Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

Ensaios de sustentação e arrasto em aeromodelos submetidos a vento controlado: análise da redução de consumo de combustível e a aerodinâmica de aeronaves

Lift and drag tests on model aircraft subjected to controlled wind: analysis of fuel consumption reduction and aircraft aerodynamics

Gabriela Biazotto Netto[1], Miguel Rodrigues Brito Maia[1], Miguel Volino[1], Fátima Fernandes Della Rocca[1] , Carlos Alberto Amaral Moino[2]

[1]Colégio Jean Piaget, Santos, SP
miguelvolino01@gmail.com
[2]Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica
E-mail para contato: moino@unisanta.br

RESUMO – O projeto consiste na realização de múltiplos testes em diferentes modelos de asa para descobrir aquele que se destaca em relação a aerodinâmica e com o menor coeficiente de arrasto para o tipo de avião escolhido, assim minimizando o consumo de combustíveis. Para realização da pesquisa foi criado um aeromodelo capaz de alterar suas asas para testes em ambientes controlados. A partir dos testes realizados pode-se notar a diferença na intensidade das forças presentes no eixo horizontal e vertical de acordo com o molde de asa utilizado para a construção. Não significando superioridade aos outros modelos usados, mas sim um teste favorável para sua forma. As asas que apresentaram menor força de arrasto e maior sustentação durante o voo apresentariam menor gasto de combustível para a decolagem e para percorrer distâncias em voo, o que resulta em um gasto energético minimizado.

Palavras-chave: Aerodinâmica; Aeromodelo; Força de Sustentação; Força de arrasto; Túnel de Vento.

ABSTRACT – The project involves conducting multiple tests on different wing designs to identify the one that excels in aerodynamic performance, specifically, the one with the lowest drag coefficient for the chosen aircraft type thereby minimizing fuel consumption. To conduct this research, a scale model aircraft capable of swapping wing configurations was built for testing in controlled environments. The tests revealed differences in the magnitude of forces acting along the horizontal and vertical axes depending on the wing design used. These results do not necessarily imply superiority over the other models tested but rather indicate that the specific shape performed favorably. Wings exhibiting lower drag and higher lift during flight would require less fuel for takeoff and cruising, resulting in minimized energy consumption.
Keywords: Aerodynamics; Model aircraft; Lift force; Drag force; Wind tunnel.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda pelo transporte aéreo nos últimos anos tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes no setor aeronáutico. Nesse contexto, reduzir o gasto energético, que é a energia necessária para realizar movimento, em aeronaves torna-se um desafio central, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental (ZÁRRAGA-RODRÍGUEZ et al., 2025). Além disso, essa questão está diretamente relacionada à necessidade de reduzir o consumo de combustível e também as emissões de poluentes, o que tem incentivado diversas pesquisas voltadas à melhoria do desempenho das aeronaves (MAGRINI et al., 2023).

Na indústria aeronáutica, a redução do uso de combustíveis vem segundo objetivos como, melhoria na sustentabilidade e redução da emissão de gases poluentes (DZIWULSKI, 2025). Com a redução da força de arrasto em uma aeronave, o consumo de combustível tende a reduzir, por conta da redução da força frontal contra o movimento do avião.

Entre as diferentes formas de abordar esse problema, a aerodinâmica se destaca, já que influencia diretamente a forma como o ar interage com a aeronave durante o voo. Nesse sentido, a redução do arrasto é um fator essencial, pois está ligada ao consumo de combustível e, consequentemente, à eficiência energética (JAHANMIRI, 2013).

Neste contexto, o presente trabalho se propõe a construir um aeromodelo e ensaiar em condição de vento, analisando o comportamento da força de sustentação e do arrasto, e a testar diferentes perfis de asas a fim de avaliar de forma comparativa o desempenho aerodinâmico. Além disso, se propõe a analisar a associação entre a eficiência aerodinâmica e o potencial de redução de consumo de combustível por aeronaves. Com base nisso, foram confeccionados três modelos de perfis de asa selecionados e um aeromodelo para testes em túnel de vento e, posteriormente, em voo.

