

Revista Eletrônica

AeroDesign

Magazine



Volume 17 - Número 1 – 2025

ISSN - 2177-5907

Revista Eletrônica AeroDesign Magazine

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine é um veículo de divulgação do site EngBrasil e do Núcleo de Estudos Aeronáuticos, com publicação anual.

Além dos trabalhos de produção científica de autoria do Prof. Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues, de estudantes sob sua orientação e de professores e estudantes de diversas instituições de ensino, faz divulgação de artigos técnicos, cursos, documentos, eventos e entrevistas de interesse acadêmico sobre aspectos relacionados diretamente com o desenvolvimento da engenharia aeronáutica.

Sumário

ISSN - 2177-5907

Vol. 17, nº 1 (2025)

Sumário

Editorial

Artigos Técnicos

Ensaio Mecânico de Compressão

Gabriel Sirtori Corrêa - IFSP Campus Salto

Kennedy José Guimarães - IFSP Campus Salto

Ensaio Mecânico de Dobramento

Gustavo Roberto Cabral Romano - IFSP Campus Salto

Gustavo Silva Vilar - IFSP Campus Salto

Rafael Orsatti Argarate - IFSP Campus Salto

Ensaio Mecânico de Torção

Pedro Paulo Zia - IFSP Campus Salto

Tácio do Nascimento - IFSP Campus Salto

George Cayley e os Primeiros Planadores

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

Francis Herbert Wenham e os Pioneiros dos Planadores

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

Os Planadores dos Irmãos Wright

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

Editorial

É com grande honra e entusiasmo que apresentamos aos nossos leitores o Volume 17, Número 1, de 2025 da *Revista Eletrônica AeroDesign Magazine*. Em mais um ciclo de produção acadêmica, reafirmamos nosso compromisso com a disseminação do conhecimento técnico, histórico e científico que sustenta a evolução da engenharia e, especialmente, da aviação. Esta edição reúne pesquisas que dialogam entre si ao integrar fundamentos da mecânica dos materiais e importantes contribuições da história da aeronáutica, formando um panorama amplo e profundamente enriquecedor para estudantes, pesquisadores e entusiastas da área.

Iniciamos esta jornada com o artigo “Ensaio Mecânico de Compressão”, desenvolvido por Gabriel Sirtori Corrêa e Kennedy José Guimarães, ambos do IFSP Campus Salto. Os autores apresentam um estudo claro, preciso e didático sobre um dos ensaios mais fundamentais para a caracterização de materiais na engenharia. Em seu trabalho, destacam a importância da compressão como ferramenta para avaliar resistência, deformação e comportamento estrutural de corpos de prova metálicos e não metálicos. Mais do que descrever procedimentos experimentais, o artigo evidencia o papel desse ensaio na segurança estrutural de componentes aeronáuticos, que exigem máxima confiabilidade em todas as condições de operação.

Em continuidade ao eixo dos ensaios mecânicos, este volume também traz o artigo “Ensaio Mecânico de Dobramento”, produzido por Gustavo Roberto Cabral Romano, Gustavo Silva Vilar e Rafael Orsatti Argarate, igualmente do IFSP Campus Salto. Os autores conduzem o leitor a uma compreensão profunda do ensaio de dobramento, técnica essencial para determinar ductilidade, resistência à fratura e limite de deformação dos materiais. O trabalho destaca a aplicabilidade do ensaio na indústria aeronáutica, especialmente no que se refere à inspeção de chapas metálicas, componentes estruturais e peças submetidas a tensões complexas. Trata-se de uma contribuição relevante para estudantes que estão se familiarizando com os pilares da mecânica dos materiais e para profissionais que buscam reforçar sua compreensão sobre critérios de falha e integridade estrutural.

Encerrando a trilogia de estudos sobre ensaios mecânicos, apresentamos o artigo “Ensaio Mecânico de Torção”, de Pedro Paulo Zia e Tácio do Nascimento, também vinculados ao IFSP Campus Salto. O texto explora com clareza e objetividade os princípios envolvidos na torção de corpos de prova, destacando parâmetros como tensão cisalhante, ângulo de torção e módulo de rigidez. O ensaio de torção, frequentemente associado a eixos, hastes, parafusos e componentes rotacionais, assume especial importância na aviação, onde dispositivos mecânicos sujeitos a torção desempenham funções críticas.

Os autores conduzem o leitor por um percurso técnico sólido, que reforça a importância dos ensaios laboratoriais na formação profissional e na validação de projetos estruturais.

Após as contribuições experimentais dos ensaios mecânicos, esta edição convida o leitor a viajar no tempo e visitar as origens do voo planado. Iniciamos essa incursão histórica com o artigo “George Cayley e os Primeiros Planadores”, de Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues (IFSP Campus Salto). Considerado por muitos historiadores como o “pai da aeronáutica moderna”, Cayley foi responsável pela formulação dos princípios fundamentais do voo — sustentação, arrasto, propulsão e controle. O artigo resgata seu papel decisivo no desenvolvimento dos primeiros planadores funcionais, destacando como suas observações e experimentações pavimentaram o caminho para que, décadas mais tarde, outros pioneiros transformassem a teoria em prática. A narrativa apresentada é rica, envolvente e essencial para compreender a transição do sonho de voar para a ciência do voo.

Dando continuidade a esse resgate histórico, o mesmo autor assina o artigo “Francis Herbert Wenham e os Pioneiros dos Planadores”, que apresenta ao leitor uma figura frequentemente menos lembrada, mas de imenso valor para o avanço da aerodinâmica. Wenham, com sua visão aguçada e seu espírito inventivo, foi responsável por contribuições marcantes, como a concepção de asas de alto alongamento e a introdução de túneis de vento para estudos experimentais. O texto evidencia como suas ideias inovadoras ampliaram drasticamente o conhecimento sobre fluxo de ar e comportamento aerodinâmico, permitindo que a aviação científica florescesse com bases sólidas e quantitativas.

Por fim, encerrando esta edição com chave de ouro, o artigo “Os Planadores dos Irmãos Wright”, também de Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues, conduz o leitor ao momento crucial em que teoria, experimentação e perseverança se combinaram para transformar o voo planado em voo controlado. Antes do lendário 1903, os irmãos Wright realizaram uma extensa série de experimentos com planadores entre 1900 e 1902, e é justamente esse processo meticuloso que o artigo aborda. A obra sintetiza os refinamentos aerodinâmicos, as correções de projeto e as técnicas de controle que tornaram possível o primeiro voo motorizado da história. É um texto inspirador, que destaca não apenas a genialidade dos inventores, mas sua disciplina, método e busca incessante pela compreensão dos fenômenos aerodinâmicos.

Reunindo estudos experimentais e análises históricas, este volume da *Revista Eletrônica AeroDesign Magazine* reafirma seu propósito de promover o conhecimento aeronáutico em toda a sua amplitude. A combinação de pesquisas laboratoriais, essenciais para a formação técnica dos futuros engenheiros, com reflexões históricas sobre os pioneiros do voo, oferece ao leitor uma visão abrangente, coerente e estimulante sobre os fundamentos da aviação.

Agradecemos profundamente aos autores que contribuíram para esta edição, demonstrando empenho, rigor científico e dedicação à pesquisa. Aos nossos leitores, desejamos que cada página desta revista inspire novas descobertas, motive novos estudos e fortaleça ainda mais o vínculo entre ciência, história e paixão pelo voo.

Desejamos a todos uma excelente leitura.

Prof. Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Artigos

Ensaio Mecânico de Compressão

Gabriel Sirtori Corrêa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
gabriel.sirtori@aluno.ifsp.edu.br

Kennedy José Guimarães
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
kennedy.guimaraes@aluno.ifsp.edu.br

Resumo

A partir deste artigo é possível compreender um pouco mais sobre o ensaio mecânico de compressão, seu funcionamento, resultados e conclusões obtidas, além de entender a importância e os benefícios que esse tipo de procedimento pode trazer para o desenvolvimento da empresa e evolução dos produtos e materiais criados.

Palavras-chave

Ensaio Mecânico, Compressão, Indústria, Gráfico Tensão x Deformação, Materiais Dúcteis e Frágeis, Corpo de Prova.

1 – Introdução

Nas indústrias de produção mecânica, é necessário muitas vezes fazer uma análise do tipo de material que foi fabricado, para esse fim, os engenheiros realizam os ensaios mecânicos, que buscam entender as características e peculiaridades daquele material, e certificar que a peça foi produzida da maneira desejada. Um dos ensaios mais comuns é o de compressão, que permite a análise de muitas das principais características daquele material.

2 – Descrição do Ensaio

O ensaio mecânico de compressão, é um ensaio mecânico destrutivo, que consiste em avaliar como um corpo de prova de um material reage quando submetido a uma força axial, principalmente quando há uma dificuldade em realizar o ensaio de tração, podendo ser aplicado em materiais como madeira, concreto, metais, cerâmicas, plásticos e compostos. Tem como objetivo determinar a curva de tensão-deformação da amostra, para obter algumas das propriedades mecânicas do material. As finalidades deste ensaio são:

- Testar a qualidade do material;
- Avaliar a durabilidade do material;
- Avaliação de materiais estruturais;
- Teste de materiais para construção;
- Desenvolver novos materiais.

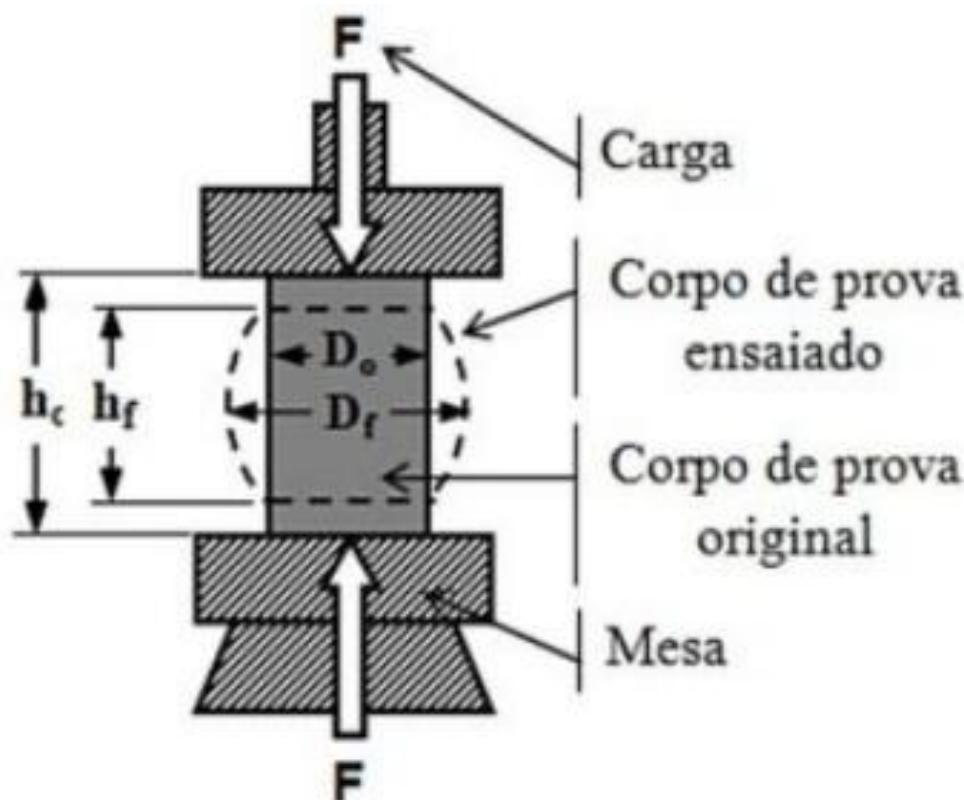


Figura 1 - Visão geral do ensaio de compressão.

O corpo de prova do material geralmente possui um formato cilíndrico, com suas dimensões tendo uma relação de 2/8 (comprimento/diâmetro), essas dimensões sempre devem estar especificadas nos resultados do ensaio. Vale ressaltar também que o comprimento desse corpo não deve ser muito grande e nem muito pequeno, para evitar outros efeitos indesejáveis, como o abaulamento e a flambagem.

O abaulamento, ou também conhecido como efeito barril, ocorre devido ao atrito da superfície do material na máquina, fazendo as partes mais afastadas dessa superfície crescerem radialmente para fora, em uma taxa proporcional a sua distância do centro do corpo de prova. Uma das maneiras de reduzir esse efeito, é lubrificar as faces de contato, e usinar sulcos rasos para reter essa lubrificação, ou também revestir as faces com materiais de baixo atrito, como parafina, teflon, etc.

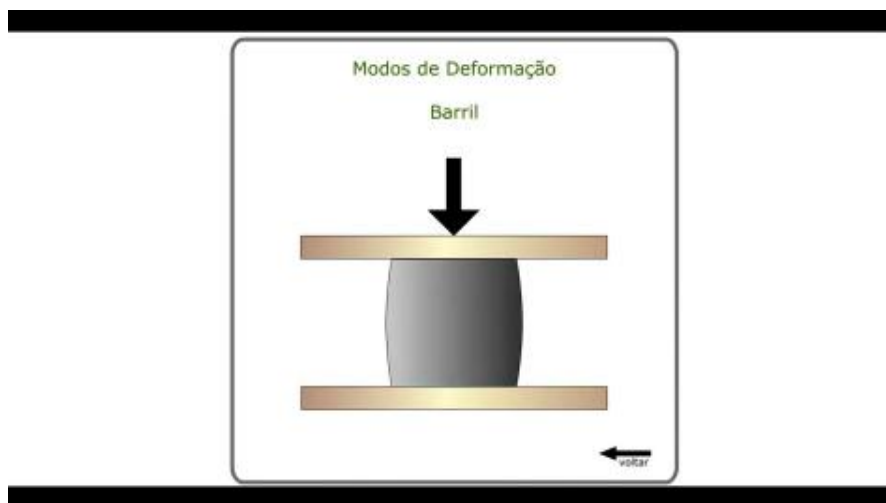


Figura 2 - Efeito barril.



