-2 tinha duas hélices horizontais superpostas, mas fracassou por problemas técnicos. Nos últimos anos da guerra, porém, aconteceram vários avanços na produção de peças e motores

1918

Metade avião

O espanhol Juan de la Cierva cria o Autogiro, misto de helicóptero e avião: ele tinha asas e uma grande hélice rotatória sobre a cabine. O aparelho chega a ser usado pelos britânicos no final da Primeira Guerra. Mas o Autogiro não decolava nem pousava na vertical — só se deslocava para a frente — por isso, não pode ser considerado realmente um helicóptero

1938

Pioneiro russo

O governo americano financia Igor Sikorsky — inventor russo que fugiu da Revolução Comunista (1917) — para desenvolver um modelo viável de aeronave com asas rotatórias. Ele cria o VS-300, o primeiro helicóptero funcional. Aparelhos de Sikorsky participariam de operações de reconhecimento e salvamento no fim da Segunda Guerra (1939-1945)

1950

Pronto pra guerra

Só nessa década surgem os primeiros modelos comerciais para transporte de passageiros — também lançados por Igor Sikorsky. Na Guerra da Coreia (1950-1953), o helicóptero passa a ser muito usado em resgates e transporte de tropas. Mas é só na Guerra do Vietnã (1964-1975) que os modelos armados com

metralhadoras e mísseis, como o americano Bell 209 Cobra, fazem sucesso

Fonte: mundoestranho.abril.com.br

História do Helicóptero

Leonardo da Vinci foi o criador, em 1438, dos princípios básicos dos atuais helicópteros. Em 1843, o inglês George Cayley, baseando-se num brinquedo chinês, construiu um modelo de helicóptero a vapor, com dois pequenos rotores co-axiais, que se ergueu do solo alguns metros mas era muito pesado para ser prático.

Durante o séc. XIX e primórdios do séc. XX, vários inventores auxiliaram, com seus esforços, a aplainar o caminho para as atuais realizações. Em 1923, Juan de la Cierva y Codorníu, engenheiro e inventor espanhol, apresentou o autogiro, precursor do helicóptero. Realizando um vôo através do Canal da Mancha, em 1928, e da Inglaterra até a Espanha, em 1934.

A honra do primeiro vôo realmente bem sucedido com um helicóptero coube ao alemão Heinrich Focke. O seu aparelho, o "Focke-Achgelis FW-61" estabeleceu, em 1937, vários recordes: vôo de uma hora e meia de duração, deslocamentos em todas as direções, subidas e descidas na vertical - tudo com estabilidade e controle satisfatório. Em 1938 permaneceu a 11.000 pés de altitude por aproximadamente 80 minutos.

No entanto, o helicóptero emergiu realmente do embrião quando Igor Sikorsky viu coroadas de êxito suas experiências. Apesar de haver realizado um vôo bem sucedido em 1939, com seu modelo "VS-300", somente conseguiu preencher completamente os requisitos de um verdadeiro helicóptero em 1940. Nos aparelhos construídos por Sikorsky, de 1939 em diante, na sua fábrica em Connecticut, E.U.A., baseiam-se quase todos os helicópteros conhecidos.

Dentre os muitos tipos experimentais construídos, é interessante assinalar o "Baumgartl PB61" construído no Brasil e que fez seu primeiro vôo em 1950.

Em 1982 o recorde de velocidade para um vôo de helicóptero ao redor do mundo foi feita por H. Ross Perot, Jr., e J.W. Coburn. Eles voaram um Bell 206L

LongRanger II ao redor da Terra a uma velocidade média de 34.4 milhas por hora. O vôo levou 29 dias, 3 horas, 8 minutos, e 13 segundos para se completar.

Fonte: www.angelfire.com

História do Helicóptero

O Helicóptero

O Helicóptero é um avião com asas rotativas, capaz de decolar e aterrissar na vertical, podendo voar em qualquer direção: para cima, para baixo, para frente, para trás e, inclusive ficar pairado no ar.

É um verdadeiro burro-de-carga voador, pois vai até os lugares mais incríveis, em florestas, penhascos, picos, no mar, no alto dos edifícios, etc.

