

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM AVIÃO EM ESCALA COM VTOL

João Vitor Rodrigues de Souza¹, Marcus Felipe Calori Jorgetto¹

¹Instituto Federal de Ciências e Tecnologias do Mato Grosso do Sul – Três lagoas-MS

joao.souza24@estudante.ifms.edu.br ; marcus.jorgetto@ifms.edu.br

Resumo

O objetivo do projeto consiste em desenvolver um protótipo de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) em escala, com a capacidade de executar voos, decolagens e pousos tanto na vertical quanto de forma planada (VTOL). A pesquisa tem como objetivo principal validar a viabilidade dessa categoria de aeronave por meio de um projeto inicial de baixa complexidade, apoiado em revisões bibliográficas e simulações computacionais das características da aeronave, bem como das condições aerodinâmicas com o auxílio de software de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD).

O processo se inicia com uma análise dos formatos e características presentes na literatura, com o intuito de estabelecer o formato ideal da aeronave. Em seguida, são definidos o perfil aerodinâmico, as dimensões da asa, o sistema de propulsão a ser empregado no modo de voo vertical, e um projeto preliminar em escala da aeronave que será fabricado através da tecnologia de impressão 3D.

Palavras-chave: VANT VTOL, eficiência de voo, modelagem 3D e CFD.

Introdução

Uma das áreas de engenharia mais dinâmicas e inovadoras é o desenvolvimento de aeronaves não tripuladas, conhecidas como VANTs, que são capazes de executar diversas tarefas sem a necessidade de um piloto humano. De acordo com Medeiros (2007), 'os veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) são pequenas aeronaves, sem qualquer tipo de contato físico direto, capazes de executar diversas tarefas, tais como monitoramento, reconhecimento tático, vigilância e mapeamento entre outras'.

Essas aeronaves representam uma revolução na forma como enfrentamos desafios em diversos setores, desde a agricultura de precisão até aplicações militares. No entanto, os projetistas de VANTs enfrentam um desafio fundamental: equilibrar a capacidade de decolagem e pouso vertical (VTOL), que permite operações em espaços reduzidos, com a eficiência de voo das aeronaves convencionais, que garantem maior alcance e velocidade. Neste contexto, emerge uma tecnologia inovadora conhecida como VANTs VTOL.

Os VANTs VTOL são aeronaves equipadas com um sistema de vetorização de empuxo, que possibilita a modificação da direção da força gerada pelos motores, alterando o modo de voo. Isso permite que essas aeronaves decolem e pousem como drones convencionais, mas também desfrutem da

capacidade de voar como aeronaves tradicionais, aproveitando as vantagens de cada configuração. Essa tecnologia representa um avanço notável na área dos VANTs, uma vez que combina versatilidade, agilidade, autonomia e eficiência em uma única plataforma.

Além disso, os VANTs VTOL encontram aplicação em uma variedade de cenários e missões, incluindo vigilância, reconhecimento, comunicação e transporte de carga. São capazes de operar em ambientes hostis ou perigosos, onde o risco para a vida humana é elevado. Os VANTs têm como componente principal um sistema de controle capaz de manter a aeronave estabilizada e de executar manobras que a conduza através de uma rota e missão selecionada, conforme destacado por Neris (2001) em sua dissertação 'Um piloto automático para as aeronaves do projeto ARARA.'

O crescimento no uso de VANTs tem sido particularmente notável na agricultura de precisão, conforme indicado por Medeiros (2007), onde essas aeronaves desempenham um papel fundamental na coleta de dados, monitoramento de lavouras e otimização da produção. Além disso, sua aplicação se estende a áreas como cartografia, pesquisa ambiental, busca e salvamento, e muito mais. Por essas razões, os VANTs VTOL têm despertado o interesse de diversos setores, como o militar, o civil e o comercial. No entanto, para que essas aeronaves alcancem todo o seu potencial, ainda é necessário superar alguns desafios técnicos e regulatórios, como destacado no artigo de Jorge e Inamasu (2014), intitulado 'Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão' da Embraer.

