



# A revolução das hélices de aeronave em material compósito:

tecnologia avançada das pás da hélice de material compósito com fibra de carbono da Hartzell

## **A revolução das hélices de aeronave em material compósito: tecnologia avançada das pás da hélice de material compósito da Hartzell**

Com uma história que remonta aos irmãos Wright, a Hartzell Propeller está há muito tempo na vanguarda da tecnologia de hélices para aviação. À medida que as aeronaves se tornaram cada vez mais complexas – e com o surgimento da Advanced Air Mobility (AAM) e do voo híbrido e elétrico – a Hartzell continuou a liderar o setor com pás de hélice estruturais inovadoras de material compósito de última geração e processos de engenharia e fabricação de ponta.

### **A evolução das pás de material compósito da Hartzell**

A Hartzell lançou pás de hélice feitas de “Hartzite”, um composto fenólico reforçado com fibra, em 1944. Essas hélices foram instaladas nas aeronaves Republic Seabee, North American Navion, entre outras.

Em 1978, a Hartzell Propeller produziu a primeira pá de hélice de material compósito de estrutura pri monocoque com Kevlar®/epóxi moldado por compressão sobre um núcleo de espuma. Certificada pela primeira vez na aeronave CASA 212, a tecnologia inicial de pás de material compósito da Hartzell representou um avanço no setor que moldaria o futuro do sistema de propulsão de aeronaves.

A pá da CASA 212 foi a primeira da família de pás de material de compósito “Legacy” da Hartzell. Há dezesseis projetos aerodinâmicos exclusivos “Legacy” diferentes, utilizados em 24 instalações diferentes de certificação de tipo, incluindo o Beech 1900C e D, Shorts SD3-60, Dornier Do328 e Pilatus PC-21. A linha Legacy ainda está em produção, com mais de 20.000 pás produzidas. Muitas das pás originais da CASA 212 ainda estão em serviço com mais de 50.000 horas de TSN. Na década de 1990, a fibra de carbono/epóxi foi introduzida na família Legacy. A adição de carbono aumentou os recursos do design, permitindo pás de material compósito em instalações mais exigentes. Os designs de carbono também estão em produção para grandes hovercraft.



*Hélices anteriores da Hartzell de material compósito*

## Tecnologia de material compósito de última geração: ASC-II

Como as primeiras hélices de material compósito foram sendo adotadas aos poucos nos setores aeroespacial e de defesa, ficou evidente que eram necessários aprimoramentos para reduzir o alto custo do processo de fabricação. A equipe técnica da Hartzell Propeller aceitou o desafio, refinando os materiais e as técnicas de fabricação para produzir pás de material compósito mais econômicas.

Em 2006, a Hartzell lançou a segunda geração de pás de hélice de material compósito Advanced Structural Composite (ASC-II), utilizando um processo de moldagem por transferência de resina e materiais compósito de fibra de carbono de nível aeroespacial.

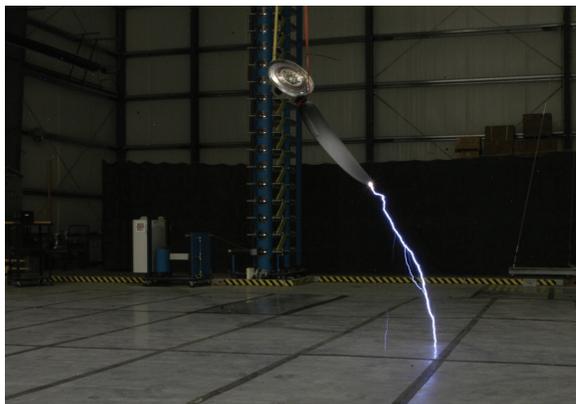
A pá de ASC-II consiste em uma estrutura monocoque exclusiva de fibra de carbono sobre um núcleo de espuma de baixa densidade e integrada a uma haste de aço inoxidável com moldura ergonômica. A borda dianteira externa da bota de degelo é protegida por um escudo de erosão de níquel eletroformado com moldura ergonômica para reduzir os danos causados pela água e por objetos estranhos (FOD). Além de suportar cargas de fadiga extenuantes, as pás são projetadas e testadas para resistir aos efeitos diretos de raios. Os testes de raios também são realizados em hélices de degelo para garantir que o sistema da aeronave esteja protegido contra os efeitos indiretos dos raios. Todo e qualquer novo design de pá é testado quanto ao impacto para demonstrar a capacidade de tolerar golpes de pássaros.

A inovadora tecnologia ASC-II da Hartzell foi lançada com o Cirrus SR-22T e, desde então, tem sido usada em 35 números de peças de pás diferentes, 14 certificações de tipo de hélice diferentes e 30 certificações de tipo de aeronave diferentes. Até o momento, mais de 45.000 lâminas de hélice de material compósito ASC-II foram produzidas usando esses materiais avançados e processos de fabricação exclusivos.