Os serviços que presta são extremamente variados, pelos grandes recursos de que dispõe a sua maleabilidade: transporte de doentes, de socorro em edifícios incendiados, no mar, em regiões geladas, inundadas ou isoladas, de um lado para outro de uma cidade, superando as dificuldades de trânsito urbano, transporte de tropas, observações de vários tipos, auxílios à polícia, etc., etc.

Sua invenção seguiu os mesmos passos e venceu as mesmas dificuldades para a invenção do avião; sua história, em síntese, é a seguinte:

- Leonardo da Vinci (1452-1519) teve as primeiras idéias e fez os desenhos do "Helixpteron".
- Launay e Bienvenu, dois cientistas franceses, no fim do século XVIII (1784) construíram modelos que voaram, à base de antigos brinquedos chineses.
- George Cayley, inglês, em 1776, desenhou e construiu um aparelho parecido com um Helicóptero, mas sem resultados práticos.
- Káman, húngaro, construiu um modelo para fins militares mas não foi acreditado.
- Emile e Henry Berliner, nos Estados Unidos, interessaram-se pelo assunto, mas seus modelos não tiveram sucesso.

- Entre 1800 e 1900, centenas de desenhos e outro tanto de modelos foram feitos, mas faltava o motor a gasolina, que possibilitou também o aparecimento do avião.
- Um engenheiro espanhol, Juan de La Cierva, em 1922, desenvolveu um modelo chamado autogiro, considerado o melhor protótipo d atual Helicóptero; a hélice horizontal, aplicada sobre um avião comum, não era, entretanto, movida pelo motor; quando o avião estava voando, esta hélice era movimentada pelo vento, facilitando o vôo, dando leveza e flexibilidade ao avião, aumentando a maleabilidade e facilitando a pilotagem.
- Ascânio, italiano, em 1930 voou alguns metros num modelo parecido com o autogiro, já com a hélice horizontal ligada ao motor, mas sem sucesso.
- Focke e Achgelis, alemães, alcançaram os primeiros recordes, conseguindo, inclusive ficar pairados no ar com o seu modelo.
- Igor Sikorsky, nascido na Rússia e depois naturalizado norte-americano, aperfeiçoou os modelos anteriores e construiu o modelo definitivo, que funcionou plenamente em 1939.
- Os modelos mais importantes e que constituíram as etapas básicas para a solução; este último, ainda sem leme, tinha de parar para mudar a direção; voava só para frente.

Apesar dos enormes e espetaculares serviços que presta, o Helicóptero é uma aeronave cara: consome muito combustível porque tem motor possante, é de manutenção e pilotagem difíceis; além disso é versátil, veloz e muito seguro.

Fonte: www.helisul.com

história do helicóptero

A história dos helicópteros é a mesma dos aviões, dos carros modernos e das velozes locomotivas. Todas são histórias de muito de trabalho, esforço, dedicação, insucessos e conquistas.

A idéia da aeronave de asa rotativa é bastante antiga, a primeira referência encontrada foi feita por Leonardo da Vinci, por volta de 1500. Ele fez vários

desenhos, sendo o melhor deles denominado 'La Hélice de Da Vinci', constava de uma asa em espiral com um eixo central, configurando o princípio básico dos helicópteros atuais. Derivou-se daí o nome Helicóptero, do grego: HELIX= helicóide e PTERON= asa. Leonardo da Vinci previa apenas o deslocamento na vertical. A próxima informação que temos data de 1784, quando os franceses LAUNOY e BIENVENU fizeram um brinquedo com penas, cordões, hastes e arco, onde dois jogos de penas faziam o papel das hélices: a haste era o eixo comum onde se enrolavam cordões tensionados por um arco.

Em 1907, com o desenvolvimento do motor a combustão interna, surgiram os protótipos dos atuais helicópteros. LOUIS BREGUET, nome famoso da Aviação Francesa, e PAUL CORNU foram os responsáveis por dois projetos distintos: BREGUET apresentou um modelo provido de dois rotores, girando em sentido contrário com a finalidade de eliminar o efeito de torque na estrutura em relação ao rotor principal. Conseguiu com isso relativo sucesso, pois seu helicóptero foi o primeiro a sair do solo e manter-se no ar por alguns segundos. Mas não conseguiu vencer dois problemas de projeto: a falta de controle e a falta de estabilidade. CORNU já apresentou um modelo com quatro rotores principais que permitiu a saída do solo acima de um metro.

