



CONSTRUÇÃO DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) DE BAIXO CUSTO

Ícaro da Silva Reis¹, Pedro Henrique Rêgo Araújo de Souza²,
Lucas Pinheiro Soares³, Jancarlos Menezes Lapa⁴, Dielson Hohenfeld⁵,

¹Estudante do Curso Técnico de Automação e Controle Industrial - IFBA. Bolsista do CNPq. e-mail: icarosilva.reis@hotmail.com

²Estudante do Curso Técnico de Eletrônica – IFBA. Bolsista do CNPq. e-mail: phrasouza@hotmail.com

³Estudante do Curso Técnico de Eletrônica – IFBA. Bolsista do CNPq. e-mail: lucas.pinheiro.soares@gmail.com

⁴Docente e mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências –IFBA e-mail: jancarloslapa@gmail.com

⁵Docente e mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências –IFBA e-mail: dph@ifba.edu.br

Resumo: Voar é um verbo que sempre fascinou todos aqueles presentes no planeta terra, desde os primórdios da humanidade. Com o passar do tempo, relacionou-se ao ato de voar a realização de uma série de tarefas que, a partir da ascensão tecnológica, mostraram-se necessárias à manutenção de diversas atividades humanas. Entre as várias tecnologias disponíveis para a viabilidade dessas ações, poucas superam os VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados) em praticidade e variedade de aplicação. O projeto de um VANT surge como uma técnica alternativa, a fim de investigar uma série de problemas encontrados, sobretudo no espaço geográfico, inclusive tanto no meio ambiental como no meio urbano. Este trabalho relata os resultados parciais da primeira de quatro etapas previstas de um projeto desta natureza, que consiste na construção de um aeromodelo em isopor e depron. Espera-se através desta etapa o aprimoramento de técnicas de construção e modelagem de veículos aéreos.

Palavras-chave: VANT, espaço geográfico, aerodinâmica, aeromodelo.

1. INTRODUÇÃO

Diante da importância crescente dos veículos aéreos para a humanidade, aliada à otimização das tecnologias envolvidas no seu desenvolvimento e operação, faz-se visível a ampliação das possibilidades de suas aplicações, propendendo à resolução de problemas atuais ainda sem soluções contundentes, como o desmatamento de regiões de Floresta Amazônica, de Mata Atlântica e até mesmo das “florestas urbanas”, ainda presentes em algumas cidades, além do combate de incêndios florestais muito frequentes nas regiões secas e quentes como, por exemplo, a Região da Chapada de Diamantina, na Bahia. A obtenção de imagens aéreas panorâmicas apresenta-se útil para atenuar estes problemas e pode configurar um método de supervisão eficiente se aliada a outras tecnologias. Nesse sentido é, portanto, viável a utilização de um veículo aéreo de baixo custo e totalmente autônomo, capaz de obter imagens de alta resolução e transmissão de sinal em tempo real.

A construção de um Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) de baixo custo, embarcado com instrumentos de localização, monitoramento, sensoriamento e inspeção, apropriado para cumprir os seus objetivos – o monitoramento de áreas florestais – de modo eficiente, pressupõe o desenvolvimento de um projeto arrojado, minucioso em detalhes e capaz de prover todos os requisitos para a sua operação e funcionamento. Nesse sentido, a aerodinâmica torna-se o fundamento e a base deste projeto, condicionando todos os aspectos de construção e desenvolvimento do mesmo.

A aerodinâmica é o estudo do movimento de fluidos gasosos e da sua interação com corpos sólidos neles imersos. A análise dessa interação fornece informações imprescindíveis para a construção de qualquer veículo aéreo, incluindo a correta seleção e dimensionamento dos elementos responsáveis pela estabilidade e tempo de voo que estarão intrinsecamente atrelados à sua eficiência e, consequentemente, a sua importância como “ferramenta” para pesquisas e análises.