Metodologia

A metodologia empregada na construção da aeronave será a utilização de modelagem 3D e simulações de dinâmica de fluidos computacional (CFD). Essas ferramentas são essenciais para o projeto e a construção de uma aeronave. A modelagem 3D permite criar um modelo digital, que pode ser usado para avaliar o seu desempenho aerodinâmico, estrutural e funcional. As simulações de CFD permitem analisar o comportamento do fluxo de ar ao redor da aeronave, bem como as forças e os momentos aerodinâmicos que atuam sobre ela. Essas técnicas ajudam a otimizar o design da aeronave, reduzindo o seu arrasto, aumentando a sua sustentação e melhorando a sua estabilidade e controle. Além disso, elas auxiliam na validação e na verificação do projeto, comparando os resultados das simulações com os dados experimentais obtidos em voos de teste. A modelagem 3D e as simulações

de CFD são, portanto, métodos eficientes e econômicos para a construção de um protótipo inicial.

Para complementar a metodologia, serão realizados ensaios em túnel de vento e em campo aberto, com o objetivo de avaliar o desempenho da aeronave em diferentes condições de voo. Os ensaios em túnel de vento permitem medir as características aerodinâmicas da aeronave, tais como o coeficiente de arrasto, o coeficiente de sustentação, o ângulo de ataque e o ângulo de deslizamento. Os ensaios em campo aberto permitem testar a funcionalidade dos sistemas embarcados na aeronave, tais como o sistema de propulsão, o sistema de navegação, o sistema de comunicação e o sistema de controle. Esses testes são fundamentais para verificar se a aeronave atende aos requisitos de segurança, confiabilidade e desempenho esperados. A combinação da modelagem 3D, das simulações de CFD e dos ensaios em túnel de vento e em campo aberto constitui uma metodologia robusta e completa para a construção da aeronave.

Resultados e Discussão

A partir do estudo de desempenho e eficiência da estrutura. Foi escolhido a geometria de asa voadora, mais conhecida como Asa Zagi.

A asa voadora é um formato de aeronave que não possui cauda, sendo composta apenas por uma grande asa que abriga os motores, a bateria e a carga. Esse formato é eficiente para a utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs) porque reduz o arrasto aerodinâmico, aumenta a sustentação e diminui o peso da estrutura. Além disso, a asa voadora oferece maior autonomia de voo, maior capacidade de carga e menor visibilidade aos radares, o que pode ser vantajoso para aplicações militares ou civis. Na imagem abaixo é mostrado uma aeronave norte americana fabricada pela Lockheed Martin a pedido da Força Aérea dos Estados Unidos (USAF). Para ser usada em missões de reconhecimento e vigilância. Seu formato de asa voadora proporciona melhor desempenho aerodinâmico o que se traduz em economia de combustível para abranger grandes distâncias, furtividade a radares e maior capacidade de carga de equipamentos.

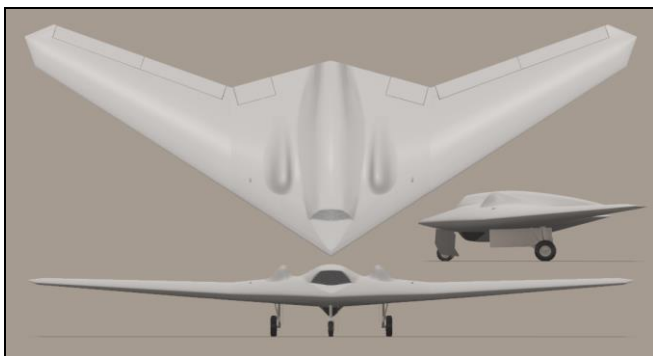


Figura 1. Exemplo de asa voadora. Lockheed Martin RQ-170 Sentinel. **Fonte:** airforce-technology

O perfil geométrico da asa selecionado é o FX 63-110 AIRFOIL (fx63110-il), conforme a Figura 2. Seu formato assimétrico (Convexo), possui uma maior estabilidade quando comparada com as simétricas. Seu desempenho em baixa velocidade é o grande responsável pela escolha do modelo. Disponível no banco de dados do site Airfoiltools. Pode-se utilizar as coordenadas de importação para o software de modelação em arquivo DAT.

