

Projeto do Subsistema de Estruturas

[Clique Aqui](#) para baixar o documento.

A concepção estrutural deve equilibrar sustentação aerodinâmica, resistência a cargas dinâmicas e capacidade de carga útil. Cada subsistema do eVTOL desempenha um papel fundamental na operação e, portanto, deve ser projetado para funcionar em harmonia com os outros subsistemas. De forma geral, o detalhamento de um projeto é iniciado pela lista de requisitos funcionais e não funcionais de cada subsistema. Em Estruturas, os requisitos são essenciais para a definição das geometrias e dos materiais utilizados. Contudo, a validação completa dos componentes deve considerar também os cálculos e ensaios estruturais, além das simulações numéricas.

Definição de critérios de avaliação dos materiais

Como mencionado, a definição de materiais em um projeto é condicionada à lista de requisitos deste. Dessa forma, a Tabela 1 abaixo tem por objetivo relacionar os requisitos específicos da área com os critérios definidos para a escolha dos materiais. O Peso representa a soma das pontuações em cada critério.

Tabela 1: Critérios para os requisitos de estruturas.

Critério	RF01	RF02	RF03	RF04	RF05	RF06	RNF01	RNF02	RNF03	RNF04	Peso
Possui normas nacionais para especificar seu uso?	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	4
Possui embasamento literário extenso para os cálculos?	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9
Objeto disponível no laboratório?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Possui vasta aplicação industrial no contexto de estruturas?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10

Fonte: Autoria própria. Todos os direitos reservados.

A Tabela 1 indica uma vasta aplicação industrial dos requisitos de projeto, o que é compatível com o contexto de drones comerciais. Os dados também indicam uma quantidade razoável de normas indicadas para o projeto e uma extensa base literária para verificação e referências.

Subsistemas

Estrutura do Drone

A **estrutura do drone** (Tabela 2) é fundamental para garantir a estabilidade e desempenho do eVTOL durante as operações, como decolagem, voo horizontal e aterrissagens. Sua configuração em H oferece uma distribuição balanceada de peso e estabilidade aprimorada, enquanto os materiais escolhidos asseguram leveza e resistência.

Tabela 2: Detalhamento da Estrutura do Drone

Componente	Descrição
Configuração em H	Estrutura composta por dois braços horizontais e uma fuselagem central, garantindo distribuição balanceada de peso e estabilidade aprimorada .
Braços Horizontais	Onde estão montados os motores e hélices , assegurando sustentação vertical e transição para voo horizontal.
Material de Construção	Fibra de carbono , proporcionando leveza e alta resistência à tração.

Fonte: Autoria própria. Todos os direitos reservados.

Estrutura da Aeronave

A **estrutura da aeronave** (Tabela 3) engloba os elementos principais que garantem a estabilidade e controle durante o voo horizontal e manobras críticas, como as asas, o trem de pouso, o profundor/leme e a fuselagem. Cada componente foi projetado para otimizar o desempenho do drone nas missões de combate a incêndios.

Tabela 3: Detalhamento da Estrutura da Aeronave

Componente	Descrição
Asas	Fornecem sustentação adicional no voo horizontal, com design aerodinâmico NACA 4415 para reduzir arrasto.
Material de Construção das Asas	PLA Light Weight para a estrutura, com longarinas duplas de fibra de carbono.

Trem de Pouso	Trem de pouso fixo projetado para estabilidade em decolagens e aterrissagens.
Material de Construção do Trem de Pouso	Aço para garantir resistência .
Profundor/Leme	O profundor controla a inclinação da aeronave, enquanto o leme fornece controle direcional e estabilidade.
Material de Construção do Profundor/Leme	ABS , garantindo boa rigidez e estabilidade.
Fuselagem	Compacta e robusta , projetada para resistir a impactos e altas temperaturas.
Material de Construção da Fuselagem	ABS , conhecido pela sua alta resistência mecânica e versatilidade.

Fonte: Autoria própria. Todos os direitos reservados.

Sistema de Ejeção

O **sistema de ejeção (Tabela 4)** é responsável pela liberação precisa e eficaz dos agentes extintores, crucial para o combate a incêndios. Ele é projetado para garantir precisão na liberação, utilizando tecnologia como sensores térmicos e câmeras para identificação dos focos de incêndio.

Tabela 4: Detalhamento do Sistema de Ejeção

Componente	Descrição
Localização e Função	Localizado estrategicamente para otimizar a distribuição de peso e garantir a liberação eficaz dos agentes extintores.
Controle	Utiliza ganchos conectados a servo motores , com sensores térmicos e câmeras para liberação coordenada do agente extintor.
Material de Construção	Alumínio , por sua resistência e leveza .

Fonte: Autoria própria. Todos os direitos reservados.

Gimbal

O **gimbal (Tabela 5)** é responsável por estabilizar a câmera, essencial para a visualização clara e contínua do foco de incêndio, mesmo durante manobras rápidas ou adversas. Ele utiliza uma estabilização de **dois eixos** para garantir imagens nítidas e sem distorções.