A ideia da construção de um VANT de baixo custo está atrelada ao estudo de características estruturais ligadas à sua aerodinâmica, estabilidade e desempenho em geral, importantes no êxito das operações as quais ele esteja encarregado. Dessa forma, pretende-se discutir, analisar e selecionar materiais, ferramentas e estruturas específicas que estejam coerentes com o local, o objetivo e as



consequências da utilização do veículo, aliadas à utilização de softwares e hardwares de controle capazes de dotar autonomia ao mesmo.

Levando-se em conta que, atualmente, a questão eficiência energética é a tônica condutora da maioria dos projetos, o uso de aeronaves comuns, movidas a materiais derivados de petróleo, para os fins citados torna-se inviável, devido, principalmente, à grande demanda de combustível, que influencia, inclusive, nos conhecidos efeito estufa e aquecimento global. Nesse caso, a utilização de energia elétrica para alimentação de todos os subsistemas do veículo exibe-se como importante alternativa capaz de inibir, ao máximo, a poluição e outros males ao ambiente, a partir de baterias elétricas recarregáveis que estariam embarcados devidamente e de modo anteriormente estudado no interior da estrutura do veículo.

De uma forma geral, objetiva-se projetar, analisar e desenvolver um veículo aéreo não tripulado (VANT) de baixo custo capaz de produzir imagens para monitoramento e patrulha de áreas urbanas e/ou rurais sem intervenção humana, visando posterior análise das imagens e conclusões sobre causas, consequências e soluções para o desflorestamento. Sabendo-se que este trabalho trata da descrição da primeira etapa da construção de um VANT, objetiva-se a aquisição de dados, fundamentos e conhecimentos teóricos e práticos fundamentais para a construção de um veículo aéreo.

A seguir, descreve-se a abordagem metodológica e materiais utilizados na perspectiva de que na conclusão do projeto obtenha-se baixo custo de construção. Além disso, dispõe-se resultados parciais, abstraídos de um processo de desenvolvimento ainda existente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento de um VANT pode ser dimensionado de forma que esteja dividido em quatro etapas. A construção de uma plataforma aérea inicial, em material de baixíssimo custo; a construção de uma plataforma aérea final, com custos reduzidos, porém dotado de materiais com maior rigidez estrutural que a primeira versão; o desenvolvimento de um sistema de controle e estabilidade capaz de dotar autonomia à plataforma aérea, aliado ao sistema de monitoramento para a produção de imagens em alta definição; e, por último, a análise e conclusão das imagens obtidas. Assim, neste capítulo, busca-se a apresentação dos métodos e material utilizados para o desenvolvimento da primeira etapa: a construção de uma plataforma aérea inicial (PAI).

A construção da (PAI) seria capaz de ceder experiência na construção de veículos aéreos, além de ambientação aos conhecimentos que a envolvem, fazendo com que os próximos passos acontecessem com maior precisão e fluidez, sem apresentar grandes problemas.

2.1. METODOLOGIA

Em primeira instância, a delimitação de um conjunto de informações de forma concisa e geral que consinta a concepção do projeto e fundamentação de seu desenvolvimento é essencial e imprescindível. Dessa forma, antes de todo o demais avanço na construção do protótipo, demanda-se uma revisão bibliográfica robusta e abrangente, sendo específica ao mesmo tempo, estando ligada desde a aerodinâmica a conceitos de automação e eletrônica.

Posteriormente, desenvolve-se uma abordagem metodológica, a partir da ideia de alguns autores (ROSKAM e RAYMER) e o aconselhamento que, num projeto aeronáutico, deve-se seguir um esboço lógico de modo a eliminar imprecisões, inconformidades e surpresas durante o seu desenvolvimento.