Em 1908, um jovem russo de 19 anos, IGOR SIKORSKY, passando as férias em Berlim, entusiasmou-se com o sucesso dos irmãos WRIGHT e construiu um modelo de helicóptero em seu quarto de hotel. A moda na Europa era o avião, incentivada bastante pelos sucessos obtidos por Santos Dumont.

Em 1939, após 30 anos de dedicação, IGOR SIKORSKY obteve êxito quando, seu helicóptero bateu recorde de permanência no ar com o período de 1 hora, 32 minutos e 26 segundos. Seu primeiro modelo de sucesso foi o VS-300 e a partir dele surgiram outros modelos mais modernos. Existiram muitos outros que perseguiram o mesmo objetivo, às vezes marcado ora por sucesso, ora por amargos reveses. Dentre eles encontramos dois austríacos, PETROCZY e VON KARMAN que em 1916 construíram um modelo de dois rotores coaxiais girando em sentidos opostos e acionados por um motor de 120 HP. Era destinado a observação e

amarrado por cabos , chegou a transportar 4 passageiros e fazer vôos de até uma hora.

Na década de 20, JUAN DE LA CIERVA iniciou estudos para construção de aviões capazes de voar caso falhassem os motores. Ele idealizou um sistema que é primo dos helicópteros atuais, o AUTOGIRO, onde em um avião comum era adaptado um rotor principal. Esse rotor era capaz de girar impulsionado apenas pelo vento relativo o que mantinha a aeronave voando com velocidade igual a 30 MPH. Chamou-se este efeito de AUTOROTAÇÃO e que atualmente é incorporado em todos os helicópteros. Os primeiros modelos de La Cierva tendiam a tombar para o lado devido a DISSIMETRIA DE SUSTENTAÇÃO. Para eliminar esse problema utilizou pás flexíveis que eram ligadas aos punhos da cabeça do rotor por meio de articulação.

Até 1935 foram em vão todas as tentativas de fazer do AUTOGIRO uma combinação ideal. A velha teoria do helicóptero puro, aos poucos ia sendo aperfeiçoada, impulsionada pelos seguintes trabalhos:

HENRI BERLINER construiu dois tipos de helicópteros, um coaxial e outro com rotores principais dispostos lateralmente, impulsionados por um motor de 80 HP. Voaram, mas faltava ainda maior estabilidade.

DE BOTHEZAT construiu um tipo de helicóptero com quatro rotores principais em cruz, impulsionados por um motor de 200 HP e dois rotores menores colocados no plano vertical para permitir mudanças de direção. Conseguiu uma melhor estabilidade.

O projeto mais original surgiu na França, idealizado por OEHMICHEN. Tinha quatro rotores principais, cinco auxiliares para controle lateral, um para mudança de direção e duas hélices convencionais para deslocamento à frente. Um motor através de 13 sistemas de transmissão acionava toda esta constelação que, com sua complexidade, realizou mais de mil vôos com vários minutos de duração cada um.

PESCARA, de 1920 a 1926, fez várias tentativas onde a mais eficiente foi um sistema bi-plano de rotores impulsionado por um motor de 40 HP, mas que não obteve estabilidade e levou seu trabalho ao insucesso.

VON BAUMHAUER em 1930 construiu um tipo que com motor de 200 HP impulsionava um rotor principal com duas pás (nada comum na época) e outro motor com 80 HP acionava um pequeno rotor no plano vertical para eliminar o torque de reação do rotor principal. Com isso era possível a mudança de direção. Sofreu muitas críticas pois eram necessários 80 HP para vencer o torque e mudar a direção, isto equivalia a 35% da potência do rotor principal. BAUMHAUER obteve danos fatais durante as experiências. Entretanto, a sua idéia foi estudada e aproveitada por SIKORSKY que demonstrou estar o holandês errado apenas nos cálculos em relação à potência consumida pelo rotor de cauda.

