

AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA COM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA AUMENTO NA AUTONOMIA

Gabriel Batista de Lima Ferenczi

Tecnólogo em Automação Industrial. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). Cubatão, São Paulo, Brasil.

Júlio Cezar Feitosa e Silva

Tecnólogo em Automação Industrial. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). Cubatão, São Paulo, Brasil.

Matheus Mariano Horacio Rodrigues

Tecnólogo em Automação Industrial. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). Cubatão, São Paulo, Brasil.

Lucio Vitório Cardoso.

Tecnólogo em Automação Industrial. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). Cubatão, São Paulo, Brasil.

Resumo: O aumento da procura por soluções acessíveis nas áreas de monitoramento e mapeamento de grandes extensões territoriais tem motivado a pesquisa e o desenvolvimento de projetos que combinem baixo custo com alta autonomia. O projeto propõe, sendo uma das soluções possíveis, a utilização de energia renovável, mais especificamente a energia solar, para complementar e diminuir o consumo elétrico da aeronave. Dentre diversos modelos de aeronaves já desenvolvidas, após pesquisas, concluiu-se que a configuração de asa Zagi (em “V”) se mostrou sendo a adequada, uma vez que, devido sua grande envergadura, a distribuição de placas solares ligadas em série/paralelo, se mostra mais eficiente na geração de tensão e corrente suficiente para suprir as necessidades energéticas de todos os componentes na estrutura do projeto. Para acompanhar, controlar e monitorar toda as etapas do voo, uma câmera digital foi conectada a um módulo de transmissão - situado na aeronave - que se comunica com o módulo de recepção de vídeo em solo, possibilitando todo o controle da aeronave.

Palavras-chave: Asa Zagi. Energia Solar. Autonomia de Aeroplanos.

Abstract: The increase in the demand for accessible solutions in the areas of monitoring and mapping of large territorial extensions has motivated the research and development of projects that combine low cost with high autonomy. The project proposes, as one of the possible solutions, the use of renewable energy, more specifically solar energy, to complement and reduce the electric consumption of the aircraft. Among the aircraft models already developed, after research, it was concluded that the configuration of Zagi wing (in “V”) proved to be adequate, since, due to its large wingspan, the distribution of solar panels connected in series / parallel, is more efficient in the generation of voltage and current sufficient to supply the energy needs of all the components in the design structure. To, control and monitor all stages of the flight, a digital camera was connected to a transmission module - located on the aircraft - that communicates with the ground video receiving module, allowing all control of the aircraft.

Keywords: Zagi Wing. Solar Energy. Airplane Autonomy.

INTRODUÇÃO

A utilização de um sistema de aeronave remotamente pilotada (RPAS) vem crescendo cada vez mais em diversas áreas, porém, na grande maioria dos casos, a autonomia de voo é muito baixa, tornando sua utilização de maior custo e de baixo rendimento. A utilização de fontes renováveis acopladas a aeronave pode ser uma das possíveis soluções para este problema.

Existem hoje no mercado algumas configurações diferentes de aeromodelos, devido às suas diferentes aplicações. O aeromodelo treinador é o mais comum e utilizado por hobbystas, mas não é de grande utilidade no monitoramento e mapeamento de zonas e condomínios industriais, porque, na sua grande maioria, tem uma estrutura frágil e menos robusta por se tratar de um modelo para treinamento, além do que, geralmente utiliza uma tecnologia mais simples, sendo assim, menos preciso. Assim sendo, foram pesquisados outros tipos comumente usados por aeromodelistas e constatado que o modelo de asa Zagi é a melhor escolha para a solução da problemática com a utilização de placas solares distribuídas pela área de asa disponível, por conta de sua configuração que possibilita maior velocidade e maior estabilidade no voo.

Outro tipo de RPAS, como um quadricóptero, por exemplo, teria maior dificuldade em receber estas placas, por não ter uma ampla superfície estrutural, ou seja, por ele ser menor, receberia uma quantidade menor de placas solares e não seria capaz de tal otimização. Portanto, o presente projeto tem como principal objetivo a otimização do tempo de voo, para tanto torna-se necessário fornecer uma maior autonomia de bateria durante os testes práticos, por conta da carga gerada através das placas solares.