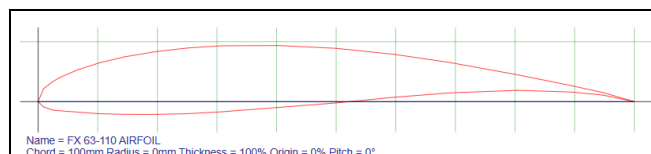


Figura 2. Perfil geométrico da asa. **Fonte:** Airfoiltools

A partir das geometrias definidas, inicia-se o modelo tridimensional do protótipo para estudos através da modelagem 3D utilizando softwares CAD (Computer Aided Design) como o FUSION 360 da Autodesk.

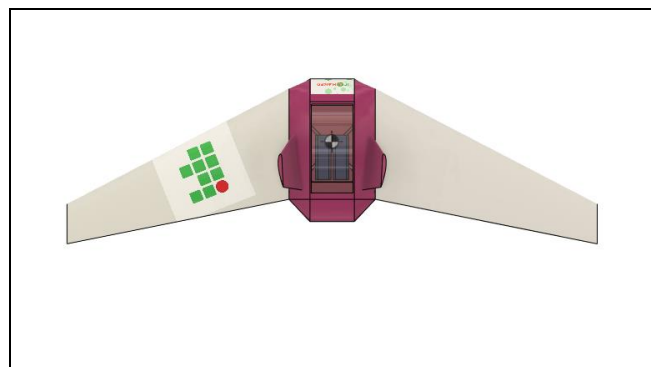


Figura 3. Modelo 3D da aeronave com destaque para a geometria superior. **Fonte:** Próprio autor.

O modelo desenvolvido seguiu algumas especificações como espaço interno suficiente para o alojamento do sistema de controle, comunicação e das baterias. Seu formato tem a intenção de diminuir o arrasto gerado pelo corpo.

Outra especificação do corpo da aeronave é a existência de dispositivos aerodinâmicos que ficam dispostos sobre a fuselagem. Essas asas verticais (Winglets) possuem o formato característico de uma asa convencional. Porém sua posição permite que a mesma desempenhe várias funções para a aeronave. Uma delas é diminuir o arrasto causado pelos vórtices (redemoinhos) de ar que se formam sobre as asas, fazendo com que o avião aumente sua eficiência pela diminuição do gasto energético. Outra função dos winglets é

aumentar a estabilidade e a manobrabilidade da aeronave, o que ajuda nas curvas e nas mudanças de direção.

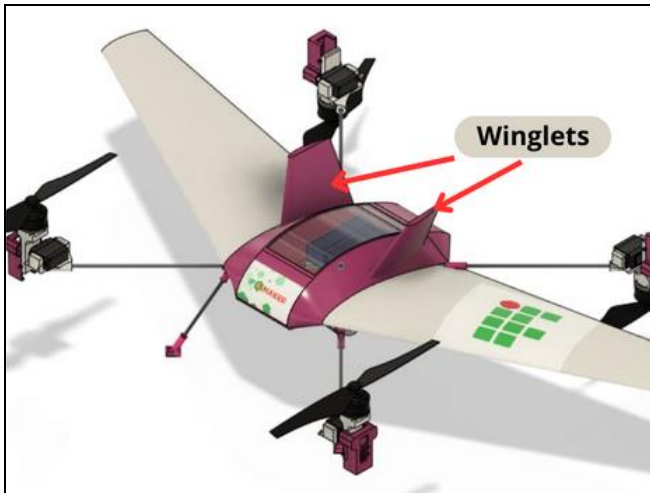


Figura 4. Modelo 3D da aeronave com destaque para a posição dos winglets. **Fonte:** Próprio autor.

As simulações de arrasto, sustentação e esforço mecânico foram feitas através do software de elementos finitos CFD (Dinâmica dos Fluidos Computacional). Através do software foi possível inserir condições físicas para avaliação do desempenho da aeronave dentro de um túnel de vento virtual. Onde a velocidade do ar e pressão são indicadas através de espectros de cores. Todas as simulações foram feitas com a velocidade do ar em 10 m/s. e temperatura de 23.5°C.