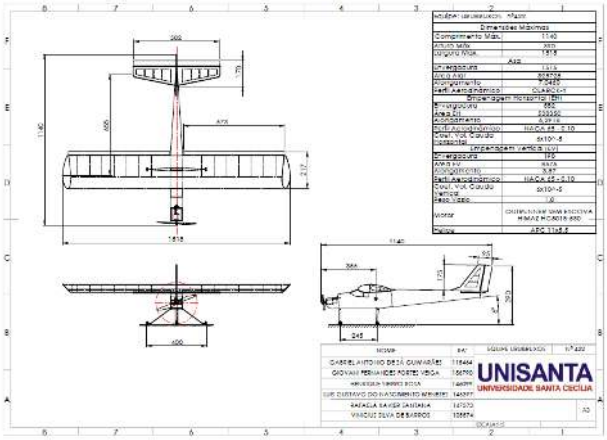
O presente estudo tem como objetivo a análise da relação entre as características aerodinâmicas de aeronaves e o potencial consumo de combustível. Para isso, se propõe a construir o protótipo de um aeromodelo e cinco diferentes perfis de asa, submetê-los a vento em condições controladas em laboratório para coletar e analisar dados de parâmetros aerodinâmicos.

ISSN 2317-1316

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A construção do aeromodelo se baseou em um projeto realizado por estudantes de Engenharia Mecânica da Universidade Santa Cecília (Unisanta). Na Figura 2 apresenta-se a planta com as dimensões do corpo e das asas do aeromodelo.

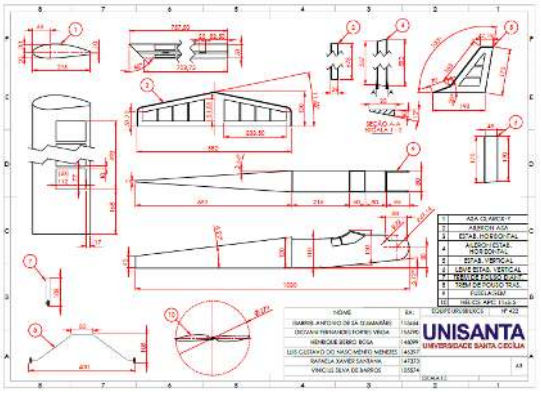
Figura 1: Planta com as medidas do aeromodelo.



Um primeiro protótipo foi construído utilizando-se papelão, a fim de verificar as adaptações que seriam necessárias na estrutura e dimensões do aeromodelo para que se adequasse às condições de teste em túnel de vento.

A fuselagem foi construída com depron, com o objetivo de ser o mais leve possível. O material foi cortado à mão com estilete. A planta com as dimensões de cada parte e o esquema de montagem do corpo do aeromodelo estão apresentados na figura 3.

Figura 2: Planta da fuselagem.



ISSN 2317-1316

Foram projetados cinco modelos de asa. A asa foi moldada em isopor com o uso de um cortador de isopor para melhor simetria possível para as asas. após o corte, foi cortada uma concavidade, onde foi colocada um fragmento de fibra de vidro para manter a estabilidade das asas durante os testes.

A asa de modelo NACA 4412, de acordo com o programa utilizado, terá eficiência de voo média necessitando de média velocidade e curto uso de pista para decolagem e voo fluido. A asa com perfil de empenagem Clark Y será a mais adequada para o projeto, tem alta eficiência e voo muito fluido. A asa modelo NACA 0006 será a menos adequada para o projeto, precisa de alta velocidade de decolagem, alta instabilidade de voo, e muito uso de pista de decolagem. A asa modelo L-188 é uma variante da NACA 0014. Esta asa terá baixa eficiência de voo. Terá um desempenho semelhante ao Perfil NACA 0006. A asa modelo Wortmann FX 74-CL5-140 terá eficiência média. Ela necessita de curta pista de decolagem e baixa velocidade. O voo não será fluido, será lento e com média chance de se deformar em voo.

O programa XFLR5 foi usado para simulação dos modelos de asa e fuselagem antes da construção definitiva com o objetivo de antecipar, mesmo sem os testes práticos, uma base dos resultados possíveis.

Antes do início da construção dos protótipos, foi realizado um teste de colas e materiais para identificar as melhores combinações para cada material estrutural. As colas utilizadas foram: cola a base de cianoacrilato, cola a base de silicone, resina epóxi e cola para madeira. Os materiais estruturais testados foram: amostras de madeira de balsa, depron e papelão.