Figura 3 - Sulcos rasos usinados para lubrificação.

Outro efeito que pode ser causado por esse ensaio é o de flambagem, que consiste no encurvamento do corpo de prova, isso acontece por conta da instabilidade na compressão do material, e dependendo de sua fixação, existem várias possibilidades de encurvamento. A flambagem ocorre principalmente quando o comprimento do corpo de prova é muito maior do que o seu diâmetro, por esse motivo, dependendo do material podem ser utilizadas também relações de $3/8$ ou até de $1/1$. Um cuidado que se deve ter para evitar esse efeito é o garantir que as placas colocadas para o ensaio estejam perfeitamente paralelas, garantindo assim a distribuição uniforme da força aplicada

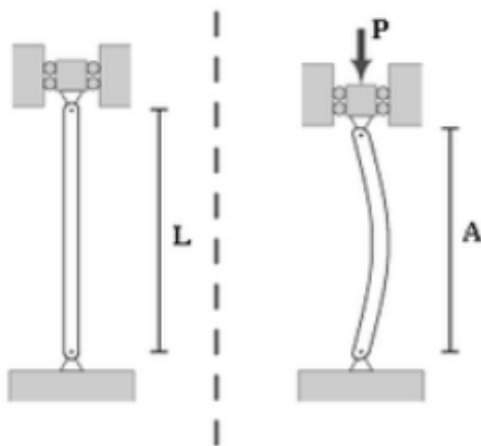


Figura 4 - Efeito de flambagem.

3 – Metodologia Para a Realização do Ensaio

Esse ensaio pode ser realizado nas máquinas universais de ensaios mecânicos, adaptando com as adições de duas placas lisas, uma delas fixa e outra móvel, paralelas entre si. O ensaio começa com a preparação do corpo de prova. O material é cortado ou moldado para formar um corpo com dimensões cilíndricas padrão. Em seguida, ele é colocado entre as duas placas adaptadas na máquina, que por sua vez, aplica uma força de compressão na direção do eixo do corpo de prova, sendo assim distribuída de modo uniforme para toda seção transversal. A força é aumentada gradualmente até que o material se deforme ou se rompa.

As relações que valem para o ensaio de tração, também valem para o ensaio de compressão. Ou seja, também irão ocorrer os tipos de deformação elástica e plástica no material ao ser submetido por uma compressão.



Figura 5 - Ensaio de compressão sendo realizado em um corpo de prova de concreto.

4 – Resultados Obtidos

Após realizar os testes e as análises, é possível obter o gráfico tensão-deformação do material, que permite analisar as características tirar conclusões sobre o material ensaiado, as principais delas são:

- Definição do tipo de material, sendo dúctil ou frágil;
- Tipo de deformação que o material sofreu;
- Tensão suportada pelo corpo de prova em cada fase;
- Limite elástico do material;
- Limite de proporcionalidade;
- Limite de resistência;
- Limite de ruptura.

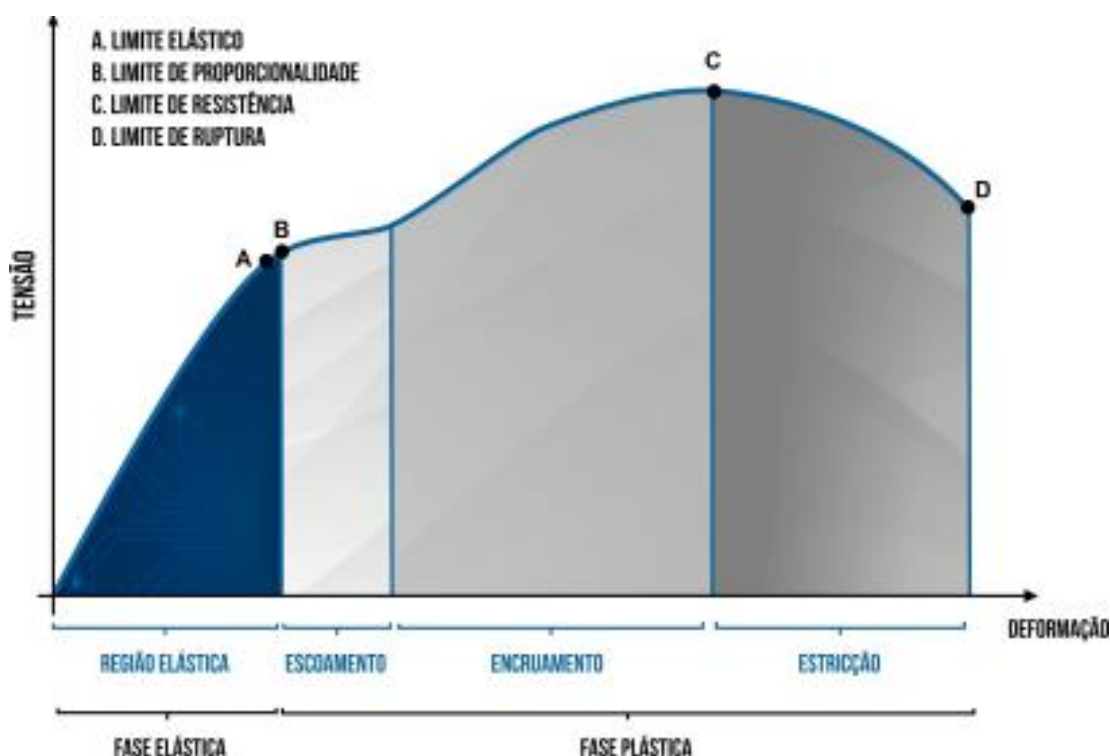


Figura 6 - Modelo do gráfico tensão-deformação do material.

Um material dúctil é aquele que consegue suportar uma tensão por mais tempo antes da ruptura, porém, tende a gerar uma deformação muito maior. Seu gráfico tem como característica, uma região plástica mais longa e constante.

O material frágil, tem o índice de deformação muito menor em relação ao dúctil, porém, também resiste a uma tensão muito maior. Seu gráfico tem como característica, uma região elástica mais alta, e uma região plástica muito curta.

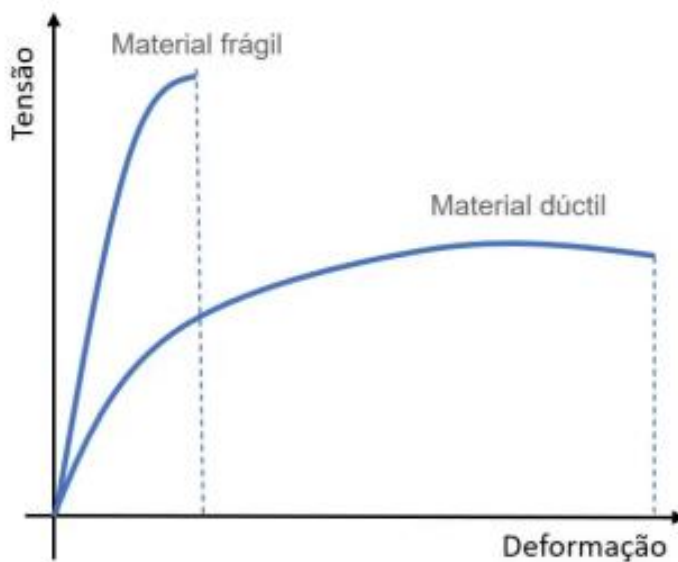


Figura 7 - Gráficos característicos de cada tipo de material.

Pode-se também analisar o processo de forma visual, e verificar qual o tipo de deformação que o material sofreu.



Figura 8 - Gráficos característicos de cada tipo de material.

Além disso, também é possível definir alguns valores a partir de equações. Normalmente, esses valores auxiliam para a construção do gráfico de tensão-deformação.

Tabela 1 - Equações utilizadas para auxiliar na criação do gráfico tensão-deformação.

RELAÇÕES VÁLIDAS PARA OS ESFORÇOS DE COMPRESSÃO	
FÓRMULA	SIGNIFICADO
$T = \frac{F}{S}$	T → tensão de compressão
	F → força de compressão
	S → área da seção do corpo
$\epsilon = \frac{L_o - L_f}{L_o}$	ϵ → deformação
	$L_o - L_f$ → variação do comprimento do corpo
	L_o → comprimento inicial do corpo
$E = \frac{T}{\epsilon}$	E → módulo de elasticidade
	T → tensão
	ϵ → deformação

5 – Aplicações na Indústria

Na indústria esse tipo de ensaio é bastante utilizado, pois as conclusões geradas pelos seus resultados, permitem tomar decisões mais precisas, além de garantir a qualidade do material fabricado. Geralmente, são realizados por profissionais da engenharia mecânica, metalúrgica, materiais ou áreas relacionadas. Esses profissionais podem trabalhar em laboratórios de ensaios ou departamentos de qualidade de empresas que produzem ou utilizam materiais e produtos sujeitos a forças mecânicas.

É possível também a terceirização desse processo, na qual uma empresa pode contratar um laboratório especializado em ensaios de materiais. Esses laboratórios têm equipamentos de testes específicos, e pessoal mais capacitado para essa finalidade, realizando os testes de acordo com as normas necessárias.

Independente do responsável técnico pelo ensaio, é necessário que todos aqueles que contribuíram para o desenvolvimento do material estejam familiarizados com as normas e procedimentos realizados.



Figura 9 - Profissional realizando ensaio mecânico em laboratório.

6 – Considerações Finais

A partir desse artigo e das pesquisas realizadas, pode-se concluir que o ensaio mecânico de compressão é um dos mais utilizados e importantes da indústria. Permitindo que a empresa possa tomar decisões a partir das conclusões obtidas, garantindo assim o desenvolvimento da empresa e melhora na qualidade do produto fabricado.

7 – Referências

<https://www.otmza.com.br/ensaio-de-compressao/>

<https://c2lab.com.br/blog-ensaio-de-compressao/>

<https://revistaadnormas.com.br/2019/03/05/o-ensaio-a-compressao-em-concreto>

<https://biopdi.com.br/artigos/ensaio-de-compressao/>

Ensaio Mecânico de Dobramento

Gustavo Roberto Cabral Romano
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
romano.g@aluno.ifsp.edu.br

Gustavo Silva Vilar
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
g.vilar@aluno.ifsp.edu.br

Rafael Orsatti Argarate
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
rafael.argarate@aluno.ifsp.edu.br

Resumo

Este artigo tematiza o processo do ensaio de dobramento. Dessa forma, serão apresentados a descrição do ensaio, seguido da metodologia para a realização do ensaio, assim como os resultados obtidos e suas aplicações na indústria.

Palavras-chave

Ensaio de Dobramento, Descrição, Metodologia, Resultados, Aplicações na Indústria.

1 – Introdução

O ensaio de dobramento é um dos métodos de ensaio mais utilizados na indústria para avaliar a qualidade de uma solda. É um teste relativamente simples que pode fornecer informações cruciais sobre a resistência e a integridade da junta soldada, além de qualificar a solda e o processo de soldagem.

Esse ensaio envolve a aplicação de uma carga em uma determinada região da solda, com o objetivo de curvá-la até um determinado ângulo, a fim de avaliar a resistência e a ductilidade da solda.

Este artigo aborda a descrição do ensaio, os diferentes tipos de ensaios de dobramento, a metodologia para a realização do ensaio, sua aplicação e interpretação dos resultados obtidos.

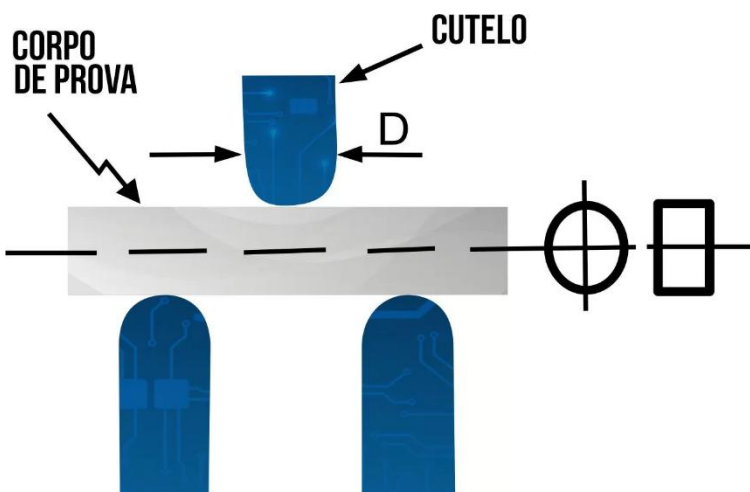
Além disso, serão discutidos os parâmetros mais importantes para garantir a precisão e confiabilidade dos ensaios de dobramento.



Figura 1 - Ensaio de dobramento em aço.

2 – Descrição do Ensaio

O ensaio mecânico de dobramento consiste na submissão de um corpo de prova a uma deformação plástica. É um ensaio relativamente simples que pode fornecer informações cruciais sobre a resistência e a integridade da junta soldada, além de qualificar o processo de soldagem e o soldador. Assim sendo, o corpo de prova é colocado sobre dois apoios, que são afastados em uma determinada distância especificada e, assim, é dobrado por um cutelo, aplicando uma força de flexão no centro do corpo, até que um ângulo de dobramento específico seja atingido.



(a)

Figura 2 - Identificação dos materiais utilizados no ensaio de dobramento

O processo de ensaio de dobramento envolve a aplicação de uma carga em uma determinada região da solda, com o objetivo de curvá-la até um determinado ângulo. O objetivo do ensaio é avaliar a resistência e a ductilidade da solda, bem como identificar defeitos na junta soldada, como trincas, fissuras e porosidade.

