

CREEM2025-0126

INTEGRAÇÃO DE DESIGN GENERATIVO E MANUFATURA ADITIVA NO DESENVOLVIMENTO ESTRUTURAL DE VANTS

Tanaco Do Nascimento Lima,Lima27.t@Unifesspa.edu.br¹

Liesel Eulalia Cerna Nahuis, liesel.cerna@unesp.br²

Antônio Leandro Castro Da Paixão, leolandro@Unifesspa.edu.br¹

Wilson Rosa Da Rocha, wilson.rocha@Unifesspa.edu.br¹

Pedro Christian Ayala Castillo, Pedro.ayala@Unifesspa.edu.br¹

¹Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) Nova Marabá, PA, 68505-0802

²Departamento de Ciência dos Materiais, Universidade Estadual Paulista (UNESP) Ilha Solteira, SP, 15385-000

Resumo. Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS), especialmente os quadricópteros, terão um papel de destaque em aplicações que exigem leveza, precisão e eficiência, como agricultura de precisão, inspeções técnicas e missões de resgate. A crescente demanda por estruturas otimizadas impulsionará a adoção de tecnologias como a manufatura aditiva e o design generativo, capazes de criar componentes complexos, leves e com alto desempenho estrutural. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um VANT por meio da integração entre o método dos elementos finitos, o design generativo e a impressão 3D, visando à redução de massa e ao aumento da eficiência estrutural. A metodologia empregada envolve a modelagem inicial do drone no software Fusion 360, seguida da aplicação de simulações estruturais para identificar regiões críticas. Em seguida, técnicas de design generativo serão aplicadas às asas, considerando restrições de carga, geometria e material. Os modelos otimizados serão analisados em fatiadores 3D para validação de tempo de fabricação e consumo de material. Os resultados esperados incluirão uma redução significativa de massa, aumento da rigidez estrutural e manutenção de níveis seguros de tensão e fator de segurança, além de uma redução no tempo de fabricação e no consumo de material. Esses resultados deverão comprovar a eficácia da abordagem integrada para o desenvolvimento de estruturas aeronáuticas avançadas, trazendo benefícios em desempenho, custo e sustentabilidade na fabricação de VANTS.

Palavras-chave: VANTS, Design Generativo, Manufatura Aditiva, Elementos Finitos e Otimização Estrutural

Abstract. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), especially quadcopters, will play a prominent role in applications that require lightness, precision and efficiency, such as precision agriculture, technical inspections and rescue missions. The growing demand for optimized structures will drive the adoption of technologies such as additive manufacturing and generative design, capable of creating complex, lightweight components with high structural performance. This work aims to develop a UAV through the integration of the finite element method, generative design and 3D printing, aiming at reducing mass and increasing structural efficiency. The methodology employed involves the initial modeling of the drone in Fusion 360 software, followed by the application of structural simulations to identify critical regions. Then, generative design techniques will be applied to the wings, considering load, geometry and material constraints. The optimized models will be analyzed in 3D slicers to validate manufacturing time and material consumption. The expected results will include a significant reduction in mass, increased structural stiffness and maintenance of safe stress and safety factor levels, in addition to a reduction in manufacturing time and material consumption. These results should prove the effectiveness of the integrated approach to the development of advanced aeronautical structures, bringing benefits in performance, cost and sustainability in the manufacturing of UAVs.

Keywords: UAVs, Generative Design, Additive Manufacturing, Finite Element Analysis and Structural Optimization

1. INTRODUÇÃO

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS), popularmente conhecidos como drones, consolidaram-se como plataformas autônomas essenciais para aplicações que demandam precisão, agilidade e eficiência. Inicialmente desenvolvidos para fins militares (Lee, 2016), esses sistemas evoluíram e passaram a integrar setores civis como a agricultura de precisão, o monitoramento ambiental e operações de resgate em cenários críticos (Mozaffari et al., 2019; Shami et al., 2022). Entre os diversos modelos, os quadricópteros destacam-se por sua arquitetura compacta, estabilidade de voo e facilidade de controle (Floreano e Wood, 2015).

A eficiência operacional desses veículos está diretamente relacionada ao uso de materiais leves e resistentes,

como polímeros termoplásticos e compósitos de fibras de carbono (Mohanty et al., 2023; Castillo et al., 2005). Nesse contexto, a manufatura aditiva, especialmente por meio de técnicas como Fused Filament Fabrication (FFF) e Sinterização Seletiva a Laser (SLS), tem revolucionado a produção de componentes aeronáuticos, permitindo a criação de geometrias otimizadas, leves e funcionais (Gibson et al., 2015a; Volpato, 2017; Thompson et al., 2016). Essa tecnologia possibilita ainda a integração de sensores embarcados e fabricação sob demanda, com materiais de boa relação custo-desempenho, como o ABS (Dizon et al., 2018; Kessler et al., 2020).

