

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE CONTROLE DE ROTA DE UM MINI DIRIGÍVEL – FASE II

Vitor Alexandre da Silva (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Wagner André dos Santos
Conceição (Orientador). E-mail: wasconceicao@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Engenharia Mecânica, Fenômenos de Transporte.

Palavras-chave: Arduino; Bluetooth; Estrutura.

RESUMO

O objetivo principal desse trabalho de iniciação científica era o aprimoramento da força dos motores e a manobrabilidade em relação ao conjunto da fase anterior (fase I). Desse modo, foi necessário a escolha de outros modelos de motores e dimensionamento de uma nova estrutura. Para isso, teste foram realizados para averiguar a capacidade dos novos motores, utilizando a bancada de testes do modelo anterior e um sistema de pêndulo. Por fim, o objetivo principal foi alcançado com êxito, visto que houve uma melhora significativa na agilidade do mini dirigível.

INTRODUÇÃO

Os dirigíveis foram criados no século XIX e tiveram seu auge no século XX. Seu princípio de funcionamento se dá por sustentação aerostática, em que é utilizado um gás menos denso do que o ar para flutuação e a propulsão é feita por motores com hélices (Built In, 2024). Com o desenvolvimento dos motores elétricos mais eficientes, os dirigíveis veem ganhando força por se mostrar uma alternativa de transporte sem emissão de carbono e altamente eficiente (BBC NEWS, 2024). Outro aspecto importante também é a criação do conceito “*Open Source*”, que são projetos que “qualquer um pode ver, usar, modificar e distribuir o projeto por qualquer motivo”, ajudando assim na difusão do conhecimento e desenvolvimento de projetos (Open Source Guides, 2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

Após a conclusão de que os motores deveriam ser mais potentes e a estrutura mais leve, observados no projeto anterior “Desenvolvimento de sistema de controle de rota de um mini dirigível – Fase I”, foi necessário a escolha de novos componentes. O primeiro componente modificado foi o motor, em que foi selecionado um motor brushless de 2750KV (rpm por volts) originalmente utilizado em drones e que trabalha em uma tensão entre 7,65 V e 8,15 V. Como esse motor utiliza um modelo diferente de funcionamento (brushless) foi necessário a troca do sistema de controle

de velocidade e sentido dos motores, que antes era realizada com uma ponte H, do modelo L9110S, para o componente ESC (Controlador Eletrônico de Velocidade) que controla a rotação do motor. Assim, para a verificação da efetividade da força do motor, foi utilizado um sistema de pêndulo, em que, na base do pêndulo, o motor foi preso. Foi utilizado também, a placa controladora Arduino Nano, ao invés da Arduino Uno, por causa da redução de peso. O Arduino Uno pesa 26,67g e o Arduino Nano pesa 6,05g. O peso do sistema foi medido e é de 247,24g.

Força do motor

A fim de estimar a força do motor, foi utilizada a Eq.(1), onde “m” é a massa do sistema, “g”, a aceleração da gravidade e, o ângulo entre a “ θ ” posição de referência vertical do pêndulo e o ângulo em que o pêndulo se encontra em determinada força.

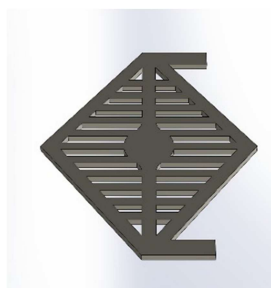
$$F = m \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad (1)$$

Estrutura do dirigível

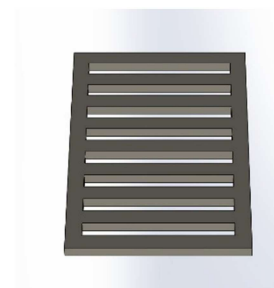
A estrutura do dirigível foi dividida em três: suporte dos motores, estrutura superior e estrutura inferior. Essas estruturas foram desenvolvidas no software SolidWorks e impressas na impressora 3D Criality Ender 3. Na Figura (1a), (1b) e (1c) são mostradas essas estruturas respectivamente.



(a)



(b)



(c)

Figuras 1 - Partes da estrutura do dirigível

Assim como na fase anterior, foi utilizada uma plataforma de testes que avalia a manobrabilidade do conjunto ao realizar curvas. A estrutura do dirigível é presa por fios de nylon na plataforma constituída de canos PVC e junções impressas em filamento de plástico.