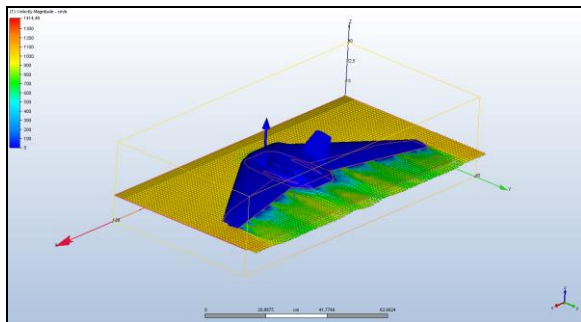


Figura 5. Simulação CFD. **Fonte:** Próprio autor.

Na simulação abaixo é possível observar o fluxo de ar fluindo sobre a superfície do winglet. Com o mesmo criando uma zona de baixa pressão em sua borda de escape, o fluxo é desviado em direção ao centro. Dessa forma, cria-se uma força horizontal no sentido ao eixo de simetria lateral da aeronave. De forma que a aeronave é simétrica. Suas forças laterais se anulam, corrigindo o deslocamento lateral ocasionado por turbulências e vórtices sobre a asa

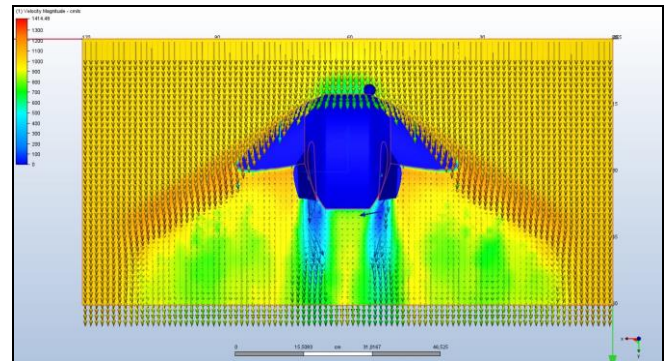


Figura 6. Simulação CFD. Vórtices no bordo de escape do winglet. **Fonte:** Próprio autor.

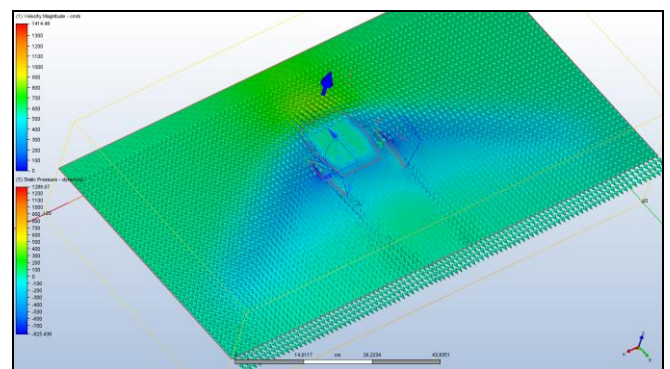


Figura 7. Simulação CFD. Pressão sobre a aeronave. **Fonte:** Próprio autor.

Na figura 7 é mostrado a relação entre velocidade e pressão sobre a superfície da aeronave. Nessa imagem é possível visualizar todo o seu entorno. A região de baixa pressão é visível através do espectro de cor azul. Sua intensidade traduz em regiões com baixas pressões. Ainda é possível visualizar o desvio de fluxo do winglet descrito anteriormente.

A relação entre a velocidade do ar e o perfil geométrico de uma asa assimétrica é determinada pelo princípio de Bernoulli, que afirma que a “pressão de um fluido é inversamente proporcional à sua velocidade”. Dessa forma, quando o ar passa por uma asa assimétrica, que tem uma superfície superior (extradorso) mais curva e uma superfície inferior (intradorso) mais plana, ele se divide em duas correntes com velocidades diferentes. A corrente que passa pela superfície superior tem uma velocidade maior do que a que passa pela superfície inferior, gerando uma diferença de pressão entre as duas superfícies. Essa diferença de pressão cria uma força perpendicular à direção do fluxo de ar, chamada de sustentação, que permite que a asa se eleve no ar.