O ensaio de dobramento pode ser realizado em diferentes tipos de materiais, como metais e plásticos, e pode ser usado em diferentes tipos de juntas soldadas, incluindo juntas de topo, juntas de sobreposição e juntas em T.

Existem diferentes tipos de ensaios de dobramento, dependendo do tipo de junta soldada e do objetivo do ensaio. Os principais tipos de ensaios de dobramento são:

Dobramento lateral transversal: a peça é dobrada em um plano perpendicular à direção da solda, em um ângulo determinado;

Transversal de face: a peça é dobrada em um plano perpendicular à direção da solda, mas a carga é aplicada na face da solda;

Transversal de raiz: a peça é dobrada em um plano perpendicular à direção da solda, mas a carga é aplicada na raiz da solda;

Longitudinal de face: a peça é dobrada em um plano paralelo à direção da solda, mas a carga é aplicada na face da solda;

Longitudinal de raiz: a peça é dobrada em um plano paralelo à direção da solda, mas a carga é aplicada na raiz da solda.

A severidade do ensaio aumenta à medida que o diâmetro do cutelo diminui. O diâmetro do cutelo é geralmente determinado pelo diâmetro do corpo de prova ou sua espessura.

O ensaio de dobramento pode ser conduzido usando um equipamento de dobramento livre ou guiado.

Para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados do ensaio de dobramento, é importante considerar diversos parâmetros, tais como a geometria da peça, o tamanho do cutelo de dobramento, o ângulo de dobramento, a velocidade de aplicação da carga, entre outros.



Figura 3 - Resultado de um ensaio de dobramento.

É importante citar que há uma diferença entre o ensaio de dobramento e o ensaio de flexão mesmo que muito parecidos.

O ensaio de flexão é usado para medir a força necessária para flexionar um material em uma direção perpendicular ao seu eixo longitudinal. Geralmente, o teste é realizado em uma máquina de ensaio universal e envolve a aplicação de uma força crescente em um ponto central de uma amostra em forma de viga, até que ela se deforme de forma permanente. O teste pode ser realizado em diferentes condições, como flexão em três pontos, flexão em quatro pontos, flexão por carga constante, entre outras.

Por outro lado, o ensaio de dobramento é usado para medir a resistência de um material à ruptura por flexão repetida. Geralmente, o teste envolve a dobra repetida de uma amostra em forma de chapa, até que ela se rompa. A amostra é fixada em duas extremidades e uma força crescente é aplicada em uma terceira extremidade, de forma que a amostra se dobre em um ângulo de 90 graus em cada ciclo. O número de ciclos necessários para romper a amostra é registrado.

Em resumo, enquanto o ensaio de flexão mede a força necessária para deformar um material em uma direção perpendicular ao seu eixo longitudinal, o ensaio de dobramento mede a resistência do material à ruptura por flexão repetida.



Figura 4 - Exemplo de ensaio de flexão

3 – Metodologia Para a Realização do Ensaio

A realização do ensaio de dobramento segue um procedimento padrão, que envolve a escolha do material a ser testado, a preparação da amostra e a aplicação de uma carga que dobre a peça em um ângulo específico. O objetivo do ensaio é verificar a capacidade do material de suportar a carga e resistir à deformação permanente.

O primeiro passo na realização do ensaio é selecionar o material adequado para o teste, considerando suas propriedades mecânicas e a aplicação final da peça.

Em seguida, uma amostra do material é preparada, seguindo as especificações da norma técnica aplicável, que define as dimensões, forma e acabamento da peça.

Após a preparação da amostra, esta é fixada em uma máquina de ensaio e uma carga é aplicada em um ponto específico da peça. A carga é aplicada de forma contínua, até que a peça atinja um ângulo de dobra pré-determinado.

A carga e o ângulo de dobra são registrados em um gráfico de força versus deformação, que permite avaliar a curva de resposta do material.

A análise dos resultados do ensaio de dobramento é feita com base na curva de força versus deformação, que fornece informações sobre a capacidade do material de suportar cargas de flexão e resistir à deformação permanente. A partir dessa análise, é possível determinar a resistência à flexão e a ductilidade do material, que são parâmetros importantes na escolha do material para a aplicação final da peça.

O ensaio de dobramento é uma técnica utilizada para avaliar a ductilidade e a resistência à flexão de materiais, como metais e ligas. Existem três tipos de ensaio de dobramento: dobramento livre, dobramento semi guiado e dobramento guiado.

No dobramento livre, a força aplicada atua nas extremidades do corpo de prova e não no ponto onde ocorre o dobramento máximo.

Já no dobramento semi guiado, uma das extremidades do corpo de prova fica presa e a outra sofre a aplicação de força, que também pode ser aplicada em outro local do corpo de prova.

O dobramento guiado é o ensaio mais comum e preferido pelas normas mais populares em soldagem, como ASME, AWS e API. Ele é feito por meio de rolos de apoio e o cutelo, que proporcionam uma guia para a deformação do corpo de prova. Para evitar que o corpo de prova sofra esforços indevidos de tracionamento, é necessário diminuir ao máximo o atrito entre o corpo de prova e os rolos de apoio, utilizando boa lubrificação.

Quanto à velocidade do ensaio, ela não é um fator importante, desde que o ensaio não seja feito tão rápido que possa ser enquadrado como um ensaio dinâmico, como o ensaio de impacto.

O objetivo deste tipo de ensaio é avaliar a capacidade do material de suportar cargas de flexão e resistir à deformação permanente, permitindo determinar a resistência à flexão e a ductilidade do material. Essa técnica é extremamente utilizada na indústria para garantir a qualidade e a durabilidade dos materiais utilizados na produção de peças e componentes.

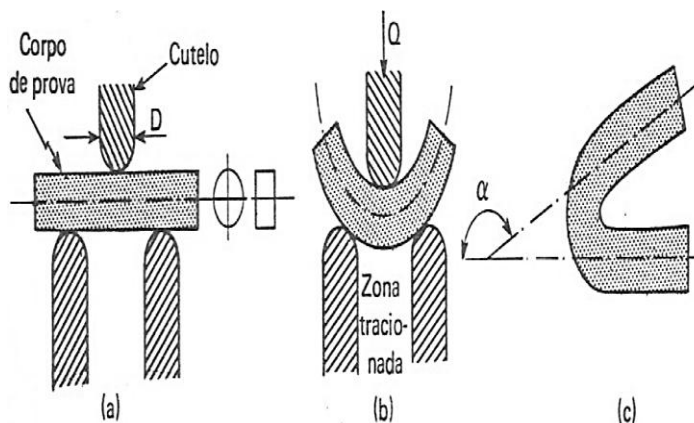


Figura 5 - Ensaio de dobramento.

4 – Resultados Obtidos

O ensaio de dobramento é um método amplamente utilizado para avaliar a resistência à flexão e a ductilidade de materiais, tais como metais e ligas. Os resultados deste ensaio são extremamente importantes, pois permitem determinar a capacidade do material de suportar cargas de flexão e resistir à deformação permanente.

Ao realizar um ensaio de dobramento, é possível obter a curva de força versus deformação, a partir da qual é possível determinar o ponto de ruptura e a capacidade de deformação do material. Esse ponto de ruptura é conhecido como limite de resistência à flexão e é o ponto em que o material se rompe durante o ensaio.

Além disso, a curva permite determinar a ductilidade do material, que é a capacidade de deformação sem fratura. Quanto maior for a deformação sem fratura, maior será a ductilidade do material.

Esse resultado é importante, pois materiais com alta ductilidade são mais indicados para aplicações que exigem resistência a esforços de flexão.

Outro resultado importante do ensaio de dobramento é a análise da qualidade do material, que é determinada a partir da avaliação da homogeneidade do material.

A presença de trincas, por exemplo, indica que o material não é homogêneo, o que pode comprometer sua resistência e durabilidade.

Por fim, o resultado do ensaio de dobramento também permite determinar se o material atende às especificações técnicas e normas regulatórias aplicáveis. Essas normas estabelecem os requisitos mínimos de resistência à flexão e ductilidade.

Sendo assim, os resultados do ensaio de dobramento são fundamentais para garantir a qualidade e a durabilidade dos materiais utilizados em diversos setores da indústria. Com base nesses resultados, é possível determinar se o material é adequado para determinada aplicação e se atende às normas técnicas

e regulatórias aplicáveis, garantindo assim a segurança e eficiência dos produtos e componentes produzidos com esses materiais.



Figura 6 - Material submetido ao ensaio de dobramento

5 – Aplicações na Indústria

Seguido da ideia de que o ensaio de dobramento serve para a medição da ductilidade de um material e é um teste muito eficaz na detecção de problemas que possivelmente vão comprometer o comportamento dos materiais na utilização, as principais aplicações desse tipo de ensaio são para barras para construção civil, barras soldadas com a finalidade de qualificação de solda e de soldadores, componentes para uso em microeletrônica e ainda peças como parafusos e pinos.

Dito isso, as principais aplicações são para o uso de barras na construção civil e em peças soldadas.

O ensaio de barras para o uso na construção civil tem extrema importância visto que essas barras são sujeitadas a um dobramento severo durante a aplicação. Para esse tipo de ensaio, utiliza-se o ângulo de dobramento de 180° e o diâmetro do cutelo depende da classificação da barra.

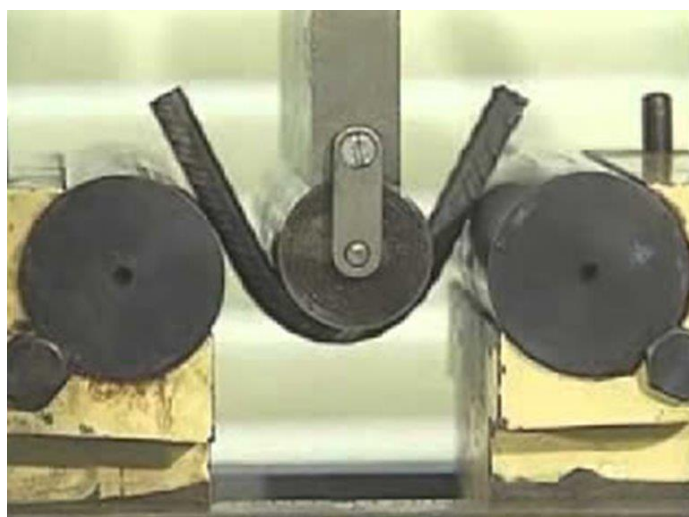


Figura 7 - Ensaio de dobramento de barras de aço.

O objetivo do ensaio de dobramento em peças soldadas é qualificar a solda, soldador e processo de soldagem. O ensaio pode ser livre ou guiado, dependendo do objetivo. É necessário testar a solda em diferentes posições para a qualificação. Os tipos de dobramentos incluem: dobramento lateral transversal, transversal de face, transversal de raiz, longitudinal de face e longitudinal de raiz.

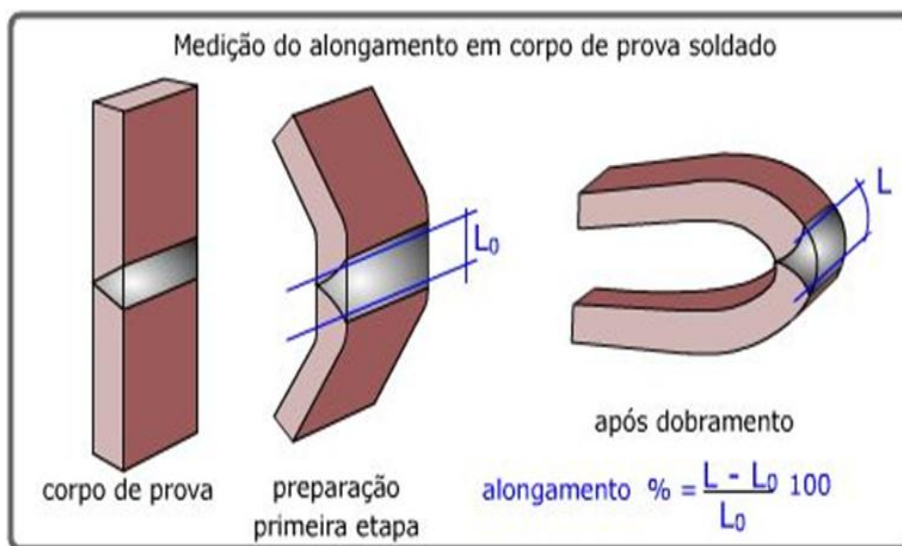


Figura 8 - Medição do alongamento de um corpo de prova soldado.

6 – Considerações Finais

Em conclusão, o ensaio de dobramento é uma técnica amplamente utilizada na indústria para avaliar a qualidade das juntas soldadas e dos processos de soldagem. Esse teste mecânico é relativamente simples, mas pode fornecer informações cruciais sobre a resistência e a integridade das peças.

A metodologia para a realização do ensaio de dobramento envolve a seleção do material adequado, a preparação da amostra e a aplicação de uma carga em um ponto específico da peça.

Existem diferentes tipos de ensaios de dobramento, que variam de acordo com o tipo de junta soldada e o objetivo do ensaio. Para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados, é essencial considerar diversos parâmetros, como a geometria da peça, o tamanho do cutelo de dobramento, o ângulo de dobramento e a velocidade de aplicação da carga.

Com a análise dos resultados obtidos do ensaio, é possível identificar defeitos na junta soldada, como trincas, fissuras e porosidade, e avaliar a capacidade do material de suportar cargas e resistir à deformação permanente.

Levando em consideração os fatos supracitados, o ensaio de dobramento é uma técnica valiosa para garantir a qualidade dos produtos e processos industriais.

7 – Referências

O que é ensaio de dobramento? Disponível em: <<https://aventa.com.br/novidades/ensaio-de-dobramento>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

PROAQT. Ensaios mecânicos dobramento. Disponível em: <<https://www.proaqt.com.br/ensaios-mecanicos-dobramento>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

CIMM. A aplicabilidade dos ensaios de dobramento - Inovação e Processos | CIMM. Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/7526-a-aplicabilidade-dos-ensaios-de-dobramento>. Acesso em: 28 mar. 2023.