Paralelamente, o design generativo baseado em algoritmos de inteligência artificial e otimização estrutural tem se consolidado como uma abordagem promissora na engenharia de estruturas. Ao considerar restrições funcionais e de fabricação desde a etapa de concepção, esse método permite a geração de geometrias inspiradas em formas naturais, altamente eficientes em termos mecânicos (Bendsoe e Sigmund, 2003; Chandrasekaran et al., 2020). Em aplicações aeroespaciais, tem viabilizado o desenvolvimento de braços de rotor e fuselagens com melhor desempenho aerodinâmico e resistência mecânica (Wang et al., 2021), sobretudo quando associado à manufatura aditiva (Fraga, 2024a; Mineiro e Magalhães, 2019).

Este estudo tem como objetivo o desenvolvimento de um quadricóptero por meio da integração sistemática de três tecnologias complementares: o método dos elementos finitos, a manufatura aditiva e o design generativo. Diferentemente de abordagens anteriores que exploram essas técnicas de forma isolada (Fraga, 2024b; Gibson et al., 2015b), este trabalho propõe uma metodologia integrada que visa a otimização estrutural de componentes com significativa redução de massa e custo, sem comprometer os requisitos de resistência. Os resultados obtidos fornecem subsídios para aplicações industriais, contribuindo para o avanço de sistemas autônomos mais eficientes, leves e sustentáveis.

2. DESIGN GENERATIVO (DG)

O design generativo é uma abordagem de projeto assistida por algoritmos que permite a criação de soluções estruturais a partir de parâmetros e restrições previamente definidos, sem a necessidade de um modelo geométrico inicial completo. Com base nesses dados de entrada como condições de carga, restrições de apoio, volume máximo e material, o sistema gera e refina automaticamente múltiplas geometrias viáveis, iterando até alcançar configurações otimizadas segundo os critérios estabelecidos. O resultado do processo inclui diversas alternativas tangíveis, como modelos tridimensionais prontos para manufatura, desenhos técnicos e simulações estruturais (Westerveld, 2021). A Figura 1 apresenta o fluxo típico de trabalho aplicado nesta metodologia.



Figura 1. Design generativo

3. METODOLOGIA

Este estudo segue uma metodologia sistemática composta por cinco etapas principais, conforme representado no fluxograma da Fig. 2. O processo inicia com a definição desenvolvimento do modelo do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), abrangendo sua seleção e conceituação básica. Em seguida, realiza-se análises estruturais computacionais, incluindo simulações para avaliação das propriedades mecânicas do modelo base. A terceira etapa emprega ferramentas de design generativo no software Fusion 360 (Autodesk®) para otimização geométrica das asas do VANT. Posteriormente, o modelo otimizado é submetido a novas análises por elementos finitos, permitindo uma avaliação comparativa detalhada com a configuração original. A fase final contempla a análise de viabilidade para manufatura aditiva, com processamento dos modelos em software especializado para avaliação de parâmetros críticos de impressão 3D, como tempo de fabricação e consumo de material.



Figura 2. Metodologia

3.1. Definição do modelo

O estudo emprega o frame de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), desenvolvido em software CAD com foco na fabricação por meio da técnica de manufatura aditiva FFF (Fused Filament Fabrication). Projetado para ser produzido com base nos parâmetros da impressora Zmorph FAB, cuja área útil de impressão ($235 \times 250 \times 165$ mm) impôs um limite dimensional às peças, restringindo-as a no máximo $200 \times 180 \times 37$ mm. Essa limitação demandou a divisão da estrutura em módulos. A estrutura, possui uma massa de 285 g. A Figura 3 apresenta o modelo, que foi projetado no software Fusion 360 e fabricado em compósito de acrilonitrila butadieno estireno (ABS).

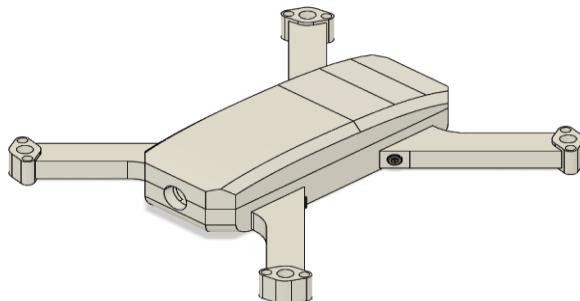


Figura 3. Modelo inicial

3.2. Análise estática por método de elementos finitos (MEF)

A simulação estática via método de elementos finitos avaliou o comportamento estrutural do VANT, aplicando as cargas e esforços na estrutura, sendo elas, empuxo dos rotores 15 N, torque 1.5 N, o peso total dos componentes eletrônicos concentrados na estrutura central 10N e a aceleração gravitacional N.