Para os ensaios do protótipo foi empregado um ventilador com 3 cavalos de potência. Antes dos testes aerodinâmicos dos protótipos, foi realizado o mapeamento longitudinal e transversal da velocidade do vento a diferentes distâncias em relação ao ventilador. O objetivo é identificar como se comporta o vento, em termos de velocidade, conforme a distância ao ventilador aumenta, para diferentes rotações do eixo. Com base nos resultados deste mapeamento, é possível definir o melhor posicionamento do protótipo para os ensaios aerodinâmicos.

Após a montagem da fuselagem e dos modelos de asas, foram realizados ensaios de força de sustentação e perfil de escoamento do ar sobre a estrutura do aeromodelo. Estes ensaios

ISSN 2317-1316

consistem no posicionamento do aeromodelo no interior de uma estrutura cúbica de aço, em frente ao ventilador.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo apresenta o protótipo construído, os resultados dos ensaios realizados e as conclusões geradas a partir dos mesmos. Os resultados esperados são de diferenças significativas em relação ao desempenho aerodinâmico e estabilidade de acordo com as asas usadas.

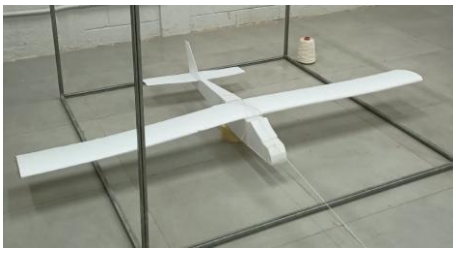
O protótipo construído teve sua fuselagem em depron, enquanto os modelos das asas foram feitas de madeira balsa cortada em cortadora a laser, contudo, com sua estrutura feita de isopor. O aeromodelo tem uma envergadura de 1,40m e um comprimento de aproximadamente 1,45m.

O corte do depron, para a fuselagem do aeromodelo, foi feito a mão, usufruindo de réguas e fitas métricas para realizar as medições e cortado com estilete. Foram feitas múltiplas partes da fuselagem para a montagem.

Os moldes para a construção das asas, feitas de isopor e cortadas a partir de um cortador de isopor (fio metálico aquecido por meio de eletricidade), foram realizados a partir do corte de madeira balsa efetuado por uma cortadora a laser.

A junção das asas à fuselagem foi realizada com barbantes e elásticos, que garantiram uma estabilidade das asas sobre a fuselagem, assim tornado os testes possíveis.

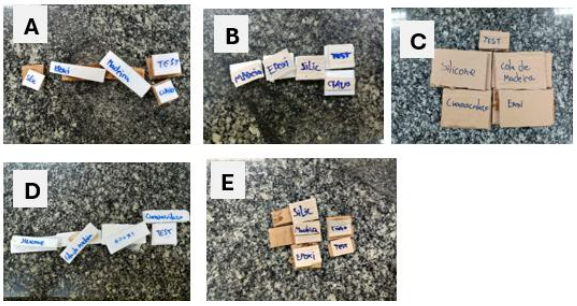
Figura 3: Aeromodelo construído.



Foi realizado o teste de colas e materiais estruturais. A cola que apresentou melhor desempenho foi a cola de cianoacrilato, sendo compatível com todos os materiais descritos.

ISSN 2317-1316

Figura 4: Teste de colas.



O ventilador utilizado teve a velocidade de seu vento medido em diferentes rotações por minuto (rpm) e distância, o que resultou em:

Tabela 1. Valores de velocidade, em m/s, medidos em relação à posição do ventilador, a diferentes distâncias ao longo do eixo central.

	300 rpm	**610 rpm**	**870 rpm**
1 metro	3,49 m/s	6,51 m/s	8,84 m/s
2 metros	3,30 m/s	6,39 m/s	8,88 m/s
3 metros	3,28 m/s	6,22 m/s	8,82 m/s
4 metros	2,84 m/s	6,07 m/s	8,19 m/s

A distância escolhida, entre o ventilador e o aeromodelo, foi de 4 metros, com os rpm subindo com o tempo para manter a fuselagem segura de se quebrar durante os testes.

O programa XFLR5 foi usado para simulação dos modelos de asa e fuselagem. As simulações mostraram que para a aeronave testada, de pequeno porte e baixa velocidade de vôo, a asa ideal é a Clark Y onde o aeromodelo voa com extrema fluidez e estabilidade. As outras asas não foram testadas no momento.