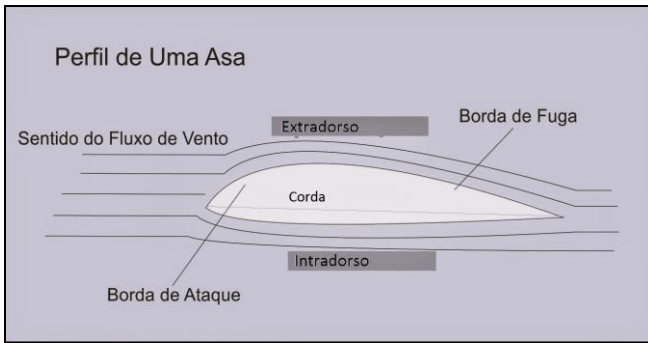


Figura 8. Perfil geométrico da asa. Efeito Bernoulli. Fonte: lookaroundaviation

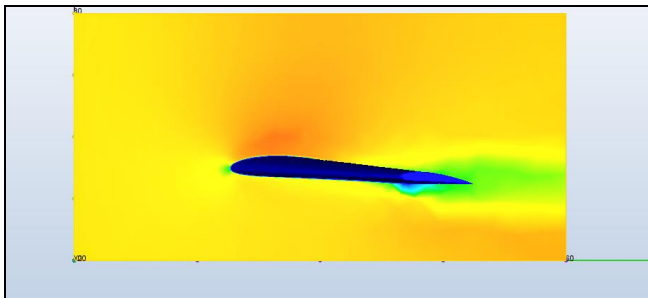


Figura 9. Simulação do perfil geométrico da asa. Fonte: Próprio autor.

Na simulação acima é possível identificar pela cor vermelha as regiões de alta velocidade do ar sobre o extradorso da asa. Indicando assim que nessa região há uma zona de baixa pressão o que indica que há sustentação na asa.

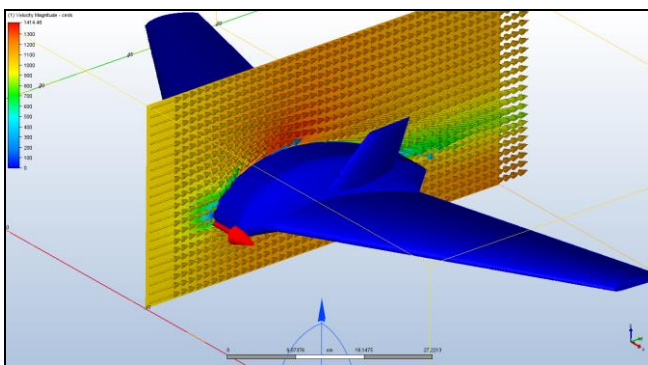


Figura 10. Simulação do perfil geométrico do corpo da aeronave. Fonte: Próprio autor.

Do mesmo modo que a asa. O corpo da aeronave apresenta o mesmo formato, dessa forma seu arrasto é minimizado. Como também, há uma indecência de regiões de baixa pressão sobre a superfície superior do corpo, indicando assim há existência de sustentação sobre o corpo da aeronave.

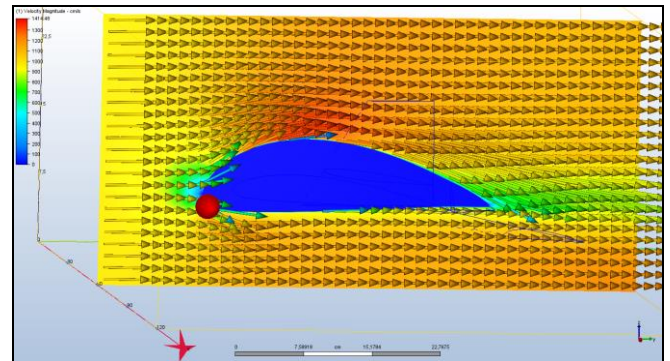


Figura 11. Simulação do perfil geométrico do corpo. Fonte: Próprio autor.