Restrições aplicadas nos pontos de fixação asa-frame, que impõem deslocamentos nos três eixos globais (X, Y e Z), modeladas como condições de contorno rígidas para representar as conexões estruturais estáticas durante a operação, conforme ilustrado na Figura 4 (a).

A análise estrutural empregou uma malha sólida de segunda ordem (parabólica), incluindo tamanho absoluto de 0,10 cm, ângulo máximo de 35° para giros e curvas, módulo de cisalhamento de 805 MPa e tolerância de convergência de 10%, com refinamento médio ativado para elementos curvos e critério baseado na tensão de Von Mises, cuja distribuição espacial é visualizada na Figura 4 (b) que apresenta o modelo do VANT com a malha aplicada em toda sua estrutura.

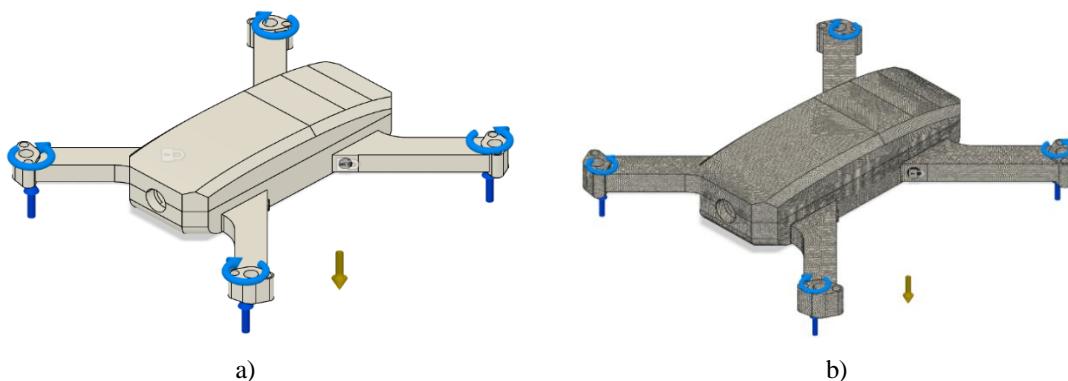


Figura 4. Modelo com os carregamentos(a), modelo com malha (b)

Para os critérios de análise estrutural, segue o Fator de segurança, tensão de von mises e deslocamento, exemplificados com base no fabricante do software Autodesk (2024), descritas abaixo na Tabela 3.

Tabela 3. Critérios

Critério	Descrição
Fator de Segurança	Utilizado para verificar se a estrutura está operando em condições seguras.
Análise de Tensão (Von Mises)	Avalia se a tensão resultante em um ponto pode causar falha no material
Deslocamento	Mede o quanto um ponto da estrutura se move a partir da posição original.

O Fator de segurança é dado pela Eq. (1).

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_{real}}, \quad (1)$$

Sendo FS a representação de fator de segurança, σ a resistência do material e σ_{real} a tensão real. O valor da tensão foi obtido por meio da equação de Von Mises, como apresentado na Equação (2).

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2}{2}} + 3(\sigma_{xy}^2 + \sigma_{yz}^2 + \sigma_{zx}^2), \quad (2)$$

Onde σ é tensão de Von Mises, σ_{xx} , σ_{yy} e σ_{zz} tensões normais nos eixos cartesianos, enquanto σ_{xy} , σ_{yz} e σ_{zx} indicam as tensões cisalhantes atuantes nos planos associados. O deslocamento foi determinado com base na Equação (3), que expressa sua magnitude total.

$$\delta = \sqrt{(\delta x)^2 + (\delta y)^2 + (\delta z)^2}, \quad (3)$$

Onde δ corresponde à magnitude do deslocamento total, sendo x , y e z as componentes de deslocamento em cada direção do espaço tridimensional.

3.4. Aplicação de design generativo

Para otimizar as estruturas, é definido os parâmetros de design generativo foi incluído: simplificação geométrica, geometrias de preservação e de obstáculo, restrições e cargas estruturais, objetivos de desempenho e considerações de fabricação. Na etapa de simplificação estrutural, o frame passa pela alteração estrutural para seguir os objetivos da otimização, a asa e estrutura central do frame são parcialmente removidas, para indicar que o algoritmo faça para a asa, uma ligação entre o montante e sua base, na estrutura central é dividida em duas partes para serem interligadas, assim entregando uma asa e estrutura central com novas geometrias, conforme ilustrado na (Fig. 5). As geometrias de obstáculo (em vermelho) delimitam as áreas a serem evitadas, enquanto as de preservação (em verde) indicam regiões a serem mantidas inalteradas ou com alterações mínimas. As cargas aplicadas são as mesmas utilizadas nas simulações estáticas. O objetivo da otimização é a minimização da massa, assegurando um fator de segurança mínimo de 6. As restrições de fabricação, considerando a manufatura aditiva com polímero ABS, inclui: ângulo máximo de saliência de 45°, espessura mínima de bico de 0,04 cm e orientação de impressão compatível.