TOURINHO. Ensaio mecânico: Dobramento. Disponível em: <<https://infosolda.com.br/213-ensaio-mecanico-dobramento/>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

Garcia, Amauri *et al.* Ensaio dos materiais. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

Ensaio de Dobramento . Disponível em: <<https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/ensaio-de-dobramento.html#:~:text=M%C3%A9todos%20de%20dobramento&text=O%20dobramento%20semiguiado%20%C3%A9%20realizado>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

SOMEH. O que é ensaio de dobramento e para que serve? - Someh Engenharia. Disponível em: <<https://someh.com.br/o-que-e-ensaio-de-dobramento-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

LTDA, T. E. E C. O método de ensaio de dobramento em materiais metálicos. Disponível em: <<https://revistaadnormas.com.br/2022/04/05/o-metodo-de-ensaio-de-dobramento-em-materiais-metalicos>>.

Ensaio Mecânico de Torção

Pedro Paulo Zia

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

pedro.zia@aluno.ifsp.edu.br

Tácio do Nascimento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

tacio.nascimento@aluno.ifsp.edu.br

Resumo

O ensaio de torção, como o nome já diz, tem intenção de torcer determinada peça, geralmente cilíndrica, em uma máquina propícia visando adquirir certos pontos de um gráfico de torção. Os pontos do gráfico são: Limite de deformação reversível; região de encruzamento (comportamento plástico); início do ponto de ruptura; região de encruzamento não uniforme; ponto de ruptura total.

Palavras-chave

Ensaio de torção, torção em indústrias, máquina de ensaio de torção, teste de torção.

1 – Introdução

Os ensaios mecânicos são realizados pela aplicação, em um corpo de prova, de um dos tipos de esforços possíveis (tração, compressão, flexão, torção, cisalhamento e pressão interna) determinando a resistência do material a cada tipo de um desses esforços (SOUZA, 1982).

O ensaio mecânico mais adequado dependerá da finalidade do corpo de prova em questão, dos tipos de esforços que vai sofrer e das propriedades mecânicas que se deseja medir (SOUZA, 1982).

O ensaio de torção é de realização relativamente simples, é um esforço mecânico aplicado em sentido de rotação, mas muitas vezes o material não suporta esse esforço e acaba se rompendo, fornecendo dados importantes sobre as propriedades mecânicas do corpo de prova, realizado para peças que, na prática, recebem esforços de torção, como molas em espiral, barras de torção, parafusos, brocas, entre outras (PAULO NETO, 2013).

A máquina para esse ensaio possui uma cabeça giratória que prende uma extremidade do corpo de prova, onde geralmente fica a célula de carga para se aplicar o momento de torção, e outra fixa (PAULO NETO, 2013).

O corpo de prova apresentará fraturas de acordo com suas propriedades mecânicas, como se pode visualizar a seguir.

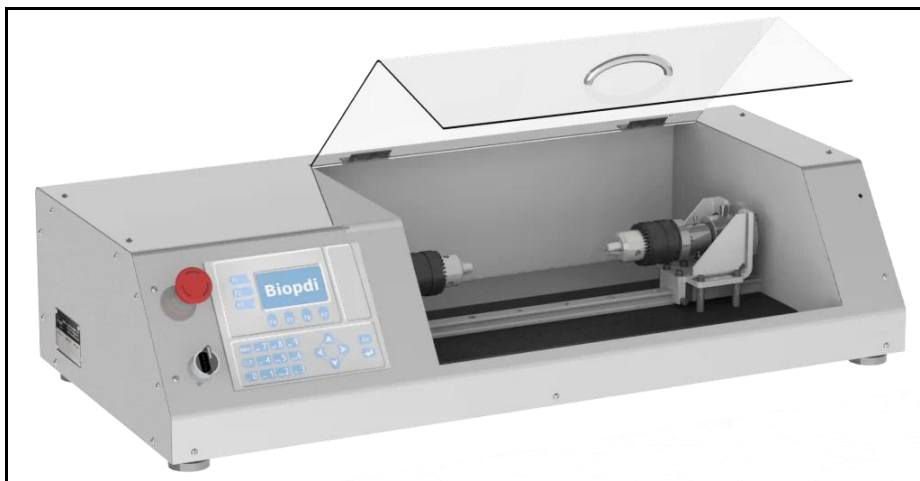


Figura 1 - Máquina de Ensaio de Torção.

2 – Descrição do Ensaio

O Ensaio de torção consiste na aplicação de carga rotativa em um corpo de prova, geralmente de geometria cilíndrica. Mede-se o ângulo de torção como função do momento torsor aplicado. Muito utilizado na indústria de componentes mecânicos como motores de arranque, turbinas aeronáuticas, rotores de máquinas pesadas, barras de torção e molas.

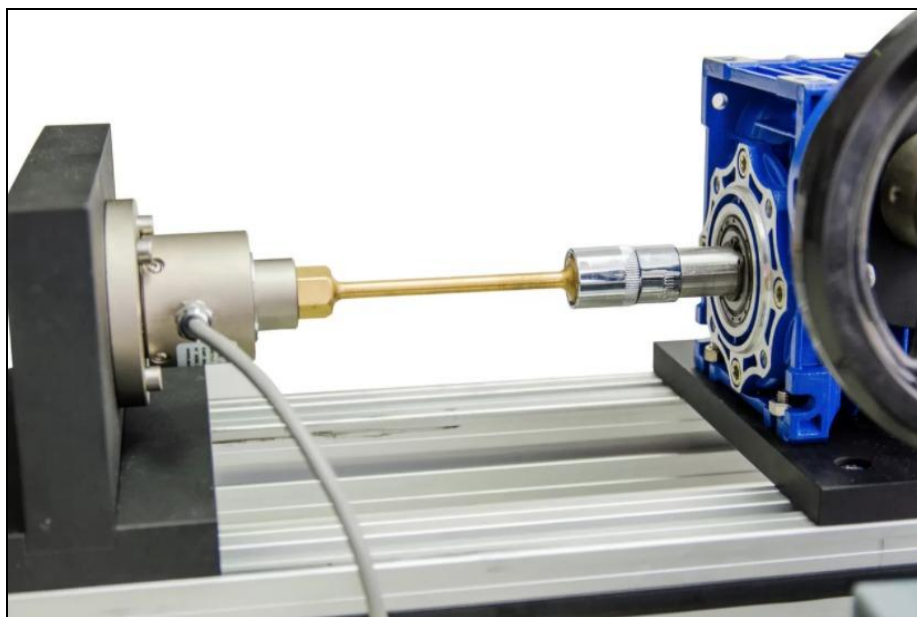


Figura 2 - Representação de ensaio de torção.

A máquina de torção possui duas cabeças para a fixação do corpo de prova. Uma das cabeças é giratória e aplica ao corpo de prova o momento de torção, a outra está ligada a um pêndulo que indica, em uma escala, o valor do momento aplicado ao corpo de prova.

No ensaio de torção, o corpo tende a girar no sentido da força e, como a outra extremidade está fixada, ele sofrerá uma torção sobre seu próprio eixo.

Sendo assim, quando o limite de torção for ultrapassado, o corpo se romperá.

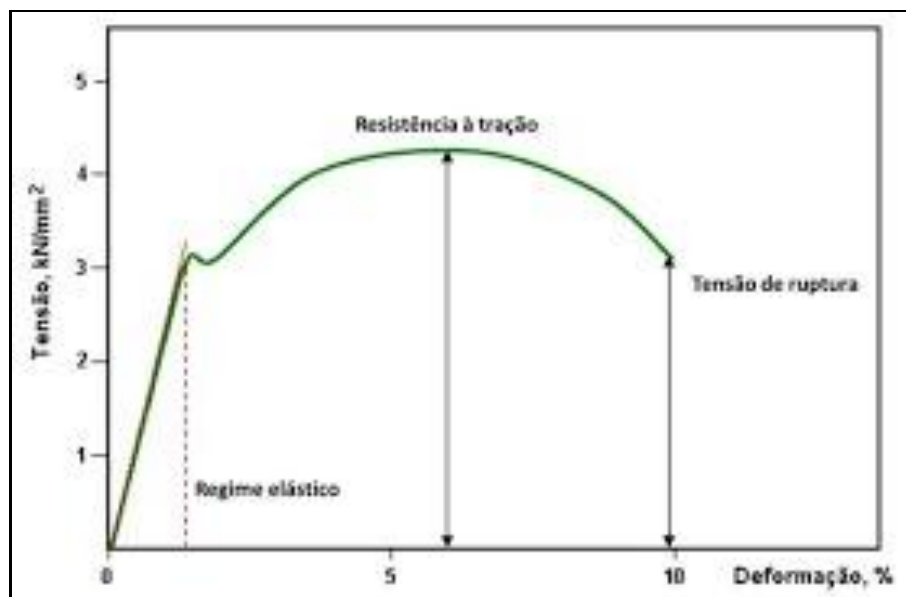


Figura 3 - Exemplo gráfico de escala de ensaio de torção.

O ensaio de torção é muito utilizado para verificar o comportamento e a resistência de eixos de transmissão, barras de torção, partes de motor e outros sistemas sujeitos ao esforço de torção.

Durante os ensaios, pode-se utilizar o próprio material objeto do estudo ou então corpos de prova.

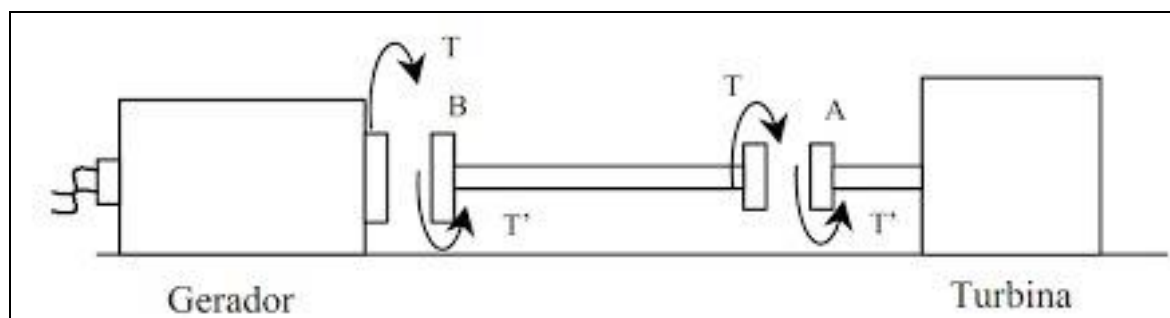


Figura 4 - Exemplo prático de torção.

O ensaio manual de torção pode ser feito com os seguintes dispositivos: torquímetro digital (Figura 5) e torquímetro de estalo (Figura 6).



Figura 5 - Torquímetro digital.



Figura 6 - Torquímetro de estalo.

Os testes feitos manualmente devem ser finalizados após ouvir um “bip” ou estalo, dependendo do torquímetro utilizado.

3 – Metodologia Para a Realização do Ensaio

Fixação das extremidades do CP na máquina, de modo que não ocorra danos ou destruição das mesmas, ocasionando pontos de nucleação de trincas e consequentemente fratura;

A distância entre as fixações será considerada o comprimento útil do corpo de prova; A rotação ou giro do CP deverá ocorrer apenas ao longo do comprimento útil e não na região engastada; O equipamento deverá ser dotado de um dispositivo de leitura de giro, diminuindo possíveis erros do operador nas medidas (ex. Encoder); Como a tensão máxima de cisalhamento ocorre na superfície,

recomenda-se que esta seja sem defeitos ou marcas que podem mascarar o comportamento do componente como um todo; A velocidade de giro deve ser pequena, e medida em rpm ou rps.

Existe uma torção quando uma seção transversal de uma peça está sob a ação de um conjugado que tende a torcê-la.

O plano de ação do conjugado = plano da seção transversal. Os conjugados são chamados de momentos de torção, momentos torcionais ou torque T , T' , e têm a mesma intensidade T e sentidos opostos (Nash, 1982).

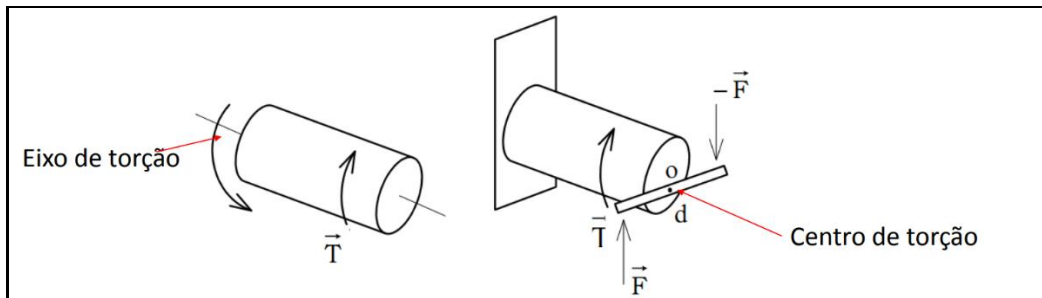


Figura 7 - Esquema de um movimento de torção.

Centro de Torção: (o) é o ponto em torno do qual a seção transversal gira. Para seções simétricas, coincide como o centro de gravidade.

Eixo de Torção: é o lugar geométrico dos centros de torção.

Deformações nos eixos circulares: um eixo circular está fixado a um suporte por uma de suas extremidades e aplicando-se à extremidade livre um momento de torção T , o eixo gira, e a seção transversal da extremidade apresenta uma rotação representada pelo ângulo ϕ , chamado ângulo de torção (Beer and Johnston, 1989).