DESENVOLVIMENTO

Dada as proporções desse projeto, seu desenvolvimento e elaboração foram divididos em cinco etapas, sendo a primeira denominada fundamentação e legislação, a qual introduz conceitos básicos sobre aerodinâmica e legislação de RPAS no Brasil. A próxima etapa, materiais, faz a descrição e planejamento dos

componentes eletrônicos utilizados nos subsistemas da aeronave. A terceira parte é a de construção do protótipo, na qual estão descritos de forma sucinta os procedimentos de construção da aeronave e de conexão do sistema eletrônico de comando e seus subsistemas. A configuração do *software* utilizado é descrita na quarta etapa e, por fim, a integração do sistema de captação de energia solar à aeronave.

FUNDAMENTAÇÃO E LEGISLAÇÃO

Segundo Rodrigues (1964, p. 1): “para se conseguir que uma aeronave execute um voo harmonioso e equilibrado [...]. Torna-se absolutamente necessário conhecer, pelo menos, os rudimentos das leis fundamentais do voo [...]”. Deste modo, simplificada, o autor indaga que é necessário saber o comportamento do perfil e do alongamento da asa de uma aeronave em meio ao ar, para a sua adequada construção e montagem.

Todo corpo que seja mais leve que o ar pode ser considerado como aeróstato, como balões e dirigíveis, enquanto um mais pesado pode ser considerado como aerodino, como aviões e helicópteros (HOMA, 2014). Por se tratar de uma aeronave que tem sua sustentação baseada na diferença de pressão entre duas superfícies, sendo uma curvada, nosso aeromodelo se encaixa na categoria de aerodino. Sendo assim, sua sustentação depende da velocidade com que ele se desloca para frente, cortando o ar e criando essas diferenças de pressão entre a parte de baixo (intradorso) e de cima (extradorso) das asas (TRITTON, 1977). O perfil assimétrico de asa (onde o intradorso e o extradorso são diferentes) foi o escolhido para facilitar e aumentar a taxa de sustentação das asas, diminuindo a quantidade de energia necessária para manter a aeronave voando utilizando apenas o motor como fonte primária de velocidade.

Para manter todo o trabalho legalizado, foi necessário um registro da aeronave na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), e com a descrição de suas dimensões e peso, podemos verificar que haviam limitações ao voo, como altitude máxima permitida (400 pés) e algumas outras normas, como não voar em localidades urbanas e/ou muito povoadas, próximos a rede elétrica e prédios, e

sendo o voo permitido apenas em campos abertos e de fácil visualização da aeronave.

CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO E CONEXÃO DOS SISTEMAS ELETRÔNICOS

Os procedimentos de construção da asa Zagi foram minuciosamente calculados para a obtenção de uma aeronave que funcione em conformidade com as leis e princípios básicos da aerodinâmica.

Para a construção do protótipo de aeronave, foram utilizadas placas de Poliestireno Expandido (EPS) de alta densidade, comumente chamado de isopor. As quais foram cortadas no formato de asas (duas metades de um “V”), mantendo um ângulo de enflechamento de aproximadamente 30° para cada uma das asas, deste modo obtendo-se uma envergadura total de 2 metros. No próximo passo foi necessária a utilização de um arame de aço e uma fonte de bancada para recortar o perfil aerodinâmico em cada asa, assim utilizando duas guias metálicas com o formato do perfil ZAGI12, uma da raiz e a outra da ponta da asa. Desse modo se fez o recorte em cada asa de EPS desde o bordo de ataque até o bordo de fuga da aeronave. Utilizando-se da técnica de entelagem, toda área alar do aeromodelo foi coberta com fita de empacotamento, tipicamente utilizada para fechar caixas de papelão. Essa cobertura com fita deu às asas uma resistência mecânica excelente, assim como diminuiu o arrasto aerodinâmico, ao deixar as superfícies lisas e livres das imperfeições do isopor.