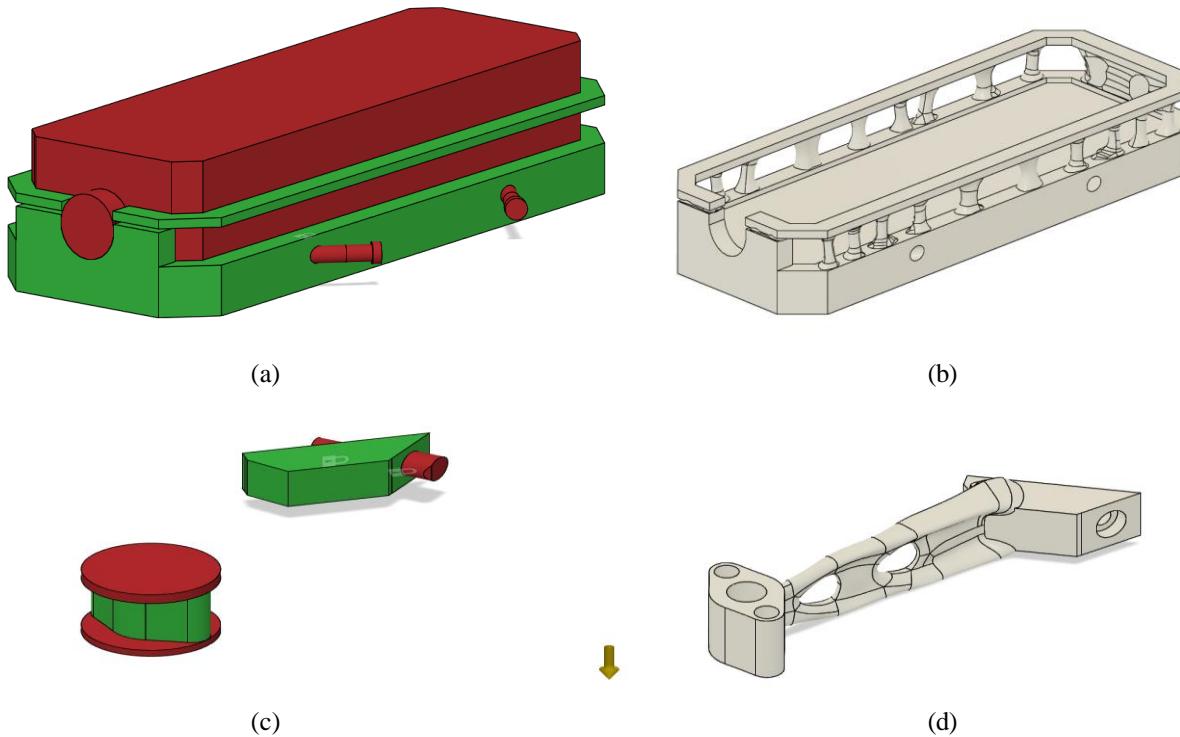


Figura 5. Frame com geometrias de preservação e obstáculo a), Frame otimizado b) Asa com geometrias de preservação e obstáculo c) Asa otimizada c)

3.5. Análise no fatiador

Os modelos serão analisados por meio do *software* Voxelizer, responsável pelo fatiamento a manufatura aditiva, com os parâmetros definidos como: velocidade e qualidade em 50%, temperatura da mesa a 60 °C e do bico extrusor a 210 °C, Perfil de impressão "Light", com preenchimento total (100%) das peças. A análise tem como objetivo avaliar os diferenciais em relação aos dados de produção, como o tempo de fabricação, o consumo de material e o número de camadas, a fim de comparar a produção entre as versões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Simulação estática dos modelos

4.1.1 Fator de Segurança

Conforme os resultados obtidos, o fator de segurança mínimo alcançado foi de 12.5 para o modelo original e de 7.08 para o modelo otimizado, conforme ilustrado nas Fig. 6(a1) e 6(a2), respectivamente. O software Autodesk Fusion estabelece como faixa ideal de projeto valores entre 3 e 6. Fatores de segurança inferiores a 3 indicam risco potencial de colapso estrutural, enquanto valores superiores a 6 sugerem a presença de material excedente e, portanto, oportunidade de otimização da geometria.