O primeiro passo é a análise dos Requisitos do projeto, que é a investigação de alguns aspectos que devam ser inerentes a sua construção, operação e funcionamento para que os objetivos iniciais sejam cumpridos. Dessa forma, requisita-se, nessa primeira etapa, grande estabilidade no voo, velocidades reduzidas, manobras fáceis e dóceis, baixíssimo custo de construção e semelhança com a segunda etapa (Plataforma Aérea Final) em termos de modelagem.

Após isso, chega-se ao Projeto Conceitual. Esta etapa inicia-se a partir da confirmação dos requisitos anteriores e segue-se com a comparação das diversas configurações e possibilidades de construção, atestando-se como ideal aquela capaz de atender aos requisitos, antes estabelecidos. Construções em isopor e depron são comumente utilizadas por aeromodelistas e, na perspectiva de desenvolver a PAI com baixíssimo custo, mostram-se os materiais ideais.

Na próxima etapa, o Projeto Preliminar, atesta-se algumas características da configuração selecionada na etapa pretérita: baixa densidade e peso relativo, que pode conferir instabilidade em caso de ocorrência de ventos fortes no momento do voo, ao mesmo tempo que facilita e aumenta o tempo de voo, já que exige menos do sistema motopropulsor. Fragilidade dos materiais e necessidade de utilização de formas de atenuar tal característica também se mostraram evidentes. Após a resolução dos inconvenientes atestados nessa etapa, define-se uma configuração final e inicia-se a construção do artefato.

Ensaio estáticos e dinâmicos são realizados e, em caso de inconformidade com os requisitos, volta-se a analisar o projeto conceitual, modificando-o e retomando as outras etapas, até que os requisitos sejam devidamente cumpridos.

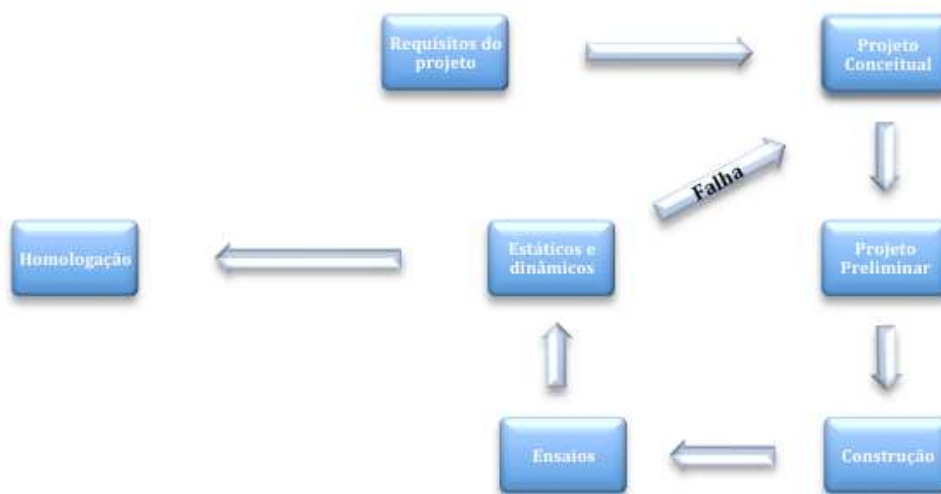


Fig. 01 – A metodologia do projeto

2.2. MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados estão em conformidade com toda a apresentação metodológica que se vem seguindo até aqui, desta forma pode-se listar:

1. (2) Placas de Isopor de 100mm
2. (5) Placas de Depron de 4mm
3. (1) Tubo de cola de isopor
4. (1) Rolo de fita adesiva
5. (1) Placa de E.V.A (material emborrachado)
6. (2) Lixas de 180 mm
7. (2) Lixas de 220 mm
8. (1) Arames de aço
9. (1) Suporte de madeira
10. (1) Caixa de papelão
11. (5) Servos-motores
12. (1) Transmissor de radio frequência
13. (1) Receptor de rádio frequência
14. (1) Electronic Speed Control (ESC)
15. (1) Bateria LipoLy de 1300mah 11,1V
16. (1) Motor 2213/20
17. (1) Hélice 8x4
18. (5) Horns de fixação

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É importante salientar logo ao início deste capítulo que os resultados obtidos até então se enquadram como parciais, encontrando-se ainda em fase de finalização da construção e início dos ensaios. Os resultados refletem processos de seleção minuciosos, analisados, refutados, por vezes modificados, almejando-se uma condição de operação, funcionamento e eficiência máxima.