O próximo passo foi a construção dos estabilizadores verticais, os quais foram feitos em cartolina reforçada em poliuretano, e dos elevons que foram construídos em Policloreto de Vinil (PVC). O compartimento de eletrônicos (fuselagem) foi feito com um tubo de PVC cortado no sentido horizontal e seguindo por todo o comprimento da raiz das asas, mantendo a forma do perfil aerodinâmico do intradorso. Na fuselagem, também está incluído a nacele do motor (suporte), localizada na parte traseira da aeronave, dando a ele a função de motor propulsor.

Com as estruturas das asas formadas, o próximo passo foi balancear as duas asas para que o centro de gravidade permanecesse no centro da aeronave, facilitando seu controle e estabilidade em voo.

A aeronave construída e com os sistemas embarcados (RPA) é apresentada na figura 1.

Figura 1 – RPA



Fonte: Ferenczi, Silva, Cardoso e Rodrigues (2017)

Os subsistemas que compõem todo o sistema de controle da aeronave se diferenciam pela sua função. Deste modo temos cinco subsistemas que trabalham em conjunto para a composição do protótipo de RPAS.

O subsistema de controle é composto pela placa controladora APM 2.6 do fabricante Ardupilot®, a qual é o dispositivo central que gerencia todos os periféricos de controle e monitoramento do aeroplano e de um Sistema Global de Posicionamento (GPS).

A APM 2.6 é um dispositivo que utiliza um software de parametrização dos componentes utilizados na aeronave. Através desse programa é possível fazer a calibração do rádio controle, dos níveis de corrente e tensão, entre outros parâmetros essenciais para outros tipos de voo.

O aeromodelo tem como componentes primários, o motor e a hélice, o *Eletronic Speed Control* (ESC) e os servomotores, que são responsáveis pela geração dos movimentos do aeroplano. Movimentos que são efetuados pelo operador através de um controle remoto e transmitidos até a aeronave, assim compondo o sistema de rádio controle. Para o monitoramento, a aeronave possui o sistema *First Person View* (FPV), que através de uma câmera instalada em sua extremidade frontal, permite captar imagem em tempo real e transmiti-la ao operador. E por fim, o sistema de alimentação, que é onde se encontram as células fotovoltaicas, as quais foram determinantes para a melhora nos testes de autonomia de tempo de voo da aeronave.

A figura 2 apresenta os integrantes do grupo e motivadores do trabalho, e fornece uma ideia das dimensões do protótipo desenvolvido.

Figura 2 – Integrantes da esquerda para a direita: Lucio, Gabriel, Júlio, Cleber, Bruno, Matheus.



Fonte: Ferenczi, Silva, Cardoso e Rodrigues (2017)

MATERIAIS UTILIZADOS

Para que o protótipo RPA Zagi seja completamente funcional, isto é, voe em conformidade com a aerodinâmica e principalmente apresente a característica de estabilidade, é necessário conhecer os materiais aplicados a ele. Na tabela 1 os dispositivos estão descritos conforme o sistema da aeronave em que estão contidos.

Tabela 1 - Componentes do RPA

Sistema de Controle	
APM 2.6 ArdupilotMega 2.6	GPS NEO-7M, U-Blox®
Sistema Eletrônico	
Motor Sunnysky X2820 multirotor	Hélice
Servomotores MG90s do fabricante Tower Pro®	ESC Skywalker 50A
Sistema de Rádio Controle	
Controle Remoto (Tx) FS-i6X do fabricante FlySky®	Receptor (Rx) FS-i6X do fabricante FlySky®
Sistema FPV	
Camera 700 tvl da Sony	MinimOSD F03018
Txboscam® TS 832 e eRxRC832	Tela MonitoraTFT LCD com resolução de 800x480
Sistema de Alimentação	
Placas Fotovoltaicas Maxeon C	BateriaLiPo 4S