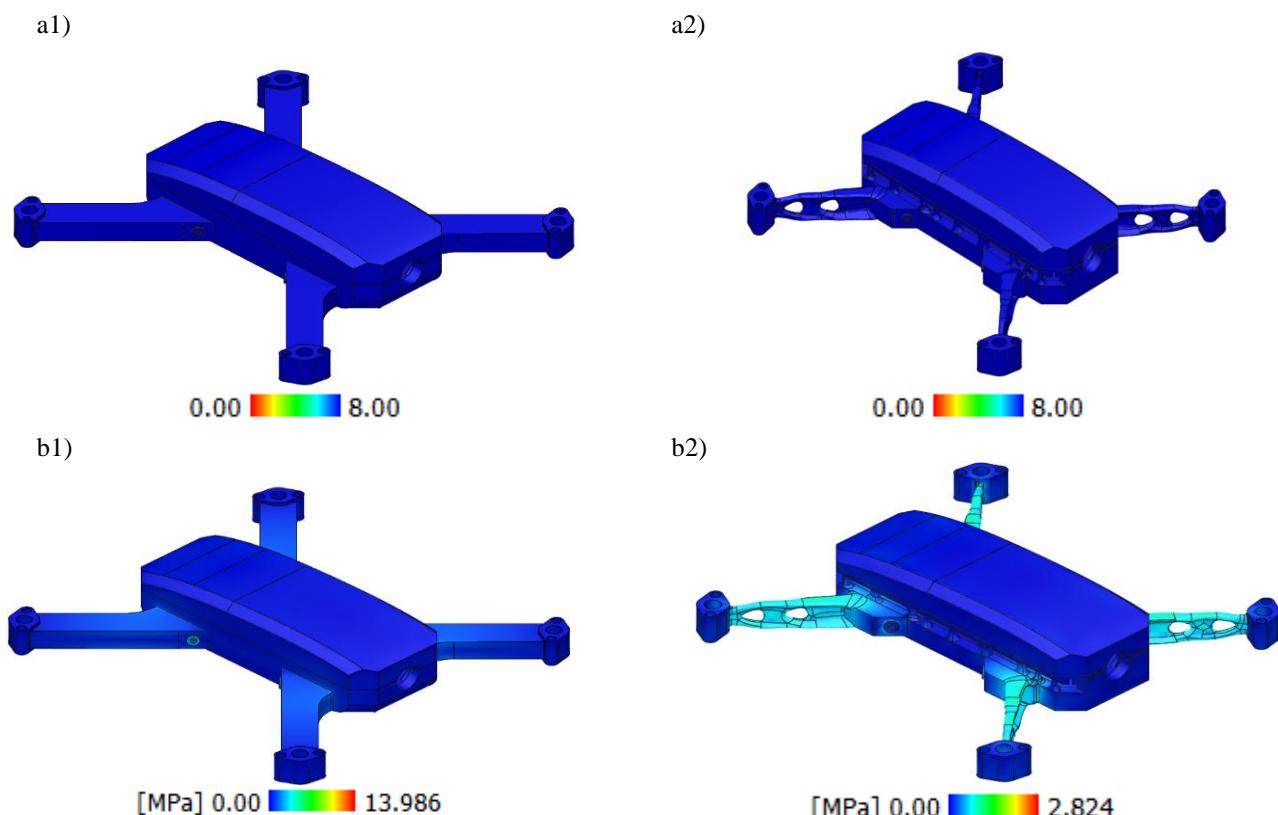
Ambos os modelos apresentaram fatores de segurança acima do limite superior da faixa recomendada, indicando que suportam as cargas com ampla margem de segurança, mas também reforçando a viabilidade de uma redução de massa por meio de ajustes no projeto. O modelo otimizado, mesmo com valor inferior ao original, ainda permanece dentro de uma zona estruturalmente segura

4.1.2 Tensão

tensão máxima de Von Mises obtida na simulação foi de 2.824 MPa no modelo otimizado e de 13.986 MPa no modelo original, conforme apresentado nas Fig. 6(b1) e 6(b2). A equação de Von Mises foi utilizada como critério de comparação por representar o comportamento realista de falha sob estados triaxiais de tensão

4.1.3 Deslocamento

O deslocamento total máximo observado foi de 0.009 cm para o modelo original e de 0.016 cm para o modelo otimizado, conforme Fig. 6(c1) e 6(c2). Esses deslocamentos indicam que, apesar da leve redução de rigidez estrutural no modelo otimizado (refletida em um deslocamento ligeiramente maior), ambos os modelos mantêm comportamento estrutural compatível com as exigências operacionais. A magnitude dos deslocamentos está dentro de limites aceitáveis.