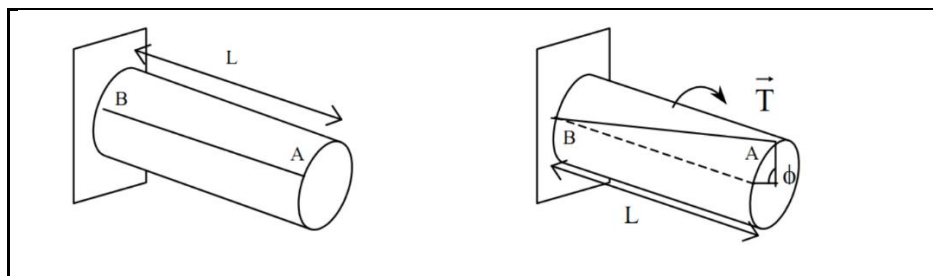


Figura 8 - Esquema de um eixo fixado sofrendo uma torção na direção T .

O ângulo de torção, para uma certa faixa de variação de T , é proporcional tanto a T como ao comprimento do eixo L . Um prisma de seção circular, tendo uma de suas extremidades fixas, submetido a um momento de torção T .

4 – Resultados Obtidos

Este ensaio é bastante utilizado para verificar o comportamento de eixos de transmissão, barras de torção, partes de motor e outros sistemas sujeitos a esforços de torção. Nesses casos, ensinam-se os próprios produtos.

Quando é necessário verificar o comportamento de materiais, utilizam-se corpos de prova.

Para melhor precisão do ensaio, empregam-se corpos de prova de seção circular cheia ou vazada. Em casos especiais pode-se usar outras seções.

Normalmente as dimensões não são padronizadas, pois raramente se escolhe este ensaio como critério de qualidade de um material, a não ser em situações especiais, como para verificar os efeitos de vários tipos de tratamentos térmicos em aços, principalmente naqueles em que a superfície do corpo de prova ou da peça é a mais atingida. Contudo, o comprimento e o diâmetro do corpo de prova devem ser tais que permitam as medições de momentos e ângulos de torção com precisão e que não dificultem o engastamento nas garras da máquina de ensaio.

Para os resultados obtidos, deve-se esperar algo parecido com o gráfico abaixo:

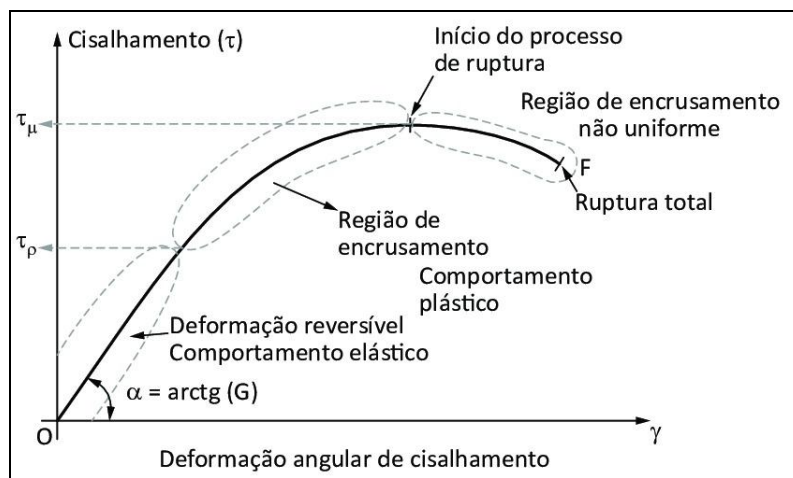


Figura 9 - Exemplo de gráfico de torção.

A Região descrita por “Deformação reversível (comportamento elástico)” se dá ao fato que o objeto, geralmente cilíndrico, tem como o nome diz, comportamento de elástico, não se deformando definitivamente e voltando ao estado de origem, indo até o ponto (τ_p) no gráfico. Está região se comporta praticamente como uma reta, sendo o ângulo α o arco tangente a curva “G”.

A região de encruzamento descreve a torção necessária para haver deformação definitiva, porém, sem ruptura indicada pelo ponto (τ_μ). O comportamento plástico define que após a deformação, não há recuperação da forma original.

O início do processo de ruptura (τ_u) até a ruptura total (F) é a região de encruzamento não uniforme, onde há ruptura, porém, a peça segue sem partir.

As fraturas observadas no ensaio de torção são diferentes das obtidas no ensaio de tração.

Os materiais dúcteis rompem-se por cisalhamento ao longo do plano de máxima tensão de cisalhamento (geralmente um plano normal) ou plano transversal.

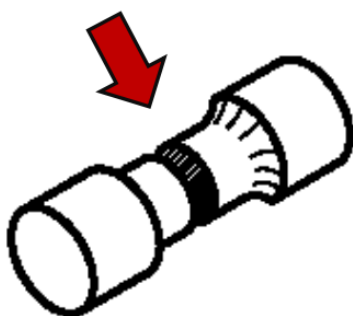


Figura 10 - Exemplo de fratura obtida no ensaio de tração.

Os materiais frágeis rompem-se em função das tensões de tração decorrentes (plano fratura é perpendicular a tensão trativa máxima) sendo dada pela bissetriz do ângulo entre dois planos de máxima tensão fazendo um ângulo de 45° com as direções longitudinais e transversais.

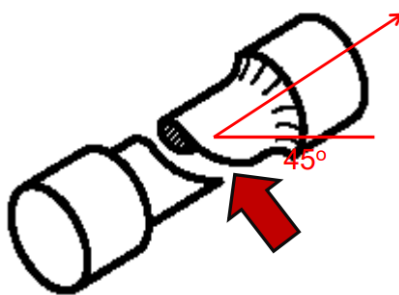


Figura 11 - Exemplo de fratura obtida no ensaio de torção.

5 – Aplicações na Indústria

No meio industrial, o ensaio de torção atua em vários ramos como sua utilização em testes para verificação de qualidade de materiais como parafusos, materiais sintéticos, materiais de ligas, chegando a ficar mais complexo como a confecção de equipamentos com eixos de comando de válvulas e apoio de motor.

No ramo odontológico, este ensaio pode ser encontrado no desenvolvimento e fabricação de implantes dentários, sendo mais preciso, para especificar as dimensões e tolerâncias dos parafusos

ósseos, e para especificar desempenhos e metodologias de ensaio para determinação de propriedades de torção desses parafusos.

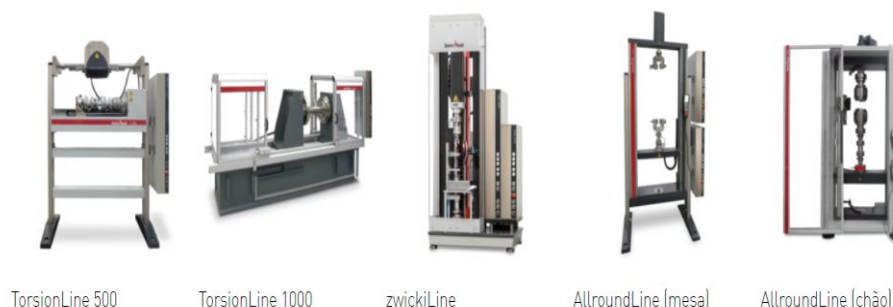


Figura 12 - Imagem de alguns modelos industriais de máquinas que fazem o ensaio de torção.

Tabela 1 - Modelos de máquinas para cada ensaio de torção.

Máquinas para ensaios de torção em comparação					
Modelo	Máquinas de ensaios de chão	Máquinas de ensaios de chão	Máquina de ensaios de bancada	Máquina de ensaios de bancada	Máquina de ensaios de chão
Tipo de ensaio	Teste de torção	Teste de torção	Tração-compressão-torção	Tração-compressão-torção	Tração-compressão-torção
Eixo de ensaio	horizontal	horizontal	vertical	vertical	vertical
Força axial máxima	-	-	2,5 kN ; 5kN	50 kN	250 kN
Acionamento de torção	20Nm ; 200Nm ; 500Nm	1000Nm ; 2000Nm	2Nm ; 20 Nm	2Nm ; 20Nm ; 100Nm ; 200Nm	200Nm ; 2000Nm
Drive de acionamento de torção - retrofit possível	-	-	✓	✓	✓
Exemplos de uso	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Materiais sintéticos; ☐ Materiais metálicos; ☐ Parafusos para ossos; ☐ Sistemas de fixação; ☐ Parafusos; ☐ Materiais para ligas; ☐ Eixos de comando de válvulas; ☐ Apoios de motor; 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Materiais sintéticos; ☐ Materiais metálicos; ☐ Produtos de engenharia médica; ☐ Sistemas de fixação; ☐ Materiais para ligas; ☐ Eixos de transmissão; ☐ Apoios de motor; ☐ Eixos de comando de válvulas; 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Canetas de medicamentos; ☐ Conexões Luer Lock; ☐ Fechos de rosca; ☐ Componentes de stents; 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Discos de articulação cardan; ☐ Amortecedores; ☐ Próteses de pé; ☐ Conexões de cateter; ☐ Válvulas para garrafas; 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Discos de acoplamento; ☐ Amortecedores de vibrações; ☐ Materiais para ligas;

6 – Considerações Finais

Ao fim desta pesquisa, pode-se perceber que o ensaio de torção mostrou-se ser bem completo, sendo desenvolvido a partir do torque, potência, momento de inércia e outros fatores obtidos durante o teste, podendo-se obter bons resultados no corpo de prova.

Pode se observar também que ele não é apenas um teste que obtém dados para materiais simples, como atua também em diversas áreas da indústria como na mecânica, odontologia, cirúrgica e várias outras.

7 – Referências

<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Lucas%20Borges%20Guimar%C3%A3es.pdf><https://docplayer.com.br/11778956-Ensaio-mecanicos-de-materiais-aula-10-ensaio-de-torcao-prof-msc-luiz-eduardo-miranda-j-rodrigues.html>

<http://www.cartografica.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2015/09/AULA-04-TOR%C3%87%C3%83O.pdf>

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5825389/mod_resource/content/1/SMM0342%20-%20IEMM-%20AULA%208%20-%20Ensaio%20Compress%C3%A3o-Tor%C3%A7%C3%A3o%20e%20flu%C3%Aancia.pdf

<https://www.zwickroell.com/pt/produtos/maquinas-para-ensaios-estaticos-de-materiais/maquinas-de-ensaio-biaxiais-triaxiais/maquinas-de-ensaio-de-torcao/>

George Cayley e os Primeiros Planadores

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
luizeduardo@ifsp.edu.br

Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelo pioneiro dos planadores o inglês George Cayley.

Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, George Cayley.

1 – Introdução

George Cayley, nasceu em 27 de dezembro de 1773 e foi um engenheiro, inventor e aviador inglês. Ele é uma das pessoas mais importantes da história da aeronáutica.

Muitos o consideram como a primeira pessoa a investigar os princípios da aeronáutica de maneira técnica e científica, sendo o primeiro estudioso a compreender os princípios do voo.

Cayley representou o partido Whig como membro do Parlamento por Scarborough de 1832 a 1835 e, em 1838, ajudou a fundar o primeiro Instituto Politécnico do Reino Unido, a Royal Polytechnic Institution, atual Universidade de Westminster, onde atuou como seu presidente por muitos anos.

Ele foi um membro fundador da Associação Britânica para o Avanço da Ciência e um primo distante do matemático Arthur Cayley.

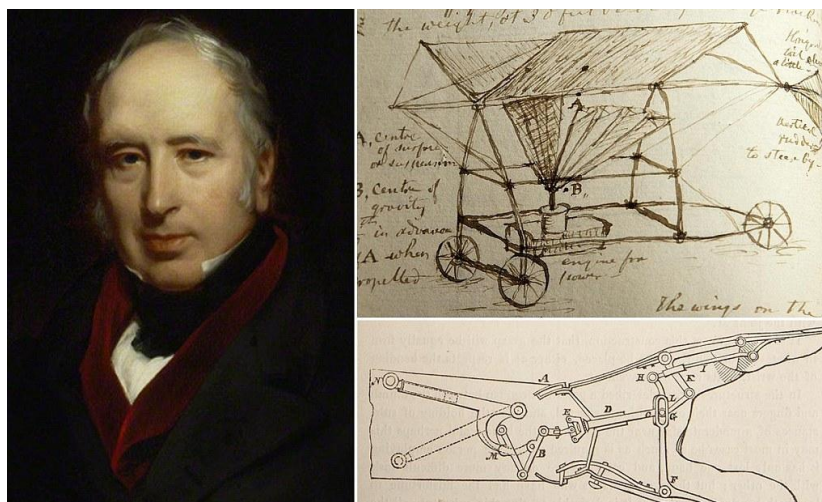


Figura 1 – George Cayley.

2 – Descobertas e Experimentos Pioneiros

Em 1799, ele estabeleceu o conceito do avião moderno como uma máquina voadora de asa fixa com sistemas separados para elevação, propulsão e controle.

Ele foi um pioneiro da engenharia aeronáutica, sendo que descobriu e identificou as quatro forças que atuam em um veículo voador mais pesado que o ar: peso, sustentação, arrasto e tração.

O design dos aviões modernos é baseado nessas descobertas e na importância das asas arqueadas, também identificadas por Cayley. Construiu o primeiro aeromodelo voador e também diagramou os elementos do voo vertical.

Cayley também projetou o primeiro planador confiável para transportar um ser humano. Previu corretamente que o voo sustentado não ocorreria até que um motor leve fosse desenvolvido para fornecer empuxo suficiente e conseguir gerar sustentação adequada para a realização do voo.

É lembrado principalmente por seus estudos e experimentos pioneiros com máquinas voadoras, incluindo o planador que ele projetou e construiu.

Também escreveu um tratado entre 1809 e 1810, de três partes intitulado “On Aerial Navigation”, que foi publicado no Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts de Nicholson.

A descoberta de esboços em 2007 nos cadernos escolares de Cayley (guardados no arquivo da Royal Aeronautical Society Library) revelou que, mesmo na escola, Cayley estava desenvolvendo suas ideias sobre as teorias de voo.