Tabela 5: Detalhamento do Gimbal

Componente	Descrição
Função	Estabiliza a câmera em dois eixos , garantindo uma visualização clara do incêndio, sem distorções.
Material de Construção	ABS , pela sua resistência ao calor e impactos , mantendo a operação estável mesmo em condições extremas de voo.

Fonte: Autoria própria. Todos os direitos reservados.

Integração dos Subsistemas

A **integração entre os subsistemas** é um aspecto crucial para garantir a operação eficiente do eVTOL. A comunicação entre os diversos componentes da aeronave, como a estrutura do drone, sistema de ejeção e o gimbal, será realizada por meio de conectores específicos, de fibra de carbono e aço, otimizando a performance e a durabilidade do sistema como um todo.

Lista de materiais gerais

A seleção dos materiais para a construção do eVTOL é uma etapa fundamental no desenvolvimento do projeto, pois influencia diretamente na performance, durabilidade e eficiência da aeronave. A escolha dos materiais foi feita levando em consideração fatores como **resistência**, **leveza**, **acessibilidade financeira** e **facilidade de fabricação**, visando sempre o equilíbrio entre custo e benefício. Materiais como **fibra de carbono**, **fita de fibra de vidro** e **filamento de nylon com fibra de carbono** foram escolhidos por suas características de resistência e baixo peso, essenciais para a estabilidade e agilidade do drone. Já o **alumínio** e o **aço** foram selecionados para componentes que exigem maior resistência, como o sistema de ejeção e o trem de pouso. A **Tabela 6** a seguir detalha os materiais selecionados, suas aplicações e justificativas para a escolha.

Tabela 6: Lista dos materiais selecionados

Material	Descrição	Justificativa
Fibra de carbono	Hélices; Tubos estruturais; Conectores T	Material de alta resistência à tração e torção, leve. Disponibilidade financeira para compra.
Filamento de nylon com fibra de carbono	Núcleo das asas, gimbal, conectores	Material de engenharia de resistência elevada em comparação com filamentos comuns, leve. Disponibilidade financeira para compra e disponibilidade de impressora adequada.
Filamento PLA Light Weight	Asa	Material leve, de baixo custo e alta acessibilidade.
Filamento ABS	Profundor/Leme; Fuselagem; Gimbal	Material resistente, de baixo custo e alta acessibilidade.
Fita de fibra de vidro	Revestimentos	Material leve, resistente e moldável. Disponibilidade financeira para compra.

Alumínio	Componentes do sistema de ejeção	Metal leve, resistente, de baixo custo e alta acessibilidade.
Aço	Trem de pouso	Material de alta resistência à impacto, baixo custo e alta acessibilidade.

Fonte: Autoria própria. Todos os direitos reservados.

Análises Preliminares

As análises estruturais desempenham papel fundamental dentro do projeto de sistemas mecânicos. A utilização de dados técnicos do sistema é uma forma não apenas de definir parâmetros do projeto, mas também de validá-los. No SiDrone, tanto a análise estrutural quanto a análise aerodinâmica são essenciais para o desempenho do eVTOL.

Análise estrutural preliminar

É realizada com base em dois segmentos: distribuição de sustentação da asa e cargas dinâmicas dos motores.

Distribuição de sustentação: a sustentação é função direta do perfil aerodinâmico, no ângulo de ataque e das características de fluxo de ar, o que influencia diretamente nos esforços internos gerados na asa. Assim, o projeto estrutural é pensado de forma a garantir a melhor distribuição de cargas, especialmente durante manobras e/ou turbulência.

Cargas dinâmicas dos motores: os motores são responsáveis por vibrações, forças de empuxo e oscilações durante as operações mais críticas do sistema. Todos esses movimentos são transmitidos para as asas e fuselagem, as quais devem ser dimensionadas para evitar instabilidades, fadiga e falha dos componentes.

Análise aerodinâmica preliminar

Para a análise aerodinâmica do SiDrone é realizado o cálculo preliminar de deflexão da semi-asa, tal que o volume de cauda é utilizado para calcular o torque resultante da empenagem. O ponto de referência utilizado é de 1/4 de corda da asa.

Referências

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 22010: Controle de propriedades de massa. 2012.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL Regras sobre drones, 2023.
Acesso em: 23 nov. 2024.
3. UP3D Ficha técnica: Filamento INTAMSYS PA-CF, 2023.
Acesso em: 23 nov. 2024.
4. MAPEI Ficha técnica: Carbotube, 2023.
Acesso em: 23 nov. 2024.

Versionamento

Versão	Data	Modificação	Autor
1.0	15/11/2024	Criação do documento	João Vitor Bigoloti
1.1	23/11/2024	Desenvolvimento do texto, atualização da tabela de critérios e das referências	Thamires Rodrigues
1.2	24/11/2024	Desenvolvimento do texto	Maria Fernanda Pimentel
2.0	26/11/2024	Revisão	Gustavo
2.1	27/11/2024	Atualização da tabela de materiais e do tópico de análises preliminares	Thamires Rodrigues