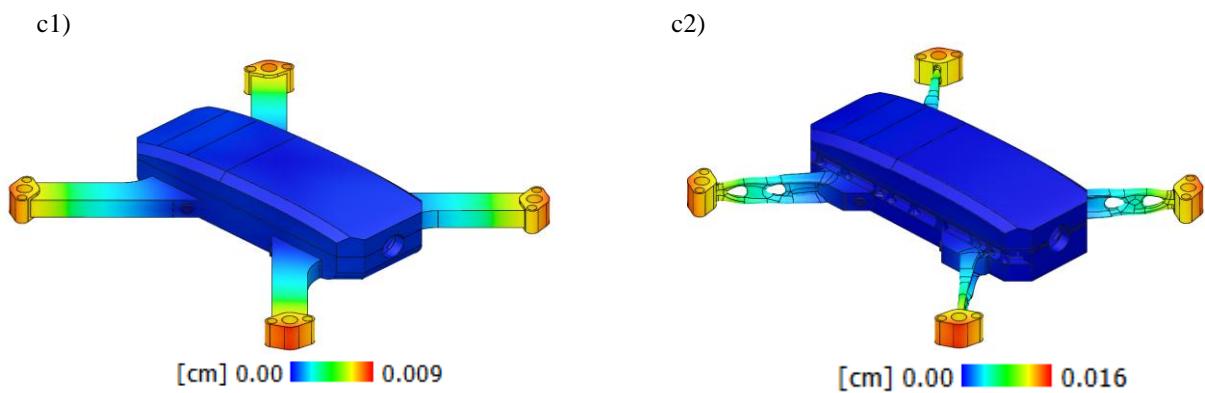


Figura 6. Fator de segurança a), Tensão b) e Deslocamento c)

5 ANÁLISE NO FATIADOR.

Segue abaixo as análises apresentadas na Figura 7.

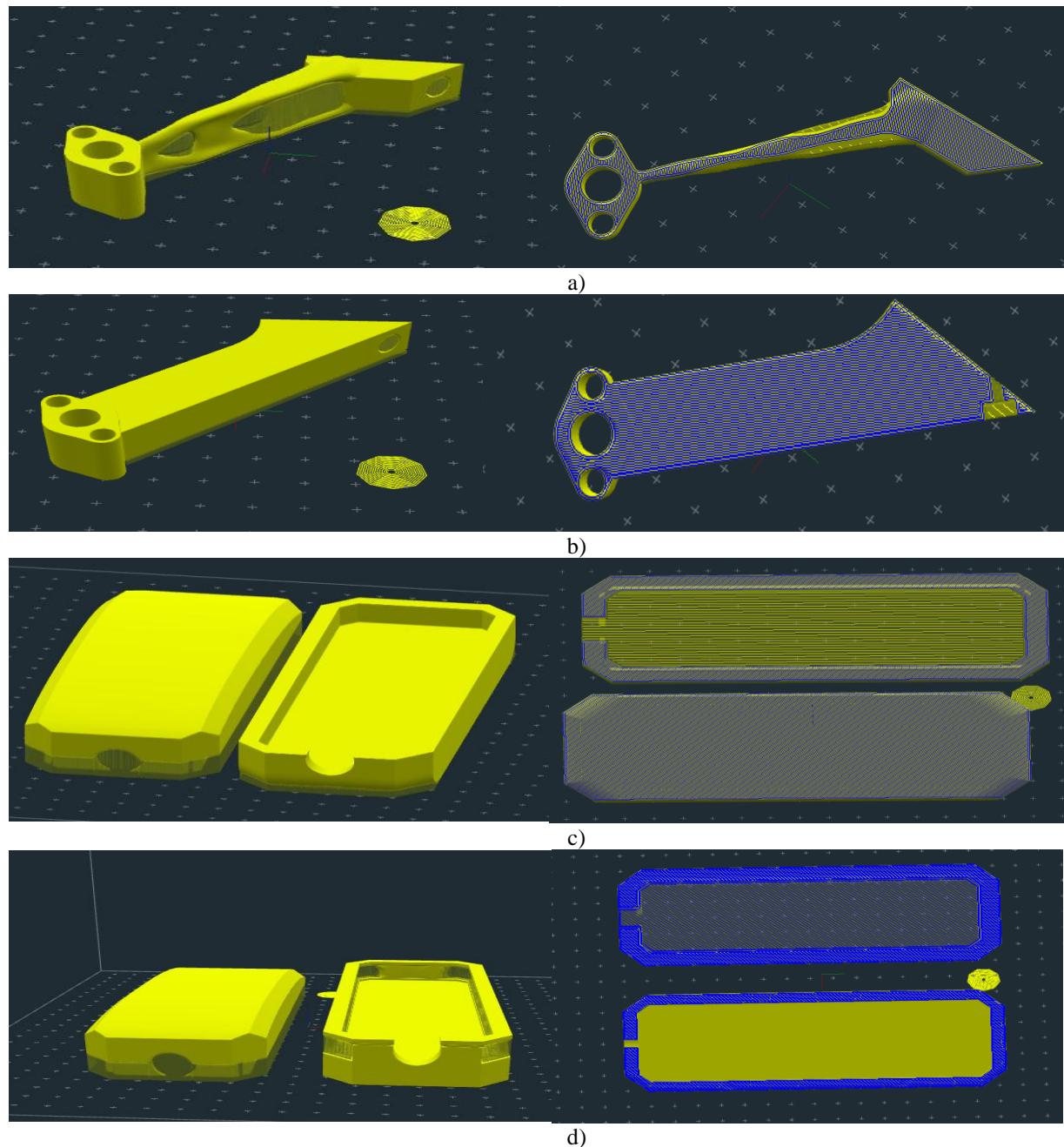


Figura 7. Asa otimizada a), Asa original b), Frames c) e Frame otimizado d)

