

Caracterização da fadiga de compósito polimérico contendo fibras de coco

Alexandre Alvarenga Palmeira^{1,2}; 0000-0002-9271-8858

Dayana Elizabeth Werderits Silva¹; 0000-0003-2397-4396

Diniz Felix dos Santos Filho²; 0009-0000-0243-6754

Asafe Melo de Souza²; 0000-0001-6330-1490

Raniel Miranda Pinheiro²; 0009-0003-4646-8215

Yuri Gustavo Jovêncio Miranda²; 0009-0001-4458-6651

1 – UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Tecnologia, Resende, RJ

2 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ

alex.a.palmeira@gmail.com

Resumo: Pouco se sabe sobre a quanto resistência a fadiga, incluindo os efeitos de forma da asa de um aeromodelo, principalmente quando esta é constituída de compósito de base polimérica e fibras de coco. Este trabalho tem como objetivo estudar, utilizando o software AUTODESK INVENTOR 3D, a resistência a fadiga de uma asa de aeromodelo feita de compósito de base polimérica reforçada com fibras de coco. Para tanto foi adotada a seguinte metodologia: Criação do modelo em CAD; Especificação do material; Definição da malha e do elemento; Aplicação das condições de restrição e cargas; Resolução pelo MEF (análise Dinâmica e Estática); verificação dos resultados (Tensão de von Mises e Deformação). Fazendo uso de simulações no AUTODESK INVENTOR 3D, quando aplicamos um de um deslocamento de 15,00 mm, tanto no sentido vertical ascende quanto descente, e um número de ciclos de 106, a asa do aeromodelo flexionou no sentido do deslocamento levando uma força de reação de 384,27 N. Essa força gerou uma tensão de von Mises máxima de 42,2 MPa, pontual no centro da asa, e em média uma tensão de von Mises de 17,05 MPa, ao longo da asa do aeromodelo, cujo valor da constante elástica do é de 25,28 kN/m. Ressalta-se que os valores de tensão encontrados pela simulação foram inferiores aos valores resistência a flexão apresentados na literatura. Conforme demonstrado na simulação a asa do aeromodelo pode ser perfeitamente confeccionada com a fibra de coco, sendo este um compósito biodegradável.

Palavras-chave: Asa Aeromodelo. Inventor 3D. Fadiga. Composito. Fibra de Coco

INTRODUÇÃO

A utilização de materiais biodegradáveis tem aumentado nos últimos anos. Neste cenário, os biocompósitos poliméricos com fibras naturais são uma boa alternativa para diversas aplicações. Nota-se, que nos últimos 20 anos uma completa mudança

na produção brasileira de coco (*Cocos nucifera*) o plantio e cultivo deixou de ter maior incidência nas comunidades litorâneas localizadas no Nordeste do país com produção baixa e sem a utilização de quaisquer insumos, evoluindo para cultivos de grande porte em todas as grandes regiões e recebendo significativos incentivos financeiros de ciência e tecnologia, levando ao crescimento industrial. Analisando este contexto, destaca-se, que a produção do coco vem apresentando crescimento comercial nas regiões litorâneas, gerando uma grande quantidade de resíduos após o consumo. (FARIA, et al 2017)

As fibras de coco são lignocelulósicas, sendo estas a camada externa do exocarpo do fruto do coco, possuem elevado potencial na utilização em compósitos em matrizes poliméricas. As resinas epóxi tem a propriedade termorrígida, que endurece quando se misturada a um agente catalisador. Essas propriedades são obtidas à partir da reação entre epicloridrina e a Bisfenol-A. As resinas epóxi fazem parte dos polímeros termoestáveis usados para aplicações estruturais ou como adesivos. Esses polímeros detêm boa resistência química, alta força de tensão e módulo e térmica além de baixo custo. (MENCHISE, 2021)

Os materiais denominados compósitos possuem modos de falhas complexos em resposta a cargas cíclicas (fadiga) devida a sua natureza heterogênea e anisotrópica. A falha adquirida em resposta a fadiga em compósitos é acompanhada por diferentes danos que se multiplicam pelo corpo de um dado volume material, ao contrário de metais, em que a resposta a fadiga é isotrópica. (GONÇALVES, 2016)