Os esboços do caderno de Cayley indicam que ele identificou o princípio de um plano inclinado para geração de sustentação já em 1792.

Para medir o arrasto em objetos com diferentes velocidades e ângulos de ataque, ele construiu um “braço giratório”, considerado um desenvolvimento de trabalhos em balística e resistência do ar.

Ele também realizou experimentos com seções de asas rotativas de várias formas geométricas nas escadarias de Brompton Hall.

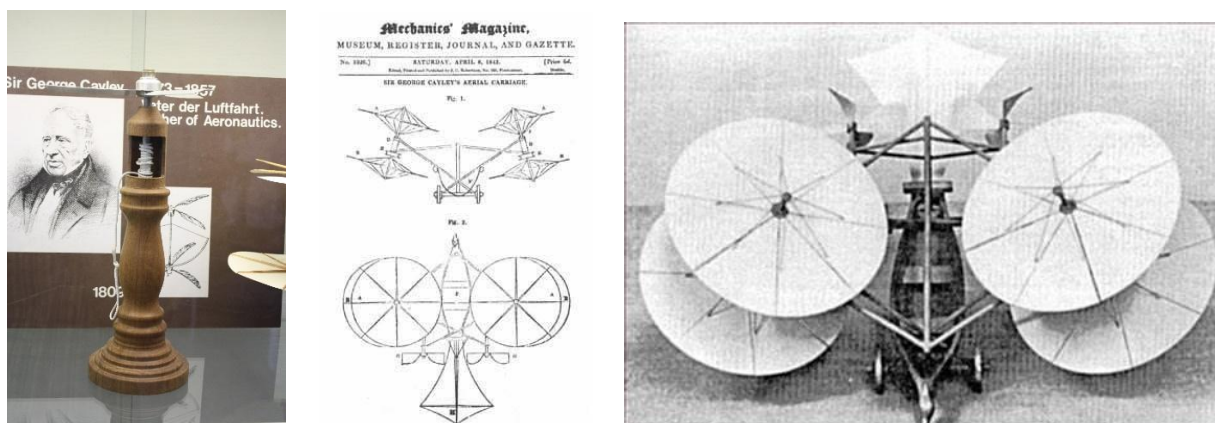


Figura 2 – Experimentos de Cayley.

Essas experiências científicas o levaram a desenvolver um aerofólio curvado e eficiente, além de identificar as quatro forças que atuam no voo de uma aeronave: empuxo, sustentação, arrasto e peso.

Cayley descobriu a importância do ângulo diedro para a estabilidade lateral em voo e definiu o centro de gravidade de muitos de seus modelos bem abaixo das asas por esse motivo, sendo que esses princípios influenciaram o desenvolvimento de asas-delta.

3 – O Planador de Cayley

O modelo de planador pilotado com sucesso por Cayley em 1804 tinha o layout de uma aeronave moderna, com uma asa em forma de pipa voltada para a frente e uma cauda ajustável na parte traseira consistindo de estabilizadores horizontais e uma aleta vertical. Um peso móvel permitia o ajuste do centro de gravidade do modelo.

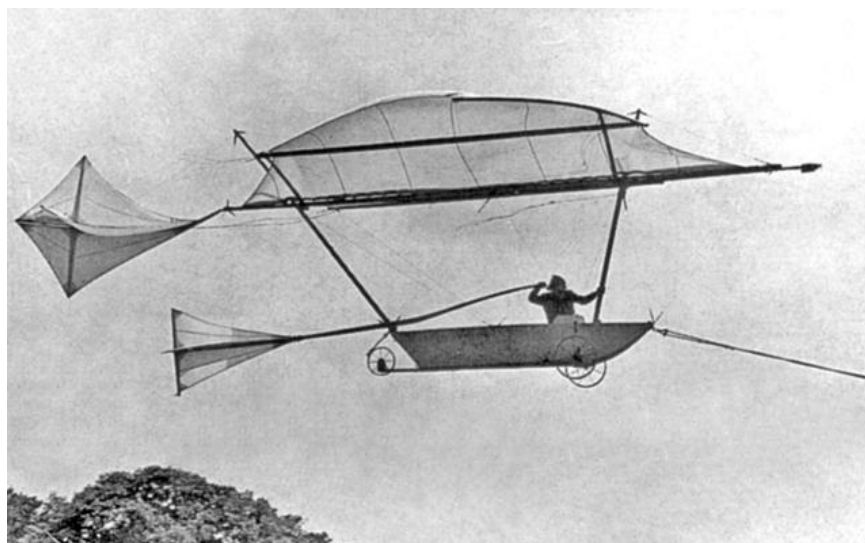
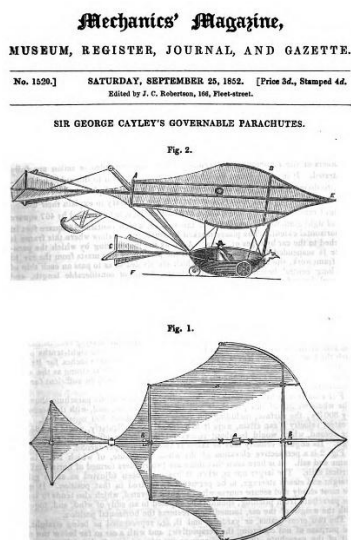


Figura 3 – O planador de Cayley.

Por volta de 1843, ele foi o primeiro a sugerir a ideia de um avião conversível, ideia que foi publicada em um jornal escrito no mesmo ano. Em algum momento antes de 1849, ele projetou e construiu um biplano.

Posteriormente, com a assistência contínua de seu neto George John Cayley e de seu engenheiro residente Thomas Vick, ele desenvolveu um planador de grande escala que voou por Brompton Dale na frente de Wydale Hall em 1853.

Uma réplica da máquina de 1853 foi transportada para o local original em Brompton Dale em 1973 para um programa de TV e em meados da década de 1980 para a gravação do filme “On the Wing”.

O planador está atualmente em exibição no Museu do Ar de Yorkshire. Outra réplica, pilotada por Allan McWhirter, voou em Salina, Kansas, em março de 2003.



Figura 4 – Réplicas do planador de Cayley.

4 – O Legado de Cayley

Cayley morreu em 1857 e foi enterrado no cemitério da Igreja de Todos os Santos em Brompton-by-Sawdon.

Ele é homenageado na Universidade de Hull, Campus de Scarborough, onde uma residência universitária e um prédio de ensino receberam seu nome.

Ele é um dos muitos cientistas e engenheiros comemorados por ter uma residência universitária e um bar na Universidade de Loughborough com o seu nome.

A Universidade de Westminster também homenageia a contribuição de Cayley para a formação da instituição com uma placa de ouro na entrada do prédio da Regent Street.

Há painéis de exibição e um filme de vídeo no Royal Air Force Museum London em Hendon, homenageando as realizações de Cayley e uma moderna exposição e filme “Pioneers of Aviation” no Yorkshire Air Museum, Elvington, York.

O Sir George Cayley Sailwing Club é um clube de voo livre com sede em Yorkshire, afiliado à British Hang Gliding and Paragliding Association, que leva seu nome desde a sua fundação em 1975.

Em 1974, Cayley foi introduzido no International Air & Space Hall of Fame.

“Cerca de 100 anos atrás, um inglês, Sir George Cayley, levou a ciência do voo a um ponto que nunca havia alcançado antes e que dificilmente alcançou novamente durante o século passado.”

Wilbur Wright, 1909

5 – Considerações Finais

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos primeiros voos realizados em planadores, projetados e construídos pelo inventor inglês George Cayley. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de Cayley, sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica, os projetos e estudos desenvolvidos e os voos realizados pelo inventor inglês.

6 – Referências

Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José., A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

Francis Herbert Wenham e os Pioneiros dos Planadores

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
luizeduardo@ifsp.edu.br

Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelos pioneiros dos planadores, Francis Herbert Wenham, John Stringfellow e William Samuel Henson.

Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, Francis Herbert Wenham, John Stringfellow, William Samuel Henson.

1 – Introdução

Francis Herbert Wenham, nasceu em 1824 na cidade Kensington; foi um engenheiro naval britânico, filho de um cirurgião do Exército, que estudou a questão do voo tripulado e escreveu um influente e trabalho acadêmico que ele apresentou no primeiro encontro da Royal Aeronautical Society em Londres em 1866.

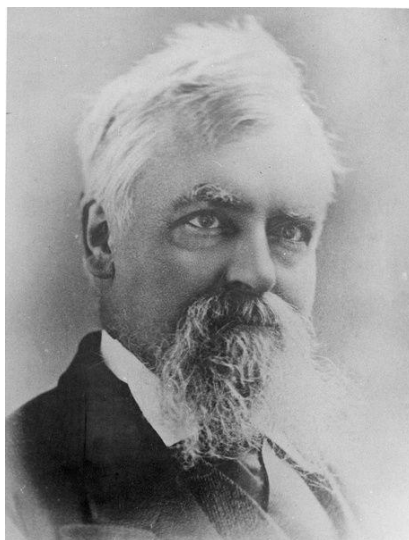


Figura 1 – Francis Herbert Wenham.

O trabalho de Wenham, intitulado “Aerial Locomotion”, foi publicado no jornal da Sociedade e também em várias outras publicações aeronáuticas na década de 1890, incluindo a Progress In Flying Machines de Octave Chanute.

Nesse trabalho, Wenham introduziu o conceito de asas sobrepostas que deu origem aos biplanos, triplanos e multiplanos, tanto em planadores na década de 1890 quanto em aeronaves nas primeiras décadas do século XX.

A aeronáutica era um “trabalho de tempo livre” para Wenham. Seu trabalho regular era o de projetar motores navais, hélices de navio, motores à gás e ar quente e aquecedores de alta pressão.

Wenham tinha também conhecimento no uso de microscópios, tendo publicado vários estudos sobre o assunto, chegando a projetar e fabricar alguns deles.

2 – Primeiro Teste de Wenham

O primeiro teste de Wenham com um modelo de asas superpostas que se assemelhava a uma persiana ocorreu em 1866.

Algumas variantes foram testadas com relativo sucesso, o que levou Wenham a tentar construir uma máquina que levasse um homem.

Ele fez o teste numa tarde de ventos fortes. Ele foi pego de surpresa, quando escreveu: “Uma súbita rajada de vento atingiu o experimento, que se ergueu a uma certa distância do solo”.

Uma tentativa com um monoplano foi feita naquele mesmo ano, mas sem resultados práticos.

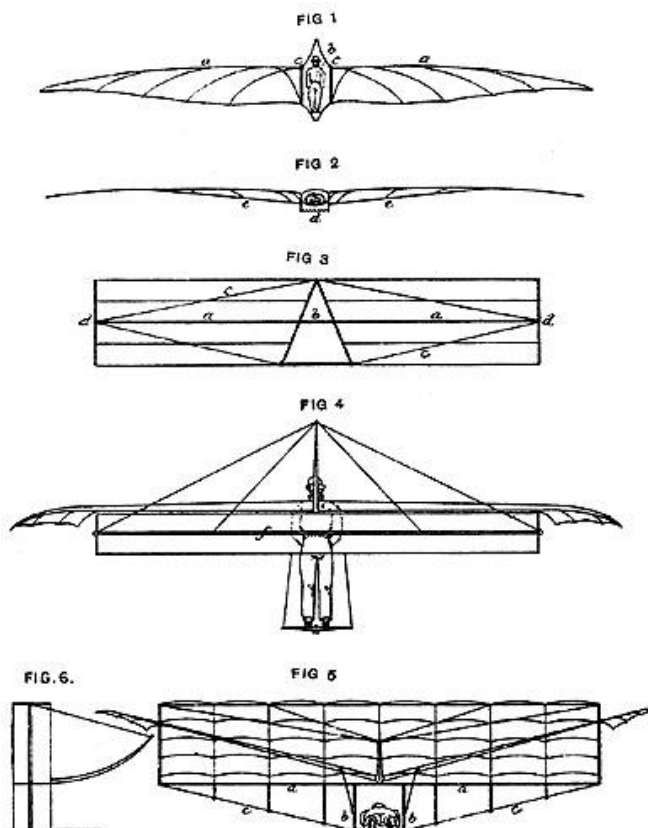


Figura 2 – O planador de Wenham.

3 – O Primeiro Túnel de Vento

Em 1871, Wenham e seu colega John Browning projetaram e construíram o que provavelmente foi o primeiro túnel de vento do Mundo.

Os experimentos deles demonstraram que: uma proporção maior entre a envergadura e a corda de asas com a mesma área, gerava uma taxa de sustentação maior em relação ao arrasto.

Escrevendo sobre esse trabalho, Wenham pode ter sido o primeiro cientista a usar a palavra “aeroplano”.

4 – O Legado de Wenham

A escritora especializada em aviação, Carroll Gray, afirma que Wenham pode ter influenciado decisivamente o trabalho dos Irmãos Wright:

"É interessante notar que ao menos quatro importantes elementos das "máquinas voadoras" (planadores e aeronaves, incluindo o Wright Flyer de 1903) dos Wright foram sugerido por Wenham em 1866:

- 1) asas superpostas;
- 2) suportes verticais entre as asas;
- 3) a posição de braços do piloto;
- 4) que as curvas em voo fossem obtidas gerando mais sustentação em um dos lados da aeronave ao invés do uso de um único leme.

É também importante reafirmar que o trabalho de Wenham, o "Aerial Locomotion" estava disponível para Wilbur Wright (assim como para Orville) no "Aeronautical Annual" de 1895, o qual a Smithsonian Institution recomendou explicitamente à Wilbur Wright em Junho de 1899 (assim como outros materiais de leitura), que ele rapidamente obteve e estudou."

5 – Influência de Wenham em John Stringfellow

De acordo com algumas fontes, John Stringfellow foi influenciado pelo trabalho de Wenham ou por sua comunicação pessoal com ele quando criou seu modelo triplano de aeronave que foi demonstrado publicamente na exibição internacional no Crystal Palace em 1868.