Após as análises de viabilidade aerodinâmica da aeronave. Foi definido a posição dos rotores, como também a construção do sistema de vetorização de empuxo.



Figura 12. Modelagem do primeiro protótipo, com destaque para a disposição dos rotores e sua semelhança com os quadricópteros convencionais. Fonte: Próprio autor.

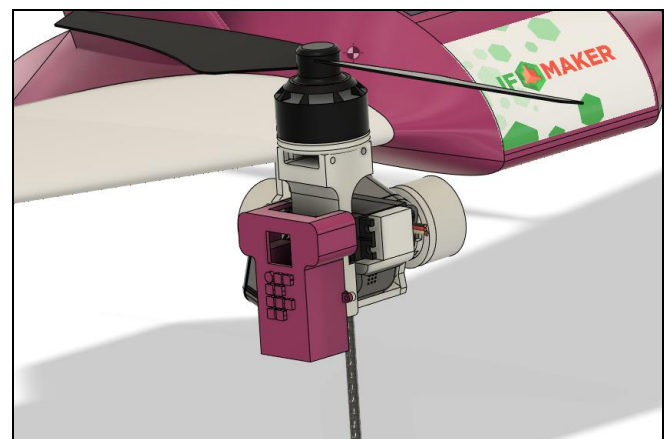


Figura 13. Mecanismo de vetorização de empuxo, em posição de decolagem. Fonte: Próprio autor.

Seu mecanismo é composto por duas peças moveis conectados a um servo motor de alto torque, que através de um comando atua rotacionando o conjunto em torno do seu eixo.

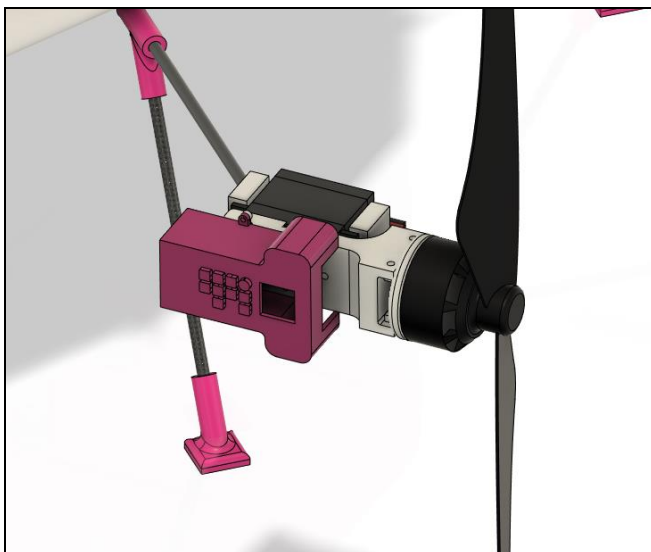


Figura 14. Mecanismo de vetorização de empuxo, em posição de voo de cruzeiro. **Fonte:** Próprio autor.

O protótipo final é construído visando a eficiência energética, com isso é empregado o uso de materiais leves e resistentes para a sua construção. Seus rotores são conectados ao corpo através de tubos de fibra de carbono. Que além de apresentar alta resistência a estresse mecânico também absorve as vibrações emitidas pelos rotores, fazendo com que as mesmas não se propaguem para toda a aeronave.

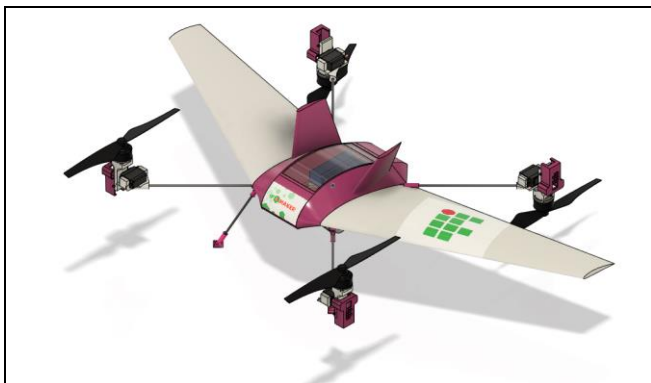


Figura 14. Protótipo em posição de decolagem. **Fonte:** Próprio autor.