Diferente do que ocorre com matérias homogêneas, os compósitos dificilmente irão ter como resposta a degradação referida a resistência pois suas falhas provem de uma única trinca. Em matérias compósitos, ocorre a evolução e a interação de vários modos de dano que por sua vez se acumulam e por consequência levam a falha estrutural. Em geral, os matérias compósitos respondem melhor a fadiga do que os metais, e consequentemente apresentam uma vida mais longa para o mesmo tipo de tensão sofrida, no caso de carregamentos cíclicos. Porém a resistência a fadiga dos compósitos é inferior à dos metais, quando relacionado a carregamentos de compressão, uma vez que as forças de cisalhamento desse material são definidas pela matriz. (GELFUSO, 2011)

Para reduzir o tempo e dos custos de um projeto a indústria mundial cada vez mais tem utilizado a simulação numérica, a Engenharia Assistida por Computador (CAE), no desenvolvimento de seus produtos e processos. Entre os métodos numéricos de aproximação propostos para análise de tensões, o MEF tem se destacado por proporcionar uma maior flexibilidade e capacidade de fornecer soluções detalhadas das variáveis envolvidas nestas análises, permitindo analisar o comportamento estrutural, otimizar a geometria de peças, componentes e equipamentos, mesmo que complexos, antevendo assim a fabricação e possível falha dos mesmos. (ALVES FILHO, 2018)

O software desenvolvido pela Software Autodesk, AUTODESK INVENTOR 3D, possui em sua formulação o MEF. Podendo assim ser utilizado para o desenvolvimento protótipos virtuais. Os modelos 3D gerados apresentam características funcionais, além de permitir analisar o comportamento mecânico do componente simulado, tais como a distribuição de tensão, deformação, entre outros. O módulo de simulação dinâmica (Dynamic Simulation), permite avaliar os efeitos da aceleração da gravidade e das forças atuantes ao longo do tempo. (HERCOS, 2015).

Segundo CAMPBELL (2020), a asa de um aeromodelo de competição deve resistir a esforços de no máximo 6 vezes maior que o peso do aeromodelo. Conforme GONÇALVES (2016), o peso máximo na decolagem de uma aeromodelo de competição igual a 5,5 kg ou 53,9 N.

Este trabalho tem como objetivo estudar, utilizando o software AUTODESK INVENTOR 3D, a resistência a fadiga de uma asa de aeromodelo feita de compósito de base polimérica reforçada com fibras de coco. De forma a permitir que a asa de um aeromodelo de competição possa ser confeccionado com um compósito biodegradável.

MÉTODOS

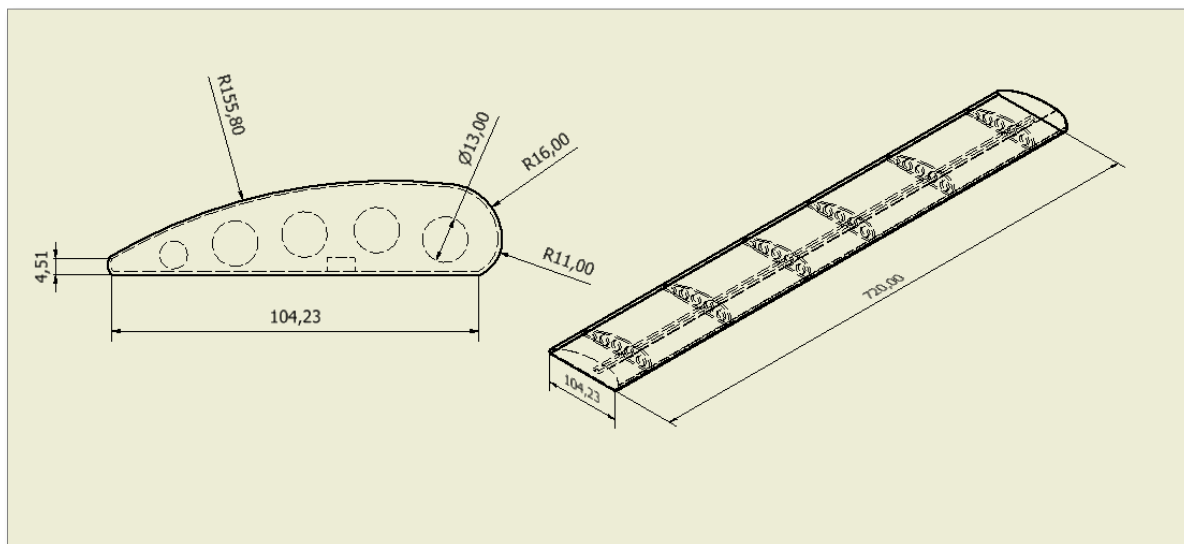
As dimensões da asa do aeromodelo (Figura 1) foi utilizada para obtenção do modelo em 3D, para geração do modelo foi utilizado do AUTOCAD 3D. O próximo passo, já fazendo uso do AUTODESK INVENTOR 3D, foi a geração da malha do modelo de elementos finitos, esta ocorreu de forma livre, onde o próprio programa estabeleceu