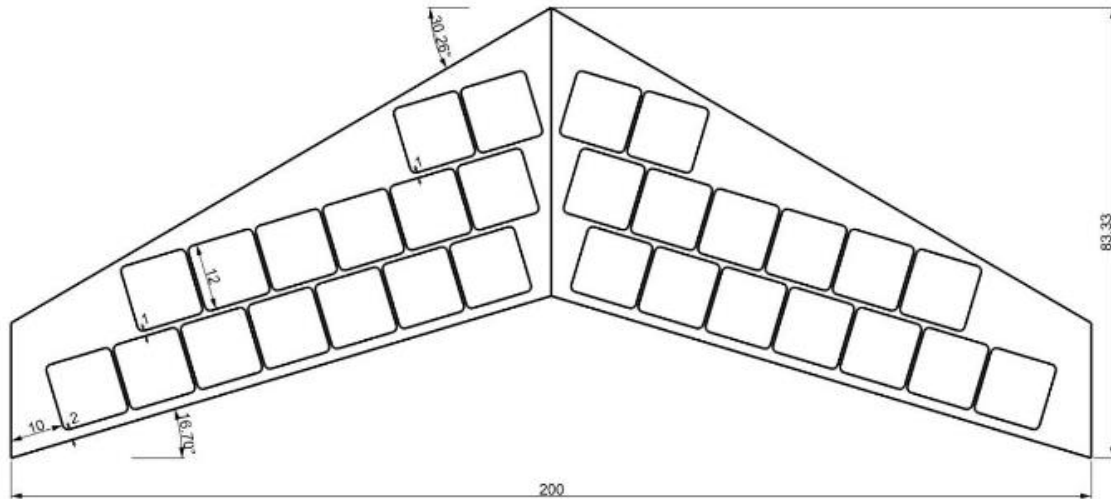
Fonte: Ferenczi, Silva, Cardoso e Rodrigues (2018)

ASSOCIAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

Utilizou-se 30 placas solares, sendo todas elas ligadas em série. Com isso tem-se um valor teórico de tensão de 15V e corrente teórica de 6,68A. A distribuição dos

painéis solares sobre a asa está representada na figura 3, a qual foi feita com a utilização do software de modelagem AutoCAD, Autodesk®.

Figura 3 - Distribuição das placas solares sobre a asa



Fonte: Ferenczi, Silva, Cardoso e Rodrigues (2017)

RESULTADOS

A tensão obtida nas 30 placas foi de 17,71V, totalizando 0,59V por placa. A potência nominal de cada placa foi de 3,34W, sendo a potência total da associação das placas de 100,2W.

TESTE DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

A partir de testes de consumo do RPA feitos em solo, e com o motor funcionando em potência máxima, o consumo de corrente foi de 10,75 A. Fez-se o uso de um cálculo simples para verificação da autonomia, conforme cálculo (1) a seguir:

$$\frac{5,2 \text{ A/h}}{10,75 \text{ A}} = 0,48 \text{ h} \quad (1)$$

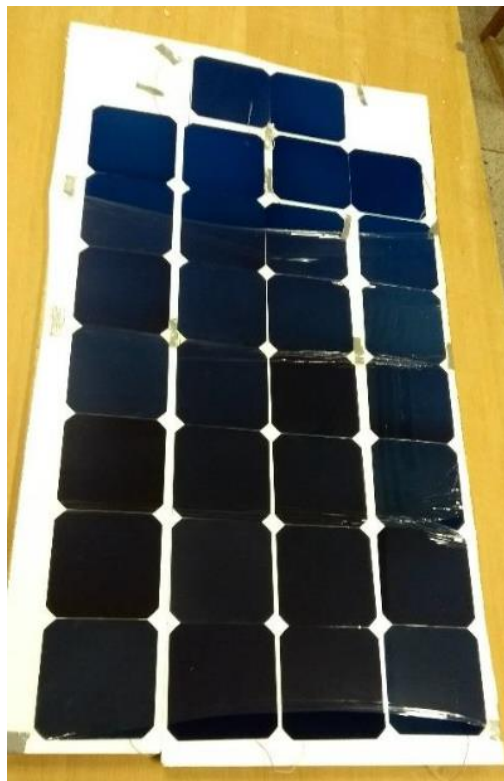
Onde, 5,2 é a corrente da bateria em A/h e 10,75 é a corrente consumida pelo motor com 100% de potência, obtendo 0,48 horas de autonomia, ou seja, aproximadamente 29 minutos de autonomia de voo.