Cálculo do Diâmetro do balão esférico

Para determinar o diâmetro do balão de gás hélio necessário para flutuar a estrutura, foi realizado um somatório de forças Eq.(2) no eixo y, considerando a força de empuxo (F_e) e a força peso (F_p), que estão em equilíbrio.

$$\Sigma F = F_e - F_p \quad (2)$$

Pode-se expandir os termos da força de empuxo e força peso como apresentado na Eq.(3), onde as forças foram igualadas a zero, pois estão em equilíbrio.

$$0 = \rho * g * v_b - m * g \quad (3)$$

A partir da equação do empuxo e peso, isolou-se o volume do balão, obtendo-se aproximadamente 208L. Com isso, e assumindo um balão esférico, calculou-se um diâmetro de cerca de 0,76m.

Controle Bluetooth

O controle Bluetooth é constituído de três parte, o módulo receptor, o software do smartphone e a código para o Arduino Nano. O módulo receptor foi o mesmo da fase anterior: HC-05. O software utilizado foi o aplicativo "*Arduino Bluetooth Control*". Na interface de controle, foi selecionado o tipo de controle "Car Controller" utilizando exclusivamente os comandos direcionais "frente", "esquerda", "direita" e a barra de velocidade. Não foi possível utilizar o comando "trás", pois o ESC utilizado não possuía a capacidade de inversão de polaridade. Por fim, o código definiu a integração entre as duas outras partes do controle e definiu também as velocidades para a barra de velocidade do código, sendo subdivididas em dez partes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a Eq.(1), foi possível testar a potência do motor e seu respectivo ângulo e força, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1: Valores retirados do teste do pêndulo

Potência do motor (%)	Ângulo do pêndulo (°)	Tensão (V)	Força (N)
0,00	8,90	8,15	0,037
12,50	35,40	8,11	0,139
25	83,20	8,03	0,238
25,88	90,00	8,00	0,239
50,00	90,00 +	7,65	-

Desse modo, com esses dados, foi possível comparar a efetividade do novo motor em relação ao antigo. O motor antigo, em sua potência máxima, é capaz de atingir 31,85° com uma força de 0,044 N. O controle Bluetooth funcionou de maneira satisfatória, assim como na fase anterior, mesmo com mudanças de código,

aplicativo e motor. Por fim, foi preciso a utilização de duas baterias com maior capacidade, onde cada bateria possui 3,7V e 400mAh, que foram ligadas em série para a alimentação de cada conjunto motor e ESC. De mesmo modo, para os comandos “esquerda” e “direita” também foram feitos testes, onde foi avaliado quantos graus a estrutura pode girar em torno de seu próprio eixo. Assim, para o teste referente ao comando “esquerda” o ângulo de giro foi de X° , enquanto o teste do comando “direita” resultou em X° de ângulo de rotação. O conjunto de bancada de testes e estrutura do dirigível é apresentado na Figura 2.

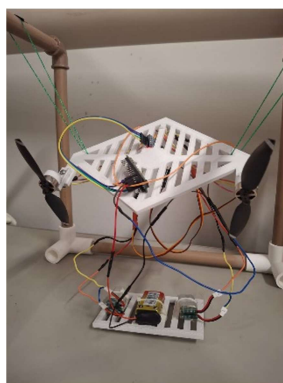


Figura 2 - Sistema montado

CONCLUSÕES

Conclui-se que o protótipo evoluiu quanto ao projeto anterior, com melhor manobrabilidade, maior agilidade, maior potência e com tamanho reduzido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, à Universidade Estadual de Maringá, ao Governo do Paraná, pela oportunidade e pelo financiamento do projeto e aos meus orientadores pelo suporte e dedicação durante a minha pesquisa.

REFERÊNCIAS

BBC NEWS. **A nova geração de dirigíveis que promete transformar as viagens aéreas**, 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cy0nj15y44jo>. Acesso em: 22 de ago. de 2025.

BUILT IN. **Airships: What They Are, How They Work**, 2024. Disponível em: <https://builtin.com/articles/airships>. Acesso em: 22 de ago. de 2025.

OPEN SOURCE GUIDES. **Iniciando um Projeto Open Source**, 2024. Disponível em: < <https://opensource.guide/pt/starting-a-project/> >. Acesso em: 04 de dez. de 2024.