HEIRICK FOCKE, em 1937, construiu o primeiro helicóptero realmente prático. Um avião sem asas com dois rotores laterais girando em sentido contrário e um motor radial de 160 HP. Era controlado pela mudança do ângulo das pás dos rotores. No vôo de demonstração realizado por HANNA REICH, fez deslocamentos laterais, para frente, para trás, giros de 360° e vôo pairado.

Finalmente, IGOR SIKORSKY, presente a todas as etapas de desenvolvimento, introduziu as modificações que trouxeram melhor controle e estabilidade, além de melhores características mecânicas e aerodinâmicas.

Rotor Principal

O rotor principal assegura a sustentação e a translação do helicóptero.

É constituído por:

VC

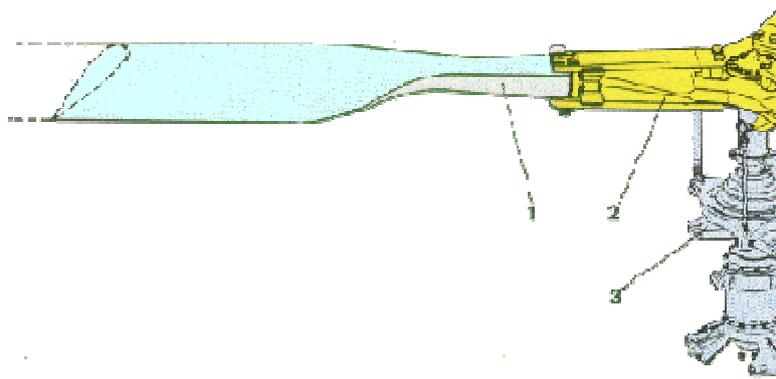
PÁS

C

ABEÇA

M

ASTRO



O mastro, fixado na caixa de transmissão principal, aciona a cabeça e transmite à estrutura a sustentação do rotor. A cabeça do rotor principal, fixada ao mastro, suporta as pás. É a sede da sustentação proveniente das pás e absorve os esforços inerente à rotação do rotor (forças centrífugas - esforços de batimento e de arrasto). As pás são responsáveis em transformar energia mecânica fornecida pelo conjunto motor-transmissão, em forças aerodinâmicas (sustentação). Veja mais sobre: ROTOR PRINCIPAL

PÁS

As pás do rotor principal, por serem responsáveis pela sustentação, devem ser fabricadas com materiais resistentes. Elas podem ser de madeira, de metal e de materiais compostos (mais utilizada atualmente). Se fosse possível ter todas as pás rigorosamente idênticas do ponto de vista de peso (mesmo peso e mesma distribuição de peso) e aerodinâmico (mesma geometria do perfil) não haveria problemas de vibração, pois todas as pás seriam funcionalmente idênticas. As vibrações são desconfortáveis e perigosas, pois: os elementos do rotor trabalham em condições de grandes esforços (risco de deterioração por fadiga) e o controle do helicóptero se torna difícil. Para evitar esses problemas é que as pás de um

rotor devem estar bem balanceadas, ou seja, sobre elas devem agir os mesmos efeitos aerodinâmicos e efeitos centrífugos. Isto é possível graças ao perfeito balanceamento das pás do rotor, ou seja, o balanceamento estático, o balanceamento dinâmico e o balanceamento aerodinâmico (tracking).

CABEÇA DO ROTOR

Existem três tipos de cabeça de rotor:

articulada;

semi-rígida;

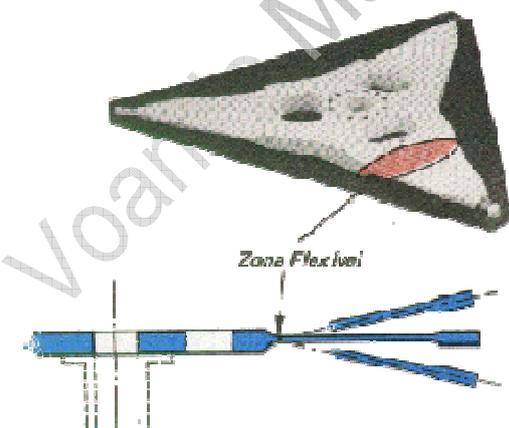
rígida.