Dispuseram-se, inicialmente, todas as formas de resolução e dimensionamento dos principais componente que integram um projeto desse caráter, a saber:

- a) **Componente concebido:**
 - I) Fuselagem
- b) **Componentes Aerodinâmicos:**
 - I) Perfil aerodinâmico
 - II) Asa
- c) **Componentes de desempenho:**
 - I) Motor
 - II) Hélice
 - III) Sistema eletrônico interno
- d) **Componentes de estabilidade:**
 - I) Ailerons
 - II) Estabilizador horizontal + profundor
 - III) Estabilizador vertical + leme
 - IV) Servo-motores, links e horns

3.1. DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

Definido o tipo de voo capaz de atender aos requisitos do projeto, dimensionam-se os componentes aerodinâmicos de acordo com as suas características. Num tipo de voo treinador, selecionado para atender as expectativas do mesmo, utilizam-se perfis do tipo plano convexo. Dentre eles, destaca-se o Clark-Y, por apresentar arrasto induzido razoável, contribuindo para a diminuição da velocidade do voo, e fornecer grande sustentação. O alongamento¹ contribui para a redução do arrasto induzido da estrutura. Neste caso, quanto maior o alongamento, maior a eficiência aerodinâmica da asa. No entanto, quanto maior o alongamento, maior o momento fletor da corda² da raiz na fuselagem, comprometendo a sua estrutura. Assim, um alongamento entre 5 e 7 e apresenta-se como ideal. A corda de raiz do perfil foi definida em 20cm.



Fig. 02 – Perfil Clark-Y

A asa é, indubitavelmente, o componente mais importante de um avião, portanto, todo o cuidado é necessário em seu dimensionamento e confecção. A envergadura é o comprimento total da

¹ Alongamento é a razão entre envergadura e corda média da asa

² É a linha que une as extremidades (bordos) do perfil

asa. Matematicamente é o produto do alongamento e a corda. Nesse caso, dimensionou-se a envergadura em 120cm. A asa terá forma trapezoidal, favorecendo a eficiência aerodinâmica e estabilidade, diminuindo os turbilhões em sua extremidade exposta. Escolheu-se a fixação de uma asa média, ou seja, no meio da fuselagem. Isso também confere estabilidade e redução do arrasto induzido à plataforma. Apresentam-se, porém, possibilidades de comprometimento estrutural na fuselagem e na asa, principalmente pela utilização de um material relativamente pouco resistente a forças defletoras, que foram resolvidos com a utilização de varetas de fibra de vidro, colocadas entre a asa e fuselagem, adjudicando flexibilidade ao sistema e maior resistência mecânica.

De uma forma geral, o dimensionamento de aeromodelos segue as seguintes “leis” de proporção:

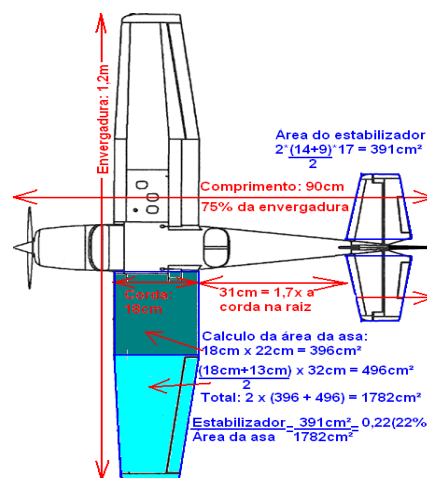


Fig. 03 – Proporções de construção de um aeromodelo (adaptada de E-VOO)

O sistema motopropulsor está intrinsecamente ligado ao desempenho do aeromodelo, já que é o responsável por atribuir a força necessária para que o artefato abandone o solo e mantenha o voo eficiente. Para o seu correto dimensionamento é necessária a estimativa da massa do aeromodelo, incluindo o próprio sistema motopropulsor e todos os objetos embarcados. Num modelo treinador, o empuxo gerado deve ser, no mínimo, 10% menor que a sua massa.