os parâmetros necessários. Em seguida foram definidas as condições de contorno e simulação, onde a máxima de deflexão foi imposta no centro da asa. Já as restrições de movimento por sua vez foram impostas nas extremidades da asa, sendo assim a mesma comportou-se como uma viga biapoada com a imposição de um deslocamento central de 15mm vertical ascendente e descendente. Tendo todas as etapas anteriores referentes ao Pré-processamento concluídas, a simulação propriamente dita foi realizada. Inicialmente realizou-se uma análise estática, de forma a observar as deformações e tensões geradas na asa, frente ao deslocamento central da mesma de 15 mm. Em seguida realizou-se uma análise dinâmica, com uma imposição de 10^6 ciclos, com objetivo de se observar o comportamento mecânico da asa e por conseguinte do material frente a oscilação cíclica da deformação. De posse dos resultados os mesmos foram analisados e comparados com a literatura. Etapas da metodologia utilizada:

1. Desenho do modelo no AUTOCAD 3D;
2. Definição das propriedades do material: resistência a tração de 27,43 MPa e resistência a flexão de 35,91 MPa (MENCHISE, 2021);
3. Geração da malha livre;
4. Definição das restrições e cargas;
5. Simulação: análise estática e dinâmica (10^6 ciclos);
6. Análise dos resultados.

Como o INVENTOR 3D não possuía em seu banco de dados materiais compósitos (base polimérica e fibras de coco), ou até mesmo semelhantes, houve a necessidade de acrescentar as características do compósito ao banco de dados de materiais do software. Ressalta-se que o material utilizado na asa do aeromodelo é um compósito com 25%, em peso, de fibra de coco, cujos valores experimentais foram obtidos por MENCHISE (2021). Na Figura 1, são apresentados esquematicamente o formato, dimensões e parâmetros da asa.

Figura 1. Formato, dimensões e parâmetros da asa usado como base para máquina.