Material compósito ASC-II Hélice

## Tecnologia de material compósito da Hartzell



Teste de queda de raios de alta tensão

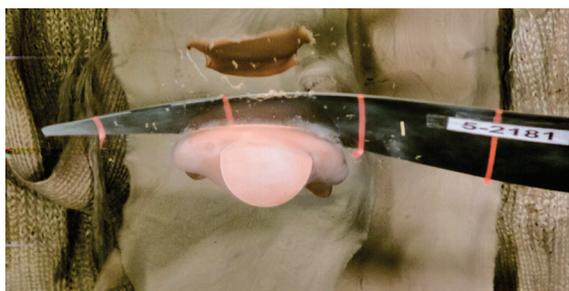


Teste de queda de raios de alta corrente

**20**  
QUALIFICAÇÕES  
PARA TESTES DE  
RAIOS



Teste de impacto de pássaros com peso de 4 lb



Golpe real de pássaro

**>200**  
TESTES DE IMPACTO  
DE AVES

PÁS COM  
**>50.000** HORAS DE VOO  
AINDA VOANDO HOJE

EQUIPE DEDICADA DE DESIGN, FABRICAÇÃO E SERVIÇOS DO MATERIAL COMPÓSITO

## Materiais importantes: Material composto de fibra de carbono aeroespacial vs. núcleo de madeira

Nem todas as pás de hélice de material composto são fabricadas da mesma forma. Ao contrário de algumas hélices no mercado, as pás de material composto da Hartzell Propeller são projetadas usando materiais aeroespaciais modernos, como fibra de carbono estrutural sobre núcleos de espuma de uretano, e não camadas ambientais finas de material composto sobre um núcleo de madeira.

### Materiais melhores para um melhor desempenho

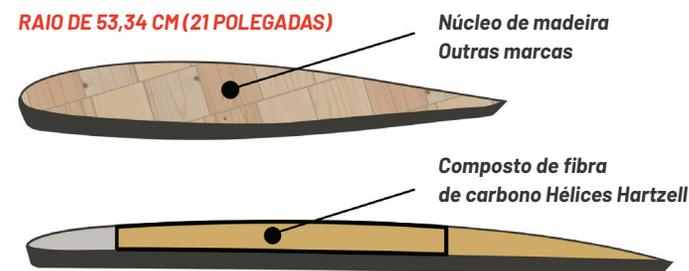
A utilização de materiais de fibra de carbono trançada permite que a Hartzell forneça hélices otimizadas para seus clientes e, ao mesmo tempo, atenda aos rigorosos requisitos de resistência e durabilidade. A fibra de carbono selecionada pela Hartzell é 10 vezes mais resistente que o abeto e 5 vezes mais resistente do que os núcleos de madeira de faia selecionados pelos designs de núcleos de madeira de outros fabricantes. Essa vantagem de resistência permite que os designers da Hartzell construam hélices mais resistentes e mais eficientes do que outros fabricantes de hélices.

### Design aerodinâmico

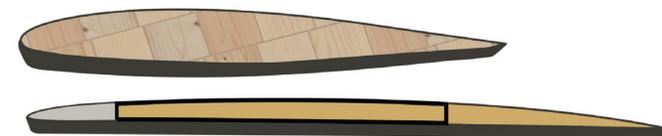
As pás de fibra de carbono são significativamente mais finas do que as pás de madeira laminada, produzindo menos arrasto como resultado. Os materiais de composto avançados da Hartzell permitem a criação de aerofólios maiores e mais finos que ainda podem suportar a carga estrutural necessária para a operação ideal da aeronave e também permitem designs populares, como a pá de cimitarra com ponta inclinada.

Dessa forma, as pás de material composto aerodinâmicas da Hartzell podem produzir mais empuxo e oferecer mais aceleração e desempenho de subida.

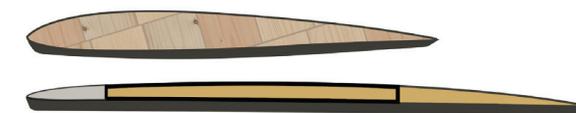
**RAIO DE 53,34 CM (21 POLEGADAS)**



**RAIO DE 60,96 CM (24 POLEGADAS)**



**RAIO DE 88,9 CM (35 POLEGADAS)**



## Economia de peso

Quando comparadas às hélices de alumínio, as hélices de material compósito da Hartzell oferecem força superior, resistência a danos e redução significativa de peso. Devido ao menor peso e ao menor momento de inércia correspondente, as hélices de pás de material compósito também podem permitir um maior número de pás, o que pode melhorar o desempenho em todos os espectros de voo, especialmente para aeronaves de maior potência.