Devido a conexão dos rotores serem feitos no formato de X para aumentar o ponto de apoio e aumentar a resistência. Os rotores traseiros não conseguem se mover para frente como os dianteiros. Logo sua rotação deve ser inversa, ou seja, suas fases são invertidas. Com isso temos a seguinte disposição:



Figura 15. Protótipo em posição de decolagem, com destaque para a posição dos rotores. **Fonte:** Próprio autor.

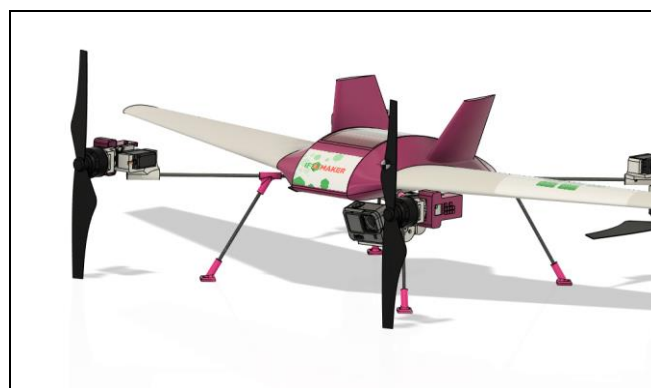


Figura 16. Protótipo na configuração de voo horizontal, com destaque para a posição dos rotores dianteiros. **Fonte:** Próprio autor.



Figura 17. Protótipo com o rotor trazeiro em configuração de voo horizontal. **Fonte:** Próprio autor.



Figura 18. Protótipo em posição de decolagem, vista frontal. **Fonte:** Próprio autor.

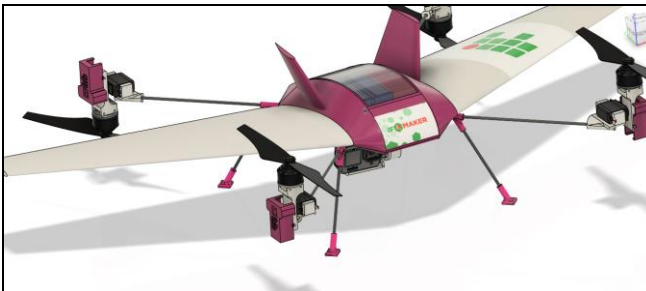


Figura 19. Protótipo em posição de decolagem, vista ortogonal. **Fonte:** Próprio autor.

A aeronave possui suporte para a alocação de uma câmera com sistema de estabilização. Essa versão poderá ser usada para vigilância, topografia e estudo de solo, sua aplicação é ilimitada se restringindo apenas ao peso de decolagem bruto.

Considerações Finais

As simulações permitiram verificar o desempenho do protótipo e assim aprimorar a estrutura até alcançar a geometria ideal dessa forma foi assegurado o desenvolvimento integral do projeto, respaldado pelos parâmetros fundamentais para a construção, buscando sempre a relação peso, sustentação do conjunto e redução do arrasto.

Agradecimentos

Agradeço ao financiamento do PIBITI edital 029/2022 - do IFMS.

Referências

JORGE, Lúcio André De Castro; INAMASU, Ricardo Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão. Embrapa, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114264/1/CAP-8.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SAMPAIO, Ícaro Marcolin Sampaio. Aerodinâmica: o desenvolvimento de dispositivos hiper sustentadores e seus

benefícios à segurança operacional. Universidade do sul de Santa Catarina, 2019. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8140/1/ÍCARO%20MARCOLIN%20SAMPAIO%20-%20TCC%20corrigido%20pela%20ATA.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2023

NERIS, L. O. Um piloto automático para as aeronaves do projeto ARARA. 2001. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) -Universidade de São Paulo, São Carlos.

MEDEIROS, F. A. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007