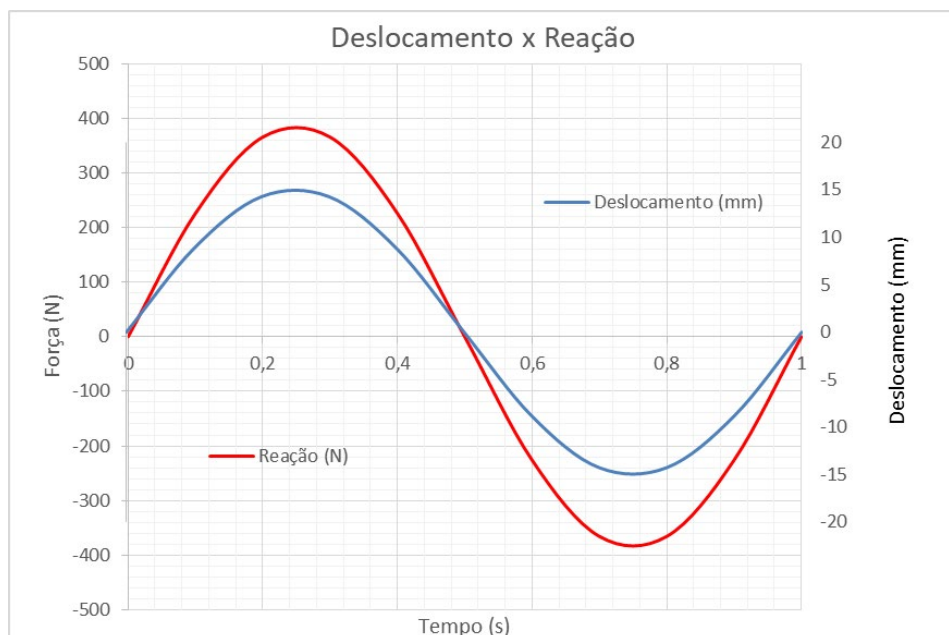


Fonte: CAMPBELL (2020)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que a geometria da asa do aeromodelo não foi modificada, sendo esta já utilizada na fabricação de aeromodelos de fibra de carbono, foram desconsideradas durante a análise os efeitos aerodinâmicos, pois estes são exclusivos do formato da asa, e esta não foi alterada. Sendo assim verificou-se somente os efeitos de tensão e deformação a qual a asa estaria sujeita. Nos estudos de simulação dinâmica para os “ranges” de movimento linear, especificou-se um range máximo de 15 mm e com um número de ciclos 10^6 , tanto para a vertical ascendente quanto descendente, assim como, tais valores máximos de deformação foram utilizadas na simulação estática. Esta simulação foi realizada objetivando analisar o comportamento mecânico da asa do aeromodelo ao ser submetida ao range de deformação máximo de 15 mm. Em função das simulações (dinâmicas e estáticas), obteve-se os valores máximos de força de reação e foi possível encontrar as forças de reação em função do deslocamento da asa do aeromodelo ao longo do tempo. Observou-se, conforme esperado que tanto o valor máximo de reação ao deslocamento ascendente quanto o descendente foram iguais, com um valor reativo de 384,27 N. (Figura 2)

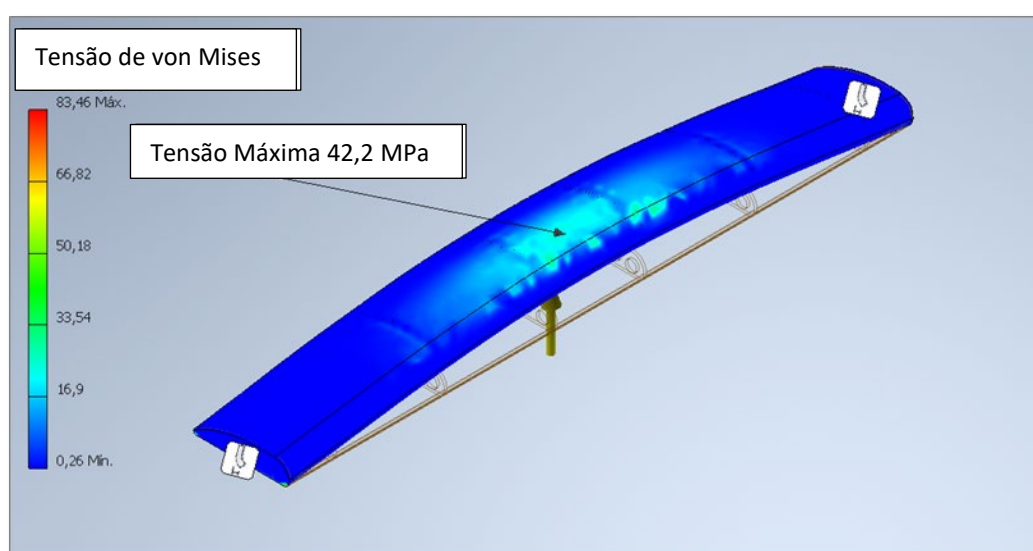
Figura 2. Deslocamento X Força de Reação em função do tempo.