Em teste feito com as placas fotovoltaicas (figura 4) foi verificado com o uso de um multímetro a tensão de 17,71 V gerada pelas placas.

Com o conhecimento da corrente teórica da associação das placas solares subtraída ao consumo de corrente com o motor em 100% ($10,75 - 5,65 = 5,1$), obtém-se o valor de 4,35A, o qual passa a ser o valor de consumo que a bateria 4S (4S é um modelo de bateria de polímero de lítio, com 4 células de bateria de alta taxa de descarga e 14,8V de tensão total) tem que suprir. Desse modo, conforme o cálculo em (2), a autonomia de voo é de aproximadamente 1 hora e 6 minutos, mais do que o dobro comparado somente a bateria.

$$\frac{5,2 A/h}{5,1 A} = 1,01 h \quad (2)$$

Figura 4 - Associação em série das placas fotovoltaicas



Fonte: Ferenczi, Silva, Cardoso e Rodrigues (2017)

PRIMEIRO VOO

O voo do protótipo foi realizado no campo de futebol do IFSP – Campus Cubatão. Por meio desse voo foi possível comprovar a efetividade dos comandos de controle dos movimentos do RPA. A figura 5 apresenta a aeronave em pleno voo. O lançamento foi feito manualmente em cima da guarita de entrada do campus, com o motor desligado. A aeronave foi lançada e o motor ligado em seguida, após percorrer uma distância segura do lançador. Com o motor em potência máxima, a aeronave começou a ganhar velocidade e apontar para cima com tendência de subida. Para evitar danos à sociedade e aos espectadores presentes, o motor foi cortado e a aeronave foi aterrissada no gramado do campo. Uma rede foi disposta de forma a servir como amortecimento para a queda durante o pouso.

A aeronave não sofreu nenhum dano estrutural permanente que compromettesse sua estrutura e a impedisse de realizar outros voos, porém por questões de segurança, a preferência foi de não realizar outro voo.

Figura 5 - RPA em voo



Fonte: Ferenczi, Silva, Cardoso e Rodrigues (2017)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo de aeroplano asa Zagi foi totalmente construído e com os componentes eletrônicos instalados, a aeronave se tornou efetivamente um RPAS. Assim, resultou em um voo pelo campus do IFSP – Campus Cubatão, efetivando o primeiro objetivo deste projeto. As placas solares supriram as necessidades do projeto com o teste realizado em solo, e satisfizeram o segundo objetivo, o qual seria comprovar a efetividade das placas quando expostas à iluminação solar.

Como proposição futura para o projeto, a realização de um voo do RPA com as placas solares embarcadas traria uma coleta maior de dados para melhor análise do aumento de autonomia. Tal teste não pode ser realizado devido ao prazo para entrega do projeto. Desse modo, o teste de eficiência das placas solares foi suficiente para comprovar a melhoria da autonomia de voo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores Dr. Carlos Henriques Barroqueiro, Dr. Charles Artur Santos de Oliveira e Dr. Mauro Sérgio Braga pelas orientações para a elaboração deste projeto, aos técnicos de laboratório Cleber Pinheiro da Costa Neto e Bruno de Souza Nascimento pelo apoio e ao Prof. Me. Arnaldo de Carvalho Junior pelo incentivo e revisão deste artigo.

REFERÊNCIAS

FERENCZI, G. B.; SILVA, J. C. F.; CARDOSO, L. V.; RODRIGUES, M. M. H. ***Aeronave Remotamente Pilotada com Sistema de Captação de Energia Solar Para Aumento na Autonomia***. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Cubatão, 2017.

HOMA, J. M. ***Aeronaves e Motores***. São Paulo: Asa, 2014.

RODRIGUES, J. C. ***Aeromodelismo: Teórico e Prático***. Lisboa: [s.n.], 1964. (versão digital). Disponível em: < www.clubeaerolisboa.pt/livro.htm.> Acesso em: ago. 2018.

TRITTON, D.J. ***Physical Fluid Dynamics***. London: Van Nostrand Reinhold, 1977.