Estimando-se 450 – 500g calcula-se, para um modelo treinador, um motor de aproximadamente 90-100 Watts de potencia, gerando um empuxo mínimo de 490g. Além disso, há uma relação de voltagem/RPM denominada kv e um padrão utilizado para modelos treinadores que geralmente varia de 700 a 1200kv. Nesse caso, especifica-se um motor de aproximadamente 100W e 1000kv. Assim, um motor brushless Turnigy 2213/20 1050kv apresentou-se como ideal. A partir da seleção do motor e de algumas características do mesmo, dimensiona-se o sistema eletrônico e a hélice. No caso do motor 2213, recomendam-se as seguintes hélices com as respectivas especificações:

Tabela 1 – Hélices/performance:

Voltagem	Corrente	Hélice	Empuxo
11,1V	8,6A	8X4	538g
11,1V	13,7A	9X5	810g
11,1V	16,7A	10X6	650g

Optando por uma hélice de $8X4^3$, obtém-se empuxo suficiente para manter o modelo em voo, além do menor consumo do motor dentre as possibilidades, concitando em maior tempo de voo da PAI, com potência de 95,46W, valor ideal.

O sistema elétrico consiste na ligação da bateria, do ESC⁴, do receptor e dos servos-motores. A bateria recomendada para o motor escolhido deve possuir três células de 3,7 volts cada, resultado em 11,1 volts, e carga de 1100 a 2200 mAh (miliampere hora). O ESC deve ser dimensionado de forma que suporte a corrente de pico do motor. No caso deste projeto, um ESC para 25A (Amperes) serviria perfeitamente. O receptor possui frequência de 2,4 Ghz e seis canais⁵, condizentes com a frequência e número de canais do transmissor disponível.

Os estabilizadores compõem a chamada cauda de um avião e são responsáveis, como sugere o nome, por o estabilizarem nos sentidos vertical e horizontal. O aileron, o leme e o profundor são os elementos móveis apropriados para movimentarem o avião em voo. O aileron é responsável pelo rolamento do modelo ao longo do próprio eixo, o leme é responsável pelos movimentos de sentido no voo (para esquerda ou para direita) e o profundor é responsável pelo movimento de subida e descida. Nesse caso, algumas fórmulas são utilizadas para o dimensionamento dessas estruturas:

Adotando-se a corda (C) como medida de referência e sabendo-se que os valores podem variar um pouco tem-se:

- A. Envergadura do estabilizador horizontal (incluso profundor): 2 a $2,5C - 50\text{cm}$
- B. Corda do estabilizador horizontal (incluso profundor): $2/3$ a $3/4$ de $C - 13\text{ cm}$
- C. Altura do estabilizador vertical (incluso leme): $1C - 20\text{ cm}$
- D. Corda do Leme (incluso leme): $3/4$ a $1C - 20\text{ cm}$
- E. Leme de direção (móvel): $1/2 C - 10\text{ cm}$
- F. Profundor: $1/3$ da corda do estabilizador horizontal - $4,3\text{cm}$
- G. Aileron corda: $1/3$ de $C - 6,5\text{ cm}$
- H. Aileron comprimento: $2C - 40\text{ cm}$

Tendo dimensionado todas as estruturas inicia-se a construção da PAI.