Fonte: autoria própria

Essa força máxima de 384N, gerou uma tensão de von Mises máxima de 42,2 MPa, pontual no centro da asa, e em média uma tensão de von Mises de 17,05 MPa, ao longo da asa do aeromodelo, a figura 3 apresenta a distribuição da tensão de von Mises ao longo da asa do aeromodelo.

Figura 3. Distribuição da tensão de von Mises.



Fonte: autoria própria

Os valores simulados foram inferiores aos valores de resistência a flexão encontrados por MENCHISE (2021), que foi de 35,91 MPa para flexão. Como resultados das simulações, forças e deslocamento, foi possível estimar o valor da constante elástica do material da asa k (constante elástica do material), sendo esta aproximadamente 25,28 kN/m. Considerando os parâmetros de resistência da asa apresentados por CAMPBELL (2020) e GONÇALVES (2016), o peso máximo na decolagem de uma aeromodelo de competição igual a 323,4 N, valor este menor que o valor máximo de reação (384,27 N) aplicado na asa, durante a simulação. Sendo assim observa-se que a asa do aeromodelo pode ser perfeitamente confeccionada com a fibra de coco. Permitindo assim que a mesma seja confeccionada com compósito biodegradável.

CONCLUSÕES

Fazendo uso de simulações no AUTODESK INVENTOR 3D, quando aplicamos um de um deslocamento de 15,00 mm, tanto no sentido vertical ascende quanto descende, e um número de ciclos de 10^6 , a asa do aeromodelo flexionou no sentido do deslocamento levando uma força de reação de 384,27 N. Essa força gerou uma tensão de von Mises máxima de 42,2 MPa, pontual no centro da asa, e em média uma tensão de von Mises de 17,05 MPa, ao longo da asa do aeromodelo, sendo estes menores que os valores resistência a flexão e tração encontrados na literatura. Em função dos deslocamentos e das forças reativas, o valor da constante elástica do compósito estimada é de 25,28 kN/m. Conforme demonstrado na simulação a asa do aeromodelo pode ser perfeitamente confeccionada com a fibra de coco, sendo este um compósito biodegradável.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao UniFOA pelo apoio no desenvolvimento técnico-científico através dos pelos mecanismos de desenvolvimento disponibilizados e pelo incentivo discente através do programa Institucional de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, A., **Elementos Finitos** – A base da tecnologia CAE, Editora: Érica; 6ª edição, 2018

CAMPBELL, C. H. **Desenvolvimento e Caracterização de Compósito com Fibra de Bananeira para Aplicação em Aeromodelos**. 2020. 144 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2020.

FARIA, J. G., CAVALCANTE, R. C., CANABARRO, B. R., *et al*, “**Surface Lignin Removal on Coir Fibers by Plasma Treatment for Improved Adhesion in Thermoplastic Starch Composites**”, *Carbohydrate Polymers*, 2017.

GELFUSO, M. B. CAVALCANTE, P. V. G. SILVA, J. A. CASTRO e D. Thomazini. **Propriedades de Compósitos de Polipropileno Reforçado com Fibra de Coco**. Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico – ANEEL. 2011

GONÇALVES, M.Q., SILVA JUNIOR. **Estudo de comportamento mecânico do compósito reforçado por fibra de coco em matriz de resina acrílica**. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016, Natal, RN, Brasil. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/205-104.pdf>. Acesso em: 08 agosto 2023.

HERCOS, Luiz Ricardo Prieto. **Projeto estrutural e parametrização de uma comporta deslizante utilizando o software inventor**. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

MENCHISE, C. A. **Desenvolvimento e Caracterização de Material Compósito com Matriz Polimérica Reforçado com Fibra de Coco para Aplicações Industriais Diversas**. 2020 Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha. Centro Universitário de Volta Redonda, 2021.

GONÇALVES, L F. **Projeto estrutural de um aeromodelo nos requisitos da competição sae brasil aerodesign - classe regular**. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.