John Stringfellow nasceu em 1799 na cidade de Sheffield; é conhecido por seu trabalho (em conjunto com William Samuel Henson) na “Aerial Steam Carriage” (Ariel), ou Carruagem Aérea a Vapor, uma máquina voadora patenteada em 1842.

Ambos obtiveram reconhecimento público, apesar de ter sido Stringfellow quem conseguiu efetuar o primeiro voo em 1848, no galpão de uma fábrica abandonada em Chard, chegando a 3 m de altura com sua máquina a vapor.

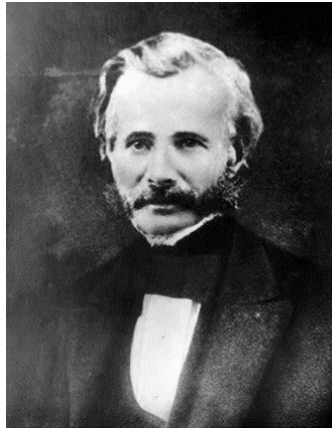


Figura 3 – John Stringfellow.

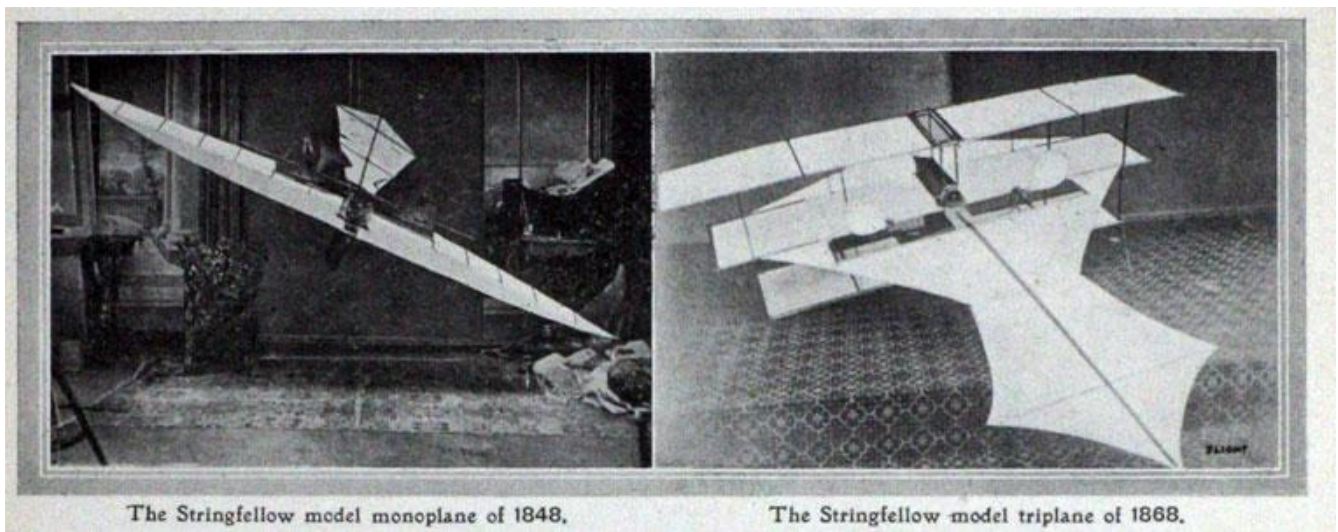


Figura 4 – Projetos de Stringfellow.

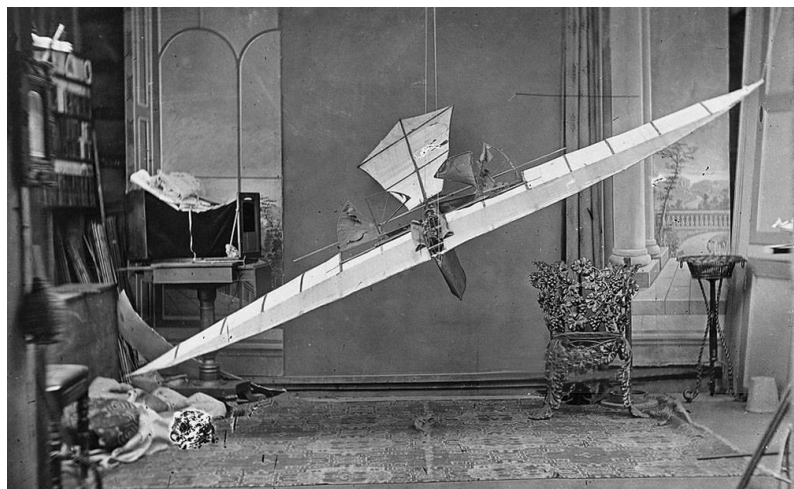


Figura 5 – Réplica do monoplane de Stringfellow.

6 – William Samuel Henson

William Samuel Henson nasceu na cidade de Nottingham em 3 de maio de 1812, foi um engenheiro, pesquisador e inventor aeronáutico britânico.



Figura 6 – William Samuel Henson.

Trabalhava como desenvolvedor de máquinas para a indústria de lã na Inglaterra e em 1848 emigrou para os Estados Unidos para realizar projetos de equipamentos para a Marinha Americana.

Em 1840, junto com John Stringfellow, começou a trabalhar em um projeto de uma aeronave, baseada nos manuscritos e experiências de George Cayley e em 1842 patentearam a Carruagem Aérea.

O projeto nunca saiu do papel em função do seu enorme peso, pois contava com um motor a vapor, mas com a patente em mãos, em 1843, fundaram a Aerial Transit Company para explorar a produção deste projeto.

Em 1848 a sociedade foi dissolvida, pois não houve lucros decorrentes da aeronave patenteada.

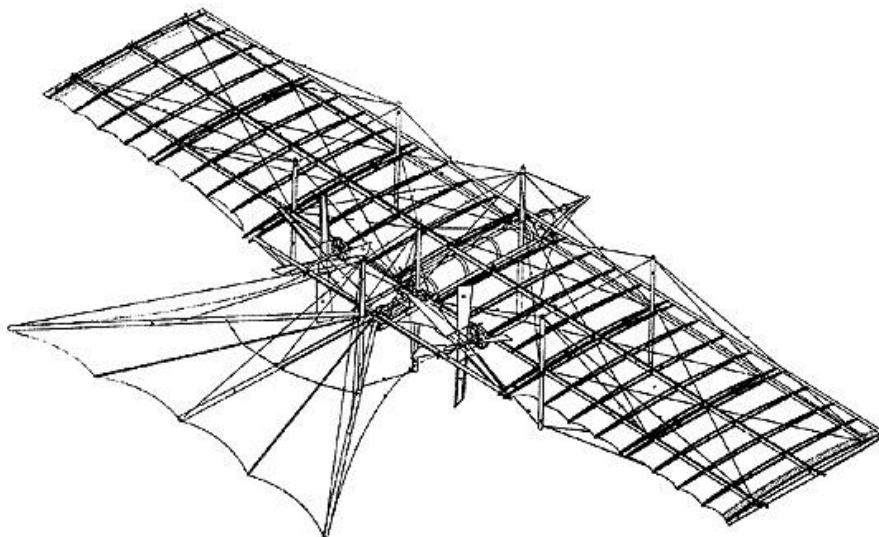


Figura 7 – Esboço da carruagem aérea.

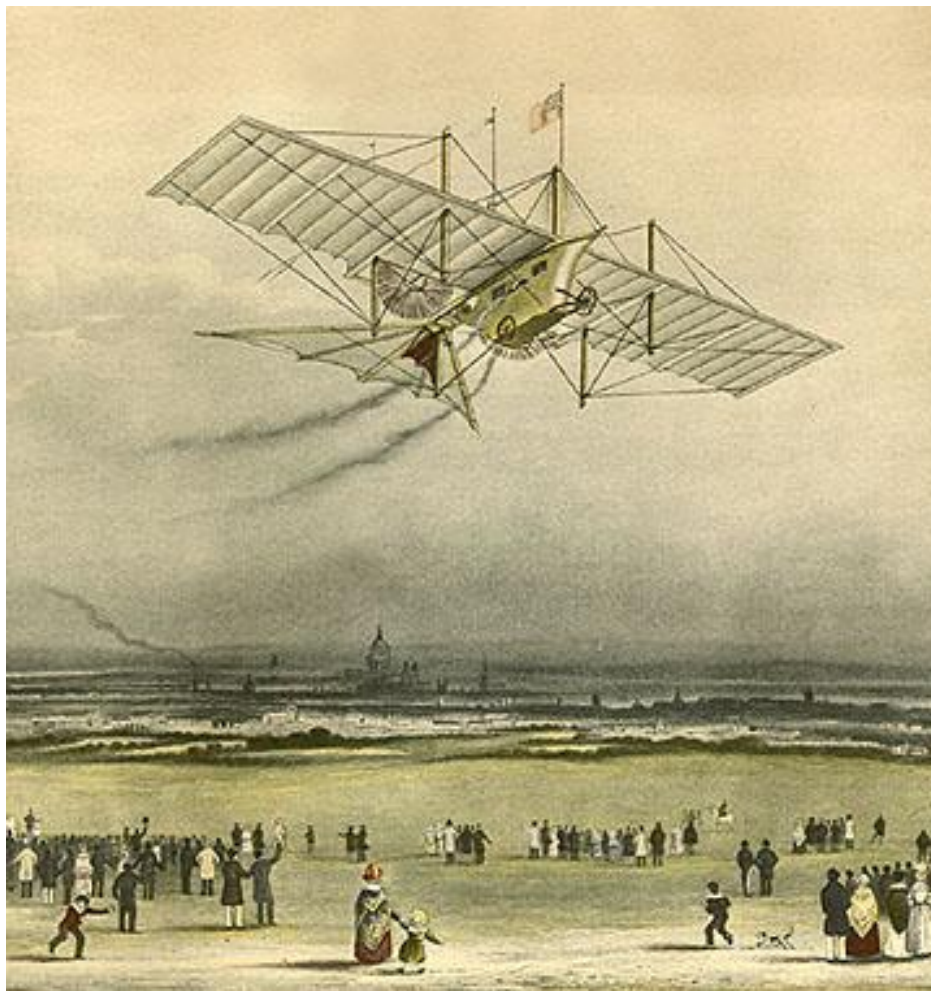


Figura 8 – Ilustração da carruagem aérea.

7 – Considerações Finais

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos projetos desenvolvidos pelos pioneiros dos planadores, Francis Herbert Wenham, John Stringfellow e William Samuel Henson. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de cada inventor, bem como sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica e os projetos e estudos desenvolvidos.

8 – Referências

Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José., A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

Os Planadores dos Irmãos Wright

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
luizeduardo@ifsp.edu.br

Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos de planadores desenvolvidos pelos irmãos Wilbor Wright e Orville Wright.

Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, Irmãos Wright.

1 – Introdução

Wilbur e Orville foram dois de sete irmãos, filhos de Milton Wright, Susan Catherine Koerner.

Wilbur nasceu próximo à cidade de Millville, Indiana em 1867; e Orville em Dayton, Ohio em 1871. Ambos os irmãos frequentaram a escola secundária, mas não receberam diploma.

A família mudou-se em 1884 de Richmond, Indiana para Dayton, Ohio, onde a viveu durante a década de 1870, o que impediu que eles recebessem seus diplomas do segundo grau.

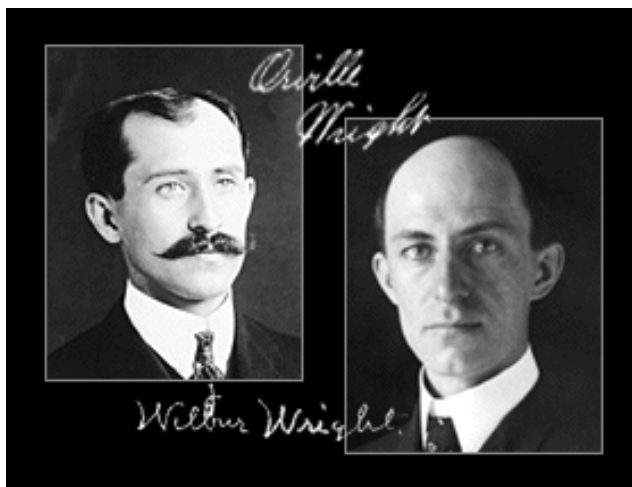


Figura 1 – Orville e Wilbor, os irmãos Wright.

Aproveitando o "boom" nacional das bicicletas logo depois da invenção da "bicicleta segura", os irmãos abriram uma loja de vendas e oficina de reparos em dezembro de 1892 (a *Wright Cycle Exchange*, mais tarde *Wright Cycle Company*) e começaram a construir bicicletas de sua própria marca em 1896.



Figura 2 – A loja de bicicletas.

2 – Interesse pela Aeronáutica

Em meados da década de 1890 eles observaram jornais, revistas e fotos a respeito dos voos em planadores de Otto Lilienthal na Alemanha.

O ano de 1896 trouxe três importantes eventos aeronáuticos: Em Maio, Samuel Pierpont Langley secretário da Smithsonian Institution fez voar com sucesso um modelo não tripulado de asa fixa movido a vapor, no meio do ano, o engenheiro Octave Chanute de Chicago, acompanhado de vários homens efetuou testes com vários tipos de planadores sobre as dunas de areia do Lago Michigan e em Agosto, Otto Lilienthal morreu num acidente com seu planador.

Esses eventos, marcaram a vida dos irmãos, em Maio de 1899 Wilbur escreveu uma carta para a Smithsonian Institution solicitando informações e publicações sobre aeronáutica.

Trabalhando sobre os desenhos de Sir George Cayley, Octave Chanute, Otto Lilienthal, Leonardo da Vinci, e Samuel Pierpont Langley, eles deram início aos seus experimentos em mecânica aeronáutica naquele ano.