Asa otimizada Fig 7 (a). Apresenta 69 camadas, 3.81 m de filamento e 1h 5min de impressão. Asa original Fig 7 (b). Apresenta 69 camadas, 8.10 m de filamento e 1h 33min de impressão. Frames Fig 7 (b). Apresenta 119 camadas, 93.36 m de filamento e 18h 13min de impressão e Frame otimizado Fig 7 (d). Apresenta 106 camadas, 68.97 m de filamento e 16h 39min de impressão.

6. COMPARAÇÃO DOS MODELOS.

A comparação entre os modelos demonstra que o frame com asa otimizada apresentou melhor desempenho estrutural, com um fator de segurança mínimo de 7,08. A tensão máxima foi de 2,824 MPa, representando uma redução de aproximadamente 79,8% em relação aos 13,986 MPa do modelo convencional. O deslocamento máximo foi de 0,016 mm, frente a 0,09 mm no modelo original embora ligeiramente maior, o valor permanece dentro dos limites operacionais aceitáveis. Além disso, verifica-se que o conjunto frame otimizado e asa otimizada apresentou o melhor desempenho em impressão, com 17h 44min de tempo total e 72,78 m de filamento, resultando em uma redução de 10,62% no tempo e 28,26% no consumo de material, quando comparado ao modelo frame original e asa original, que demandou 19h 46min e 101,46 m. A combinação frame otimizado e asa original teve tempo de 18h 12min e 77,07 m de filamento, enquanto a versão frame original e asa otimizada alcançou 19h 18min e 97,17 m de filamento ambas com ganhos intermediários em relação ao modelo convencional. Em relação ao peso total, houve uma redução de 17,19%, passando de 285 g no modelo original para 236 g no modelo otimizado. Essa diferença inclui a substituição tanto dos frames quanto das asas: o frame original pesava cerca de 122 g, enquanto o otimizado pesou 115 g; já a asa original pesava aproximadamente 20 g, contra apenas 9 g da versão otimizada.

7. CONCLUSÃO.

Os resultados obtidos ao longo deste estudo confirmam que a aplicação integrada da Análise por Elementos Finitos (FEA), do design generativo e da manufatura aditiva representa uma estratégia eficaz para o desenvolvimento de estruturas leves, funcionais e otimizadas para VANTs. A partir de um modelo estrutural inicial com fator de segurança de 12,5, valor significativamente superior à faixa ideal de 3 a 6, foram identificadas oportunidades concretas de redução de massa e redistribuição das tensões internas, sem comprometer a integridade mecânica da estrutura. Com a aplicação do design generativo, foi possível atingir um fator de segurança de 7,08, ainda dentro de uma faixa segura e mais próxima do ideal, promovendo um melhor aproveitamento do material. A tensão máxima apresentou uma redução significativa de 79,8%, caindo de 13,986 MPa no modelo original para 2,824 MPa no modelo otimizado. O deslocamento máximo observado no modelo otimizado foi de 0,016 mm, frente a 0,09 mm no modelo original valor que, embora ligeiramente superior, permanece dentro dos limites operacionais aceitáveis. Do ponto de vista da manufatura aditiva, os ganhos também foram expressivos. A configuração convencional, com frame original e asa original, exigiu 19h 46min de impressão e consumiu 101,46 metros de filamento. Em contraste, o conjunto frame otimizado com asa otimizada reduziu o tempo total para 17h 44min e o consumo de filamento para 72,78 metros, representando economias de 10,62% no tempo e 28,26% no material utilizado. As configurações intermediárias frame otimizado com asa original (18h 12min e 77,07 m) e frame original com asa otimizada (19h 18min e 97,17 m) também apresentaram ganhos, embora em menor escala. Em relação ao peso total, houve uma redução de 17,19%, passando de 285 g para 236 g no modelo otimizado. Essa diferença inclui tanto a estrutura central quanto as asas: o frame original pesava aproximadamente 122 g, enquanto o otimizado registrou 115 g; já a asa original pesava cerca de 20 g, contra apenas 9 g da versão otimizada. Adicionalmente, o novo design apresentou uma distribuição de tensões mais homogênea, validando os critérios de eficiência estrutural previamente projetados. A compatibilidade do modelo com os requisitos da manufatura aditiva respeitando os limites dimensionais da impressora Zmorph FAB e as propriedades do filamento ABS assegurou a viabilidade técnica da produção, com menor desperdício e maior precisão. Dessa forma, os resultados consolidam a eficácia da abordagem adotada, demonstrando que é possível desenvolver estruturas de VANTs mais leves, com desempenho estrutural otimizado, eficiência produtiva aprimorada e adequação total à impressão 3D. O estudo reforça a relevância da integração entre ferramentas digitais avançadas e processos de manufatura inovadores como caminho para o avanço tecnológico em sistemas aeronáuticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio concedido a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Autodesk, 2024. Fusion help: Static stress results. 25 Mar. 2025
<https://help.autodesk.com/view/FUSION360/ENU/?guid=SIM-STATIC-STRESS-RESULTS-CONCEPT>.
- BENDSØE, M. P.; SIGMUND, O. *Topology optimization: theory, methods, and applications*. Berlin: Springer, 2003. 370 p.
- CASTILLO, P.; LOZANO, R.; DZUL, A. *Modelling and control of mini-flying machines*. London: Springer-Verlag, 2005. 251 p.