## Durabilidade

As pás de hélice de material compósito da Hartzell são projetadas para serem fortes e resistentes a impactos, o que as torna ideais para operações fora de aeroportos e em regiões remotas. Em particular, o sistema de retenção de cunha e as hastes de aço inoxidável são muito mais duráveis do que o design alternativo de alumínio/parafuso de cabeça sextavada.

## Absorção de umidade

As hélices com núcleo de madeira são muito suscetíveis à absorção de umidade, o que pode levar ao desequilíbrio e a uma redução significativa da resistência da madeira. É por isso que algumas pás com núcleo de madeira devem ser devolvidas à fábrica caso a cobertura protetora esteja desgastada ou danificada a ponto de expor a madeira.



*Danos reparáveis por colisão com pássaros*



*Danos irreparáveis à corda de amarração do concorrente*

## Facilidade de conserto

O valor agregado é a vantagem de manutenção oferecida pelas pás de hélice de material compósito da Hartzell. Com muita frequência, pequenos cortes, arranhões e amassados nas pás de material compósito da Hartzell atendem aos critérios de danos para aeronavegabilidade. Isso permite a continuidade do voo até que pequenos consertos possam ser realizados na asa por um Técnico de manutenção de aeronaves (A&P) ou por um técnico em uma oficina Parte-145 usando ferramentas e kits comumente disponíveis na Hartzell.

Quando são necessários grandes consertos ou somente consertos de fábrica, as pás de material compósito da Hartzell podem ser restauradas à condição de novas de fábrica, permitindo um aumento significativo da vida útil em relação às pás com núcleo de metal ou madeira. De fato, as pás estruturais da Hartzell de material compósito são certificadas para vida útil ilimitada e podem ser consertadas em campo ou em mais de 30 oficinas de revisão em todo o mundo, incluindo o Centro de Serviços de última geração da Hartzell.



*Exemplos de danos à aeronavegabilidade para pás de material compósito*

## **Durante a transição: conversão para hélices de material compósito em detalhes**

As hélices de fibra de carbono são o segmento de tecnologia de hélices que mais cresce atualmente, devido às vantagens que oferecem em termos de economia de peso, benefícios de desempenho e resistência e durabilidade superiores.

Como resultado, muitos fabricantes de aeronaves agora selecionam hélices de material compósito como equipamento padrão em seus aviões, e milhares de proprietários e operadores de aeronaves optaram por atualizar as hélices de alumínio para as mais novas pás compostas por meio do programa de conversão de hélices Top Prop STC da Hartzell. Além disso, várias empresas que oferecem conversões ou modificações de motores colaboram com a Hartzell para que uma hélice Top Prop seja aprovada com seu STC de modificação de motor.

## **O caminho para a certificação de hélices de material compósito para aeronaves**

O Sistema de Gerenciamento de Qualidade da Hartzell é aprovado pela FAA e certificado pela AS9100C para manter os mais altos padrões de qualidade e segurança em todos os processos de design, engenharia, fabricação e testes.

As hélices Hartzell para aeronaves com certificação de tipo atendem aos rigorosos padrões de segurança, desempenho e aeronavegabilidade estabelecidos pelos órgãos reguladores. Todas as hélices certificadas demonstraram conformidade com o Código de Regulamentações Federais, Título 14, Parte 35, "Padrões de aeronavegabilidade: hélices". As certificações estrangeiras subsequentes são validadas pela autoridade de aviação civil de cada país.

## **Hélices para instalações experimentais**

A Hartzell aplica os mesmos padrões de alta qualidade e resistência às hélices para o mercado experimental e para o mercado certificado.



## Sobre o processo de teste de voo da Hartzell

Com uma equipe dedicada de especialistas em certificação e uma Organization Designation Authorization (ODA) da FAA, a Hartzell navegou com sucesso pelo meticuloso processo de certificação para produzir centenas de hélices certificadas em condições de voar.

