

## Estudo da transição para a motorização elétrica de uma aeronave rádio controlada para a competição SAE Brasil AeroDesign

## Study for the electrical motorization's transition of a radio-controlled airplane to the SAE Brazil AeroDesign Competition.

### RESUMO

A motorização elétrica dos meios de transportes é um tema bastante discutido e presente nos dias de hoje. E essa realidade também passou a estar presente na Competição SAE Brasil AeroDesign, no qual foi permitido esse ano a motorização elétrica das aeronaves rádio controladas na categoria regular. Com base nisso, esse trabalho busca avaliar a viabilidade da transição para este tipo de motorização no projeto desse ano da UTFalcon Aerodesign, uma vez que desde a fundação da equipe sempre foi utilizado motores a combustão. Para isso, foram realizados testes de bancada estáticos e dinâmicos com alguns modelos permitidos na competição dos motores elétricos e comparados com o banco de dados de grupos motopropulsores à combustão da equipe para avaliar a viabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Motores elétricos. Aviões. Hélices. Controle remoto.

### ABSTRACT

The vehicles electrical motorization is a very discussed and present topic nowadays. And this reality is also present in SAE Brazil AeroDesign Competition, in which this year was allowed the electrical motorization of radio-controlled aircrafts in the regular category. Therefore, this paper seeks for evaluate the transition's feasibility to this type of engine in this year's project of UTFalcon Aerodesign, once it was only used combustion motors since the team's foundation. For this purpose, it was made statics and dynamics tests with some electric motor's models allowed in the competition and compared with the team's data base of combustion's sets to assess the feasibility.

**KEYWORDS:** Electric motor. Aircrafts. Propellers. Remote control.

**Pedro Wernek dos Santos**  
[pedros.1998@alunos.utfpr.edu.br](mailto:pedros.1998@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Marcelo Vasconcelos de Carvalho**  
[mvcarvalho@utfpr.edu.br](mailto:mvcarvalho@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

Todos os anos, as equipes de aerodesign da categoria regular são desafiadas pela comissão técnica da competição a projetar um avião rádio controlado, que cumpra os limites das restrições geométricas estabelecidas e que carregue a maior carga paga possível.

A carga paga é o valor de massa que o avião pode carregar, sem considerar o peso vazio do avião, e depende do peso máximo de decolagem da aeronave (MTOW, do inglês). Uma das fases cruciais para se calcular o MTOW é a corrida que o avião realiza antes de decolar. Nesta corrida, segundo Rodrigues (2014), a tração gerada pelo grupo motopropulsor faz com que o avião ganhe velocidade para a decolagem e, quanto maior a velocidade, maior a sustentação gerada pelas asas e, por sua vez, maior o peso máximo de decolagem. Isso, associado à um menor arrasto gerado pelo conjunto, segundo Roskam e Lan (1997), tornam a decolagem mais eficiente, gerando uma maior carga paga.

Isso, atrelado à liberação por parte da comissão técnica para o uso de motores elétricos na categoria regular da competição deste ano, motivou esse estudo para verificar a viabilidade da transição da propulsão aos motores elétricos, com o intuito de verificar se a tração gerada por este tipo de motor era superior aos já utilizados pela equipe. Além disso, alguns problemas já enfrentados com os motores à combustão ao longo dos anos também complementam a realização deste estudo, como a dificuldade em se acender o motor em climas quentes, como o da região de São José dos Campos no período da competição, e alguns problemas no qual o motor apaga em voo por exemplo, devido à volatilidade do combustível que passa bolhas à câmara de combustão, que seriam reduzidos a zero com a implementação de um sistema propulsivo elétrico.

## METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizado um estudo inicial do regulamento da competição para verificar as restrições impostas pela competição à motorização elétrica. No regulamento, foi definido que a potência máxima a ser utilizada pelo motor era de setecentos watts (700 W), além do uso de um *wattímetro*, *armplug* e um Controlador Eletrônico de Velocidade (ESC) no circuito entre a bateria e o motor, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Circuito elétrico de segurança entre a bateria e o motor

- R[7.3.2.3] A aeronave deve possuir um wattímetro comercial (escolhido entre os da lista acima), capaz de gravar a potência de pico, instalado e com fácil visualização.
- NC[7.3.2.3] Correção da não conformidade ou a aeronave será impedida de voar.
- VV[7.3.2.3] Inspeção de segurança.
- R[7.3.2.4] O wattímetro deve ser instalado conforme a figura abaixo:

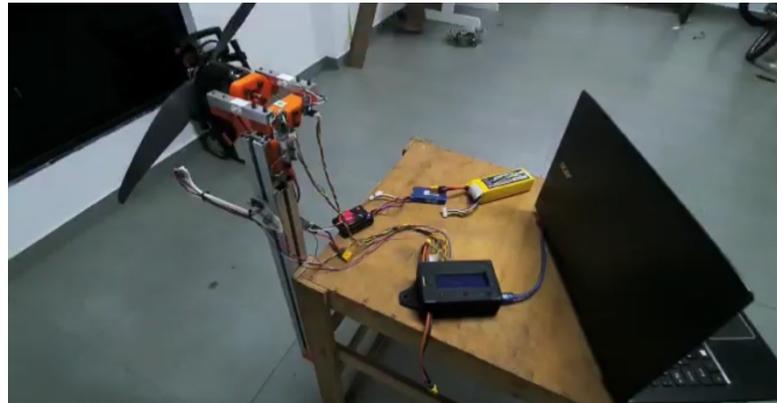


Fonte: Regulamento SAE Brasil AeroDesign (2020).

Em seguida, foi desenvolvida uma bancada de testes adaptativa para a realização dos ensaios estáticos e dinâmicos dos motores elétricos e à combustão. Nesta bancada, foram utilizados células de carga para a fixação do motor e mensuração da tração, tacômetros para a leitura da rotação do conjunto motor e

hélice e um tubo de *pitot*, para a aferição da velocidade do ar nos testes dinâmicos. Todos esses sensores foram ligados a uma placa controladora, que capta dados elétricos como corrente e potência utilizada, ligado a um computador para o armazenamento dos dados. Para a estrutura, foram utilizados perfis de alumínio com encaixes feitos em impressora 3D, como pode ser visto na figura abaixo.

Figura 2 – Estrutura da bancada de testes desenvolvida



Fonte: Autoria própria (2020).

No caso dos testes dos motores a combustão, somente foi adicionado o compartimento de combustível e o sistema elétrico do servo atuador do carburador, para o controle da aceleração do motor.

Após isso, foram selecionadas as hélices e os motores que foram utilizadas nos ensaios. Como se trata de dois tipos de motores diferentes, as hélices utilizadas nos motores elétricos são diferentes das que eram utilizadas na equipe, por isso foi realizado um estudo para definir quais seriam as dimensões de hélices necessárias para um bom desempenho do grupo moto propulsor. Nesse estudo, foi avaliado os parâmetros que influenciam nas variáveis do grupo moto propulsor e dessa forma foi possível selecionar as melhores hélices para o motor elétrico utilizado.

Por fim, os grupos-motopropulsores definidos a partir do estudo anterior foram montados e testados na bancada de testes, seus dados armazenados em um computador e, posteriormente, foram feitas análises sobre os dados estáticos e dinâmicos para avaliar a viabilidade da transição.

## RESULTADOS

### TESTES ESTÁTICOS

Para os testes realizados, foram utilizados os motores e hélices detalhados na Tabela 1. A partir do estudo realizado para avaliar a influências dos parâmetros do grupo motopropulsor, foi observado que quanto maior o diâmetro da hélice, maior era a tração gerada pelo grupo. Assim, foram adquiridas hélices com diâmetros maiores que as utilizadas pelo motor a combustão, visto que a potência no caso dos elétricos era limitada.

Assim, após a realização de cada ensaio dos grupos motopropulsores, os dados de tração estática foram analisados e destacados também na Tabela 1 a maior tração registrada para cada grupo em rotação ideal.

Tabela 1 – Trações estáticas dos grupos motopropulsores analisados

Grupo motopropulsor	Tração (N)
OS 61FX + 12X6	28,20
OS 61FX + 13X4	30,20
OS 61FX + 13X6	30,60
OS 55AX + 13X4	31,60
OS 61FX + 12,25X3,75	36,75
AT4130 KV450 + 16X8	42,41
AT4130 KV450 + 16X10	44,26
AT4130 KV450 + 20X8	46,48

Fonte: Autoria própria (2020).