Um rotor com a cabeça do rotor rígida pode ser, por exemplo, do tipo "STARFLEX". O princípio dessa cabeça consiste em ligar as pás aos braços da estrela por intermédio de um punho rígido que assegura, sem rolamentos, as funções de:

batimento

arrasto

variação de passo



O punho transmite também os esforços centrífugos da pá à zona central não flexível da estrela. Para tanto existem, entre punho e braço da estrela, as seguintes ligações flexíveis:

um mancal esférico laminado (sanduíche de conchas finas sucessivas de aço e elastômero) e duas molas em elastômero.

VANTAGENS DO STARFLEX EM RELAÇÃO À CABEÇA ARTICULADA

Manutenção quase nula (nenhuma articulação, nenhuma lubrificação);

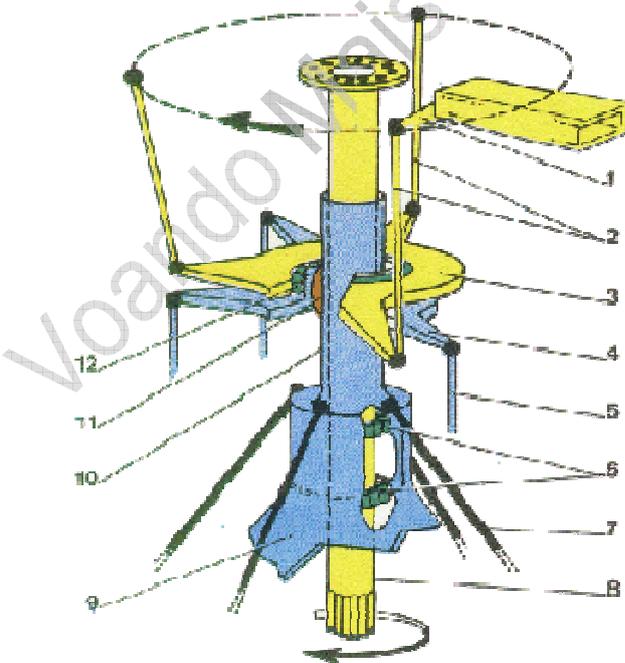
Filosofia à prova de falhas (fail safe) devido ao emprego de materiais compostos (a deterioração eventual é lenta e visível);

Manutenção "condicional", torna desnecessária a revisão geral;

Concepção modular, todas as peças são aparafusadas. É fácil substituir os elementos críticos;

Peso reduzido.

MASTRO



O mastro do rotor compreende:

a árvore do rotor (acionado pela caixa de transmissão principal);

os platôs cíclicos: um platô giratório(3) e um platô fixo(4).

O platô fixo é acionado pelos comandos do piloto(5) em 3 pontos espaçados de 90°.

Montado numa rótula(11), ele pode:

oscilar em volta da rótula (variação cíclica do passo).

deslocar-se ao longo do mastro (variação coletiva do passo). A rótula desliza sobre uma guia(10).

O platô giratório (montado sobre rolamentos)(12) acompanha todos os movimentos do platô fixo e os transmite às alavancas de passo(1) dos punhos da pá por meio de 3 hastes de comando do passo(2).

Um conjunto de cárter(9) que, prolongando a guia do platô cíclico, efetua a ligação rígida do mastro da caixa de transmissão. O eixo do rotor está ligado ao cárter por meio de 2 rolamentos cônicos(6) que suportam em vôo a sustentação do rotor e no solo o peso do rotor. Esses esforços são recebidos por 4 barras de suspensão(7) fixadas no piso mecânico.

VOANDO MAIS ALTO

Coordenação: Fábio Augusto Giunti Ribeiro

Elaboração: Thales Sarraf Giunti Ribeiro

Revisão: Yasmim Sarraf Giunti Ribeiro

Atibaia - SP - Fevereiro / 2011