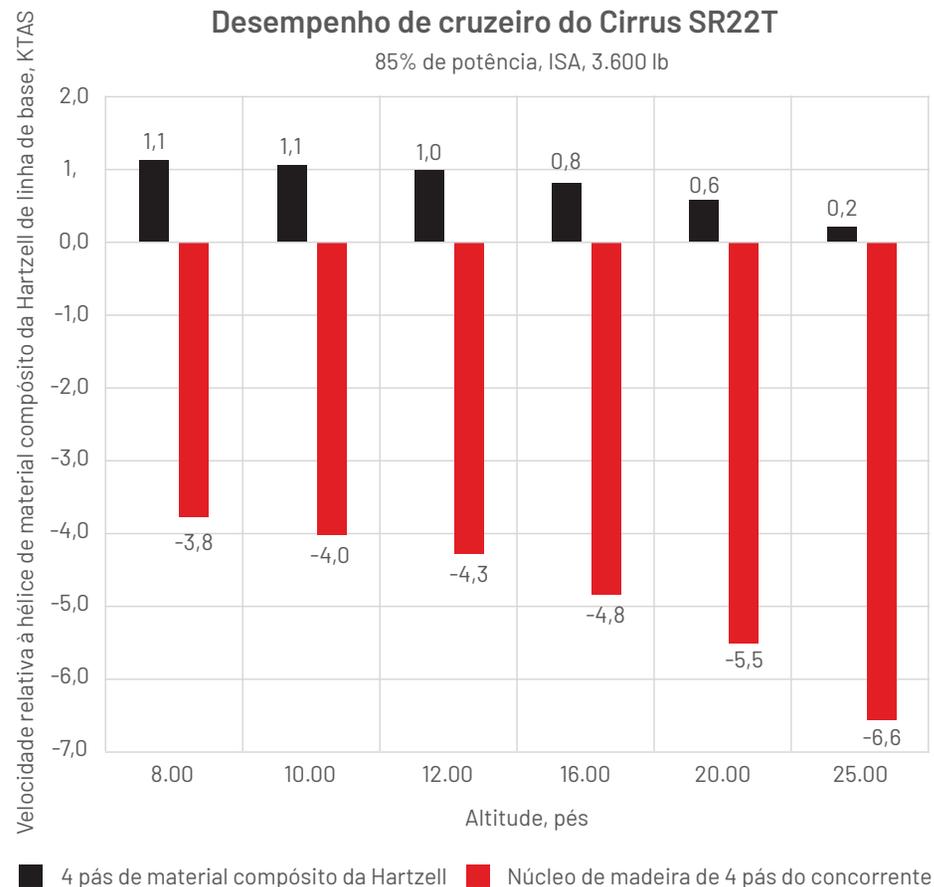
Como exemplo, para um recente STC composto de 4 pás, a Hartzell testou em voo três aeronaves Cirrus SR22T diferentes por quase 100 horas de voo no total. O meticuloso processo de testes comparou quatro modelos diferentes de hélices, incluindo a linha de base Hartzell de 3 pás do avião, um novo protótipo de design de 3 pás, o novo design de 4 pás e o STC de núcleo de madeira de 4 pás de um concorrente.

A nova hélice de 4 pás superou as outras hélices em várias áreas importantes do voo, incluindo um desempenho de subida 5% melhor, redução de ruído de 2 dB(A) e, o mais significativo, 4 kts mais rápido em comparação com outra hélice de 4 pás na velocidade de cruzeiro, conforme observado no gráfico anexo.

Por meio de testes de voo em condições reais, a Hartzell garante que suas hélices de material compósito sejam otimizadas para segurança, confiabilidade e eficiência em todos os cenários e fases de voo.

## Desempenho de cruzeiro do Cirrus SR22T

85% de potência, ISA, 3.600 lb



## Impulsionando o futuro do voo: soluções de hélices de material compósito para Advanced Air Mobility

Com décadas de experiência no design e na fabricação de pás estruturais de material compósito, a Hartzell Propeller continua inovando e otimizando seus processos, aproveitando a sofisticada análise de engenharia e os recursos de teste de voo para projetar aerofólios melhores para aeronaves de última geração.

Desde 2019, a Hartzell dedicou dezenas de milhares de horas de engenharia e desenvolvimento a aeronaves elétricas, híbridas e movidas a hidrogênio, com vários programas de destaque em andamento. As hélices de material compósito já se mostraram essenciais para aeronaves elétricas/híbridas, como o Alice, totalmente elétrico, da Eviation, e o eBeaver, da Harbor Air, que exigem uma solução de propulsão leve para compensar o peso adicional das baterias.

A combinação inovadora de análises de engenharia sofisticadas, habilidades de certificação e tecnologias de fabricação de classe mundial continua a fazer da Hartzell Propeller a líder global em design e fabricação de hélices - e uma parceira ideal para programas da AAM que buscam soluções de propulsão personalizadas.



*eBeaver da Harbor Air*



*Alice de Eviation*



### Solicitar mais informações

Para saber mais sobre a mais recente tecnologia de hélices de material compósito da Hartzell Propeller e as aplicações de STC, [entre em contato conosco](#), e nós colocaremos você em contato com nossos especialistas em hélices.

Para obter informações sobre os sistemas avançados de hélices de fibra de carbono de material compósito da Hartzell, envie um e-mail a Mitch Heaton em [mheaton@hartzellprop.com](mailto:mheaton@hartzellprop.com).