Na Discussão, o foco é a análise e interpretação desses resultados, além de uma avaliação crítica em comparação com o que já foi publicado na literatura acadêmica. Essa parte deve explorar as implicações, significados e razões para as semelhanças ou divergências encontradas em relação a estudos anteriores no mesmo campo. Aqui, o autor deve discutir as conexões entre

ISSN 2317-1316

os resultados obtidos e os conhecimentos existentes, enfatizando a importância e o impacto dessas descobertas no contexto da pesquisa.

4 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, a análise do resultado de diferentes modelos de asas não foi possível, no entanto a asa de modelo Clark Y, por ter sido usada primeiramente nos testes, apresentou resultados favoráveis, dependendo de uma baixa quantidade de vento para levantar voo. A asa modelo Clark Y também aparentou ter uma das melhores estabilidades na fuselagem, apresentando uma instabilidade mínima em relação ao seu movimento sobre a fuselagem. Portanto, seu gasto energético para ganhar velocidade, levantar voo e se sustentar no ar foram mínimos, logo, apresenta uma eficiência em relação ao consumo de combustível.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Não foram utilizadas ferramentas de IA no desenvolvimento desse artigo

6 REFERÊNCIAS

DZIWULSKI, Edimar; RIBEIRO, Wesler Fonseca; BASILIO, Flávio Leopoldo. Avançando para o azul: viabilidade e impactos dos aviões ZEROe da Airbus movidos a hidrogênio. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, Florianópolis, v. 5, n. 1, p. 27–56, jan./fev. 2025. Disponível em: https://rbaccia.emnuvens.com.br/revista/article/view/293/345. Acesso em: 13 set. 2026.

EASA. EUROPEAN AVIATION ENVIRONMENTAL REPORT. 2025. Disponível em: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/eaer-downloads/EASA_EAER_2025_Book_v5.pdf. Acesso em 26 de Abril. 2026.

GUIMARÃES, G. et al. PROJETO AEROMODELO UNISANTA – EQUIPE URUBRUXOS. Disponível em: <Link privado>. Acesso em: 22 mar. 2026.

HAAK, A. M.. ANÁLISE DA TENDÊNCIA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NAS AERONAVES COMERCIAIS. 2023. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/253196/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 28 de Abril. 2026

JAHANMIRI, M. Aircraft drag reduction: an overview. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235339328. Acesso em: 29 mar. 2026.

ISSN 2317-1316

MAGRINI, A. et al. CFD-based analysis of installed fuel consumption and aerodynamics. Energies, 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/1996-1073/16/8/3323. Acesso em: 29 mar. 2026.

MARCHMAN, J. F. Aerodynamics and Aircraft Performance, 2022. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=lVh-EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 17 jun. 2026.

MIRMAHDI, Esmaeil, et al. The effect of aerodynamic forces on automotive design and reducing fuel consumption, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Esmaeil-Mirmahdi/publication/353701951_The_Effect_of_Aerodynamic_Forces_on_Automotive_Design_and_Reducing_Fuel_Consumption/links/610b814f0c2bfa282a2381ef/The-Effect-of-Aerodynamic-Forces-on-Automotive-Design-and-Reducing-Fuel-Consumption.pdf. Acesso em: 26 ago. 2026.

OLIVEIRA, N. D. ESTUDO SOBRE A FORÇA DE ARRASTO EM EXPERIMENTO DE LABORATÓRIO DE ENSINO DE FÍSICA. Disponível em https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstreams/f33ec3a7-4d69-473d-9a68-c726d15e5db5/download.

Santos BEZERRA, A., & de MAGALHÃES, D. A. (2020). SUSTENTAÇÃO DA ASA DE UM AVIÃO. Anais da Feira de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus São Francisco do Sul, 1(8). Disponível em: https://scholar.archive.org/work/gmisfddfgnb45ikt4z73wbjspq/access/wayback/https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fepexsfs/article/download/1988/1582. Acesso em: 18 jun. 2026.

Wang, H. et al. Fuel saving double channel wing configuration. Energies, 2019. Disponível em: https://www.mdpi.com/1996-1073/12/20/3911. Acesso em: 29 mar. 2026.

YOUNG, T. M. Fuel sensitivity analyses for active drag reduction systems. The Aeronautical Journal, 2016. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/journals/aeronautical-journal/article/748BBA78FD416414D5B3C602E6971119. Acesso em: 29 mar. 2026.

ZÁRRAGA-RODRÍGUEZ, M. et al. Reducing fuel consumption in aircraft: a cruising strategy-based approach. Mathematics, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7390/13/22/3708>. Acesso em: 29 mar. 2026.