3.2. RESULTADOS PARCIAIS



Fig. 04 – Aprendendo a controlar um aeromodelo



Fig. 05 – Pré-montagem da PAI

³ As hélices são descritas por diâmetro X passo em polegadas. Passo é a distância percorrida, teoricamente, por um modelo durante uma volta da hélice.

⁴ Electronic Speed Control – Responsável por regular a tensão no motor e, conseqüentemente, a sua rotação e a velocidade do modelo.

⁵ Cada canal do receptor é destinado a uma ação do aeromodelo. Movimentação de ailerons, controle de velocidade do motor, movimentação do profundor e etc.



Fig. 06 – Montagem dos estabilizadores

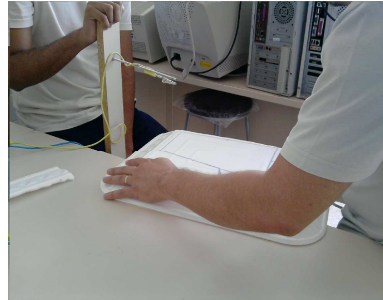


Fig. 07 – Construção dos estabilizadores



Fig. 08 – Obtida fuselagem 90 cm a partir do Isopor 100mm: Lixando

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista que os objetivos iniciais para construção da PAI consistiam na obtenção de conhecimentos teórico e prático, incluindo técnicas de construção e conceitos de aerodinâmica, voo e controle de aeromodelos, pode-se concluir que estes foram atingidos, tendo como resultado a construção de um veículo aéreo de baixíssimo custo, bem dimensionado, e com potencial para implementações e utilização como forma de aprendizado e inserção no ramo aeronáutico.

O desenvolvimento deste trabalho condicionou a evolução e introdução à segunda etapa do projeto: A construção da Plataforma Aérea Final, visto que todos os conceitos obtidos, técnicas de construção e conhecimentos serão aplicados, de forma ainda mais minuciosa, cuidadosa e eficiente no processo de sua construção. Algumas informações preliminares já foram obtidas: materiais que serão utilizados e algumas técnicas de construção, metodologia aplicada no seu desenvolvimento, ferramentas que serão empregadas, entre outros. O dimensionamento de seus componentes, por serem, com efeito, semelhantes aos dispostos neste trabalho, também será facilitado.

Espera-se o sucesso em testes e ensaios realizados futuramente e a utilização destes resultados como forma sistemática de correção e melhoramento conjuntos ao desenvolvimento das próximas etapas.



AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia e ao CNPQ, por nos proporcionar condições para o desenvolvimento do nosso projeto.

Às nossas famílias, por estar nos motivando e aturando os nossos momentos de mal humor.

Ao professor e orientador Jancarlos Lapa, por estar sempre presente, conduzindo-nos nos caminhos corretos para pesquisa e ascensão científica e tecnológica

Ao orientador Dielson Hohenfeld por estar sempre a postos e comprometendo-se para o bom andamento do projeto.

Ao meu tio Gildenilson Reis por mostrar-se interessado pela produção científica e tecnológica e por me motivar sempre que preciso.

Aos meus amigos Jancarlos Lapa, Gabriel Barbosa, Jônatas Reis, Johnatan Santiago e Felipe Pereira por estarem presentes nos meus momentos mais difíceis e também nos mais felizes.

REFERÊNCIAS

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão.**

Disponível em: <w3.ufsm.br/ppgea/.../0905081142_Fabricio_Ardais_Medeiros.pdf> Acesso em: 08 jul. 2012.

RODRIGUES, J. C. COLAREJO, J.M.P **Aeromodelismo - Teórico e Prático.** Clube de Aeromodelismo de Lisboa, 2004. Disponível em: <www.e-voo.com/downloads/> Acesso em: 20 mai. 2012.

ROSKAM, Jan. **Airplane aerodynamics and performance.** University of Kansas, Lawrence, Kansas, 1997

RAYMER. Daniel. P. **Aircraft design: a conceptual approach.** American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. Washington, D. C. 1992