3 – Os Primeiros Estudos Sobre Controle

Apesar da fatalidade com Lilienthal, os irmãos Wright decidiram usar a sua estratégia: a de praticar com planadores para adquirir experiência no controle de voo antes de tentar um voo motorizado.

A morte do piloto britânico Percy Pilcher em outra queda de planador em outubro de 1899 só reforçou a opinião deles de que um método de controle de voo confiável era a chave para o sucesso e segurança do voo.

No início dos seus experimentos, eles definiram o "controle" como sendo a terceira parte não solucionada do "problema de voar".

Eles acreditavam que dominariam os conhecimentos necessários para resolver os outros dois: asas e motor.

A estratégia dos irmãos Wright diferia em muito das dos seus contemporâneos: Ader, Maxim e Langley que construíam motores potentes, acoplando-os às suas máquinas voadoras equipadas com sistemas de controle não testados, e esperavam conseguir levantar voo sem nenhuma experiência prévia.

Apesar de concordar com a ideia de Lilienthal de praticar, os irmãos Wright viram que o método de controle dele de alterar o equilíbrio mudando a posição do peso do próprio corpo era inadequada e eles estavam determinados a encontrar uma alternativa melhor.

Na base da observação, Wilbur concluiu que os pássaros alteravam o ângulo da ponta de suas asas para fazer com seus corpos rolassem para a esquerda ou para a direita.

Os irmãos decidiram que este seria uma boa maneira de uma máquina voadora realizar curvas para um lado ou para outro, como uma pessoa numa bicicleta, uma experiência com a qual eles tinham bastante familiaridade.

Igualmente importante, eles esperavam que este método permitisse a recuperação de uma rajada de vento em que a aeronave fosse forçada para um lado.

Eles trabalharam sobre como obter o mesmo efeito e acabaram descobrindo o processo de arquear as asas (wing-warping) quando Wilbur conseguiu torcer uma caixa de tubos na oficina de bicicletas.

Outros pesquisadores aeronáuticos, julgavam que o voo não era tão diferente de uma locomoção na superfície, exceto que a superfície poderia ser elevada.

Eles pensavam em termos de um leme para controlar a elevação, enquanto as máquinas voadoras permaneciam basicamente niveladas no ar, como um trem ou automóvel na superfície.

A ideia de deliberadamente se mover de um lado para outro e fazer curvas parecia inalcançável para eles.

Alguns desses outros pesquisadores, incluindo Langley e Chanute, buscavam o ideal de uma "estabilidade inerente", acreditando que o piloto de uma máquina voadora não seria capaz de reagir rápido o suficiente à distúrbios de vento usando controles mecânicos de maneira efetiva.

Os irmãos Wright, por outro lado, queriam que o piloto tivesse controle absoluto.

Naquela época, seus desenhos iniciais não contemplavam estabilidade inerente na construção (tais como asas em diedro).

Eles desenharam o seu primeiro "flyer" motorizado em 1903 com asas em diedro negativo, que são por definição instáveis, mas menos suscetíveis aos efeitos dos ventos cruzados.

4 – A Pipa de 1899

A pipa de 1899, que Wilbur voou próximo à sua casa em Dayton, Ohio tinha envergadura de asa de 1,5m.

Este artefato de madeira e goma laca, apesar de pequeno para levar um piloto, testou o conceito de arquear as asas para o controle de rolagem que se mostrou essencial para que eles resolvessem o problema de conseguir um voo controlado. Os irmãos Wright queimaram essa pipa junto com outros artefatos em 1905.

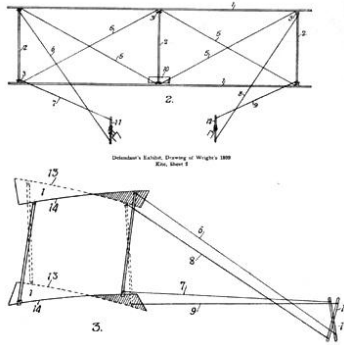


Figura 3 – A pipa de 1899.

5 – O Planador de 1900

O Planador Wright de 1900 foi a primeira aeronave construída pelos irmãos capaz de levar um homem. A sua estrutura geral foi baseada no planador biplano de Octave Chanute de 1896.

O seu aerofólio era derivado das tabelas de sustentação aerodinâmica publicadas por Otto Lilienthal. O planador foi projetado com capacidade de arquear as asas para teste em escala real do conceito testado na pipa de 1899.

O planador efetuou seu primeiro voo como uma pipa não tripulada em 5 de outubro de 1900 próximo a Kitty Hawk, Carolina do Norte.

Depois disso, Wilbur assumiu como piloto enquanto homens em terra seguravam cordas amarradas ao planador. Em seguida, Wilbur efetuou cerca de uma dúzia de voos num único dia. Os irmãos abandonaram o planador e o empacotaram em 23 de outubro, e ele acabou desaparecendo numa das tempestades comuns da região.

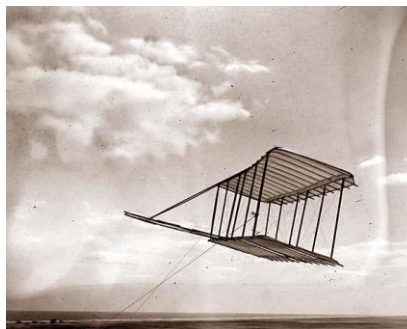


Figura 4 – O planador de 1900.

6 – O Planador de 1901

O Planador Wright de 1901 foi o segundo planador experimental dos irmãos Wright. Eles o testaram sobre Kill Devil Hills, 6,4 km ao Sul de Kitty Hawk. Ele era similar à versão de 1900, mas tinha asas maiores.

Seu primeiro voo ocorreu em 27 de julho de 1901 e abandonado em 17 de agosto. Durante esse tempo, ele fez entre 50 e 100 voos livres, além de alguns voos com amarras (como uma pipa).

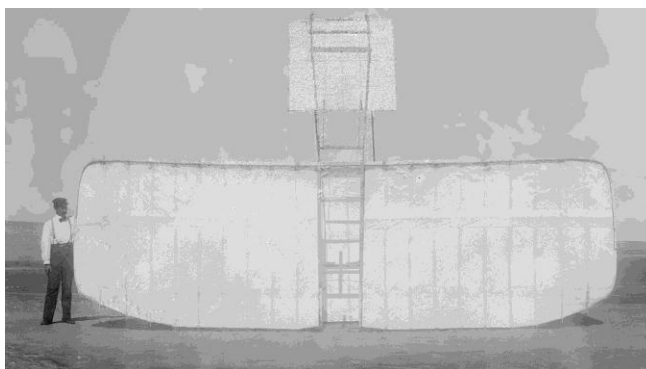


Figura 5 – O planador de 1901.

As guarnições das asas flexionavam sob o peso do piloto, deformando o aerofólio das asas. Os irmãos consertaram esse problema mas as asas continuavam produzindo muito menos sustentação do que o esperado, e a ação de arquear as asas eventualmente virava o planador na direção oposta à pretendida.

Depois dos testes concluídos, o planador foi armazenado num abrigo no campo de testes. Tanto o abrigo quanto o planador sofreram muitos danos devido às tempestades. A parte superior das asas foi aproveitada no planador de 1902, mas o restante foi descartado.

7 – O Planador de 1902

O Planador Wright de 1902 foi o terceiro planador construído pelos irmãos Wright. Esse foi o primeiro planador a incorporar o controle de guinada com o uso de um leme traseiro, e o seu desenho levou diretamente ao planador motorizado Wright Flyer de 1903.

Esse projeto foi desenvolvido entre 1901 e 1902. O desenho das asas foi baseado em dados obtidos em testes extensivos realizados com modelos em miniatura no seu túnel de vento caseiro.

Eles construíram os componentes do planador em Dayton e completaram a montagem no seu campo de testes em Kill Devil Hills em 1902.

Os voos ocorreram entre 19 de setembro e 24 de outubro. O novo leme traseiro melhorou o controle nas curvas, mas várias vezes o piloto não conseguia interromper a curva e acabava caindo.

Os irmãos resolveram tornar o leme traseiro móvel para resolver o problema. Com essa modificação eles conseguiram o controle total e efetuaram entre 700 e 1.000 voos segundo suas próprias estimativas, sendo o mais longo de 189,7 m em 26 segundos.

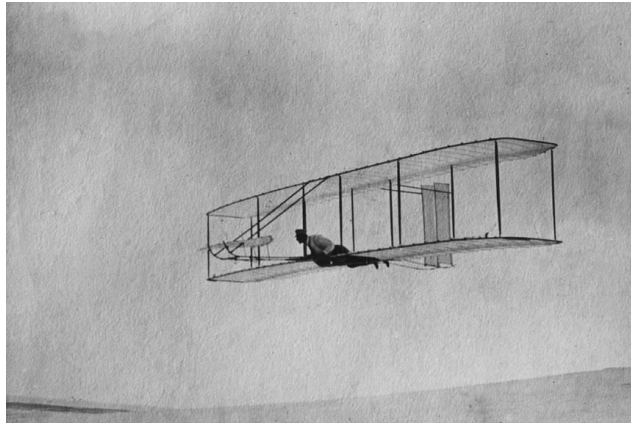


Figura 6 – O planador de 1902.

Em setembro de 1903, eles retiram o planador de 1902 do seu abrigo e efetuaram cerca de 200 voos em forma de treinamento para o voo do modelo motorizado, o Flyer.

Uma das fotografias mostra que eles instalaram mais uma lâmina vertical no leme traseiro. O último voo desse modelo ocorreu em novembro de 1903.

Depois do sucesso com o modelo motorizado, eles colocaram o planador num abrigo no campo de testes e voltaram para casa para o Natal. Quando eles voltaram à Kitty Hawk em 1908 para testar o Flyer III, as tempestades tinham novamente destruído o abrigo e o planador.

8 – Considerações Finais

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos estudos e projetos de planadores desenvolvidos pelos irmãos Wright. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia, bem como a contribuição dos irmãos com a evolução da engenharia aeronáutica.

9 – Referências

Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José., A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

Sobre a Revista

ISSN - 2177-5907

Contato Principal

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Editor Científico

E-mail: luizaerodesign@gmail.com

Editor

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Conselho Editorial

Prof. Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Engenheiro, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Salto, Orientador da Equipe Taperá AeroDesign.

Administrador do Portal

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Capa e Design

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Foco e Escopo

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine dedicar-se-á a publicação de artigos científicos diretamente relacionados ao desenvolvimento da engenharia aeronáutica. Haverá três âmbitos de abrangência: disciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar.

Os artigos serão submetidos à Comissão Avaliadora e sua revisão final caberá ao Conselho Editorial.

Editorial

Esta seção visa apresentar as matrizes epistemológicas que orientam a revista a partir da proposta de interlocução entre diferentes áreas do conhecimento mediante sua interface com a ciência aeronáutica.

Entrevistas

O objetivo principal desta seção corresponde à publicação de entrevistas relacionadas as experiências vividas na engenharia aeronáutica.

Periodicidade

Publicação anual no mês de dezembro.

Arquivamento

Esta revista utiliza arquivos permanentes para preservação e restauração.

Revista Eletrônica AeroDesign Magazine

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine abrange temáticas relevantes à teoria e prática da ciência aeronáutica. Destaca-se seu compromisso com a contemporaneidade e a velocidade das informações em uma rede universal de interação comunicativa.

Declaração de Direito Autoral

Direitos Autorais para artigos publicados nesta revista são do autor, com direitos de primeira publicação para a revista. Em virtude da política adotada pela revista, o acesso é público, gratuito e os trabalhos pesquisados e entregues para a publicação são de responsabilidade de seus autores e representam o seu ponto de vista. Ficam reservados os direitos à propriedade intelectual do autor.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços de e-mail neste site serão usados exclusivamente para os propósitos da revista, não estando disponíveis para outros fins.

Histórico da Revista

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine apresentou em 2009 sua primeira edição com o Volume 1, nº 1. Trata-se de uma revista virtual dedicada para o desenvolvimento da engenharia aeronáutica. A revista foi elaborada pela coletânea de produções científicas de professores e estudantes que se dedicam ao projeto de aeronaves e ao desenvolvimento da engenharia aeronáutica no Brasil.

O objetivo da Revista Eletrônica AeroDesign Magazine é um só: possibilitar a difusão e a democratização do conhecimento científico. Para tanto, em 2009, foi criado um sítio na Internet para permitir ampla acessibilidade, a tantos quantos necessitassem e/ou desejassem obter o conteúdo do periódico no site <http://www.engbrasil.eng.br>, onde se passou a depositar o arquivo completo das edições da revista em formato pdf.

O Conselho Editorial é responsável pelo desenvolvimento e acompanhamento das políticas e critérios de qualidade científica da revista, e a avaliação dos trabalhos enviados para análise e publicação, incumbido da verificação da linha editorial e da proposição de políticas e critérios de qualidade científica do periódico.

O nascimento de uma Revista Eletrônica é, sem dúvida, motivo de orgulho e comemoração, até porque “livros não mudam o mundo, quem muda o mundo são as pessoas. Os livros só mudam as pessoas”.

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine permanecerá para sempre, imune ao tempo, consolidando o saber e refletindo as funções que das pessoas que se dedicam ao estudo da engenharia aeronáutica se esperam, quais sejam, o ensino, a pesquisa e a extensão.

Prof. Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Ficha Catalográfica

Revista Eletrônica AeroDesign Magazine – RODRIGUES, LEMJ

Ano 1, v.1, n.1 (2009). Santana de Parnaíba-SP: www.engbrasil.eng.br

ISSN - 2177-5907

Periodicidade Anual

1. Engenharia Aeronáutica - Periódico. 2. Artigos. 3. Resenhas. 4. Notas de Aulas. 5. Entrevistas.