- CHANDRASEKARAN, S. et al. Bio-inspired design for aerospace applications. *Nature Reviews Materials*, v. 5, p. 647-665, out. 2020. DOI: 10.1038/s41578-020-00239-y.
- DIZON, J. R. C. et al. Additive manufacturing of functional components. *Additive Manufacturing*, v. 23, p. 34-44, out. 2018. DOI: 10.1016/j.addma.2018.07.012.
- FLOREANO, D.; WOOD, R. J. Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, v. 521, n. 7553, p. 460-466, maio 2015. DOI: 10.1038/nature14542.
- FRAGA, R. *Design por otimização topológica/design generativo: desenvolvimento de componentes para aplicação em autocarros*. Porto: ISEP, 2024. v. 1, n. 1, 85 p.
- GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2015. 510 p.
- GUPTA, N. et al. UAV applications in disaster management: a comprehensive review. *Remote Sensing*, v. 13, n. 5, p. 1-25, mar. 2021. DOI: 10.3390/rs13050892.
- KESSLER, A. et al. 3D printed drones: materials and performance evaluation. *Journal of Materials Engineering*, v. 28, n. 4, p. 112-125, jul. 2020. DOI: 10.1016/j.jma.2020.05.003.
- LEE, S.; CHOI, Y. Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry. *Geosystem Engineering*, v. 19, p. 197-204, 2016.
- LOBO, L. F. C. C. *Design generativo e impressão 3D de grande escala, aplicados à Indústria Portuguesa de Mobiliário*. 2020. Tese (Doutorado) - Universidade do Porto, Porto, 2020.
- MINEIRO, É. F.; MAGALHÃES, C. F. Design paramétrico e generativo: modos de explorar a complexidade. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 14, p. 6-16, 2019.
- MOHANTY, S. N. et al. *Drone technology: Future trends and practical applications*. Hoboken: Wiley, 2023. 446 p.
- MOZAFFARI, M. et al. A tutorial on UAVs for wireless networks: applications, challenges, and open problems. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 21, p. 2334-2360, 2019.
- SHAMI, T. et al. Search and rescue UAV systems: technological advances and operational challenges. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 148, p. 1-15, abr. 2022. DOI: 10.1016/j.robot.2021.103952.
- THOMPSON, M. K. et al. Design for additive manufacturing: trends, opportunities, considerations, and constraints. *CIRP Annals*, v. 65, n. 2, p. 737-760, 2016. DOI: 10.1016/j.cirp.2016.05.004.
- TOFAIL, S. A. M. et al. 3D printing in aerospace engineering: current status and future perspectives. *Progress in Aerospace Sciences*, v. 102, p. 1-23, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.paerosci.2018.07.003.
- VOLPATO, N. *Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D*. São Paulo: Blucher, 2017. Ebook. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521211518/>. Acesso em: 8 jan. 2025.
- WANG, Y. et al. Aerodynamic optimization of UAV components using computational methods. *Aerospace Science and Technology*, v. 110, p. 1-12, mar. 2021. DOI: 10.1016/j.ast.2020.106415.
- WESTERVELD, C. E. *Generative design recommended actions to smooth the way for production of generative designs with additive manufacturing*. Enschede: University of Twente, 2021. (DPM 1787).

RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores Tanaco Do Nascimento Lima, Liesel Eulalia Cerna Nahuis, Antônio Leandro Castro Da Paixão, Wilson Rosa Rocha e Pedro Christian Ayala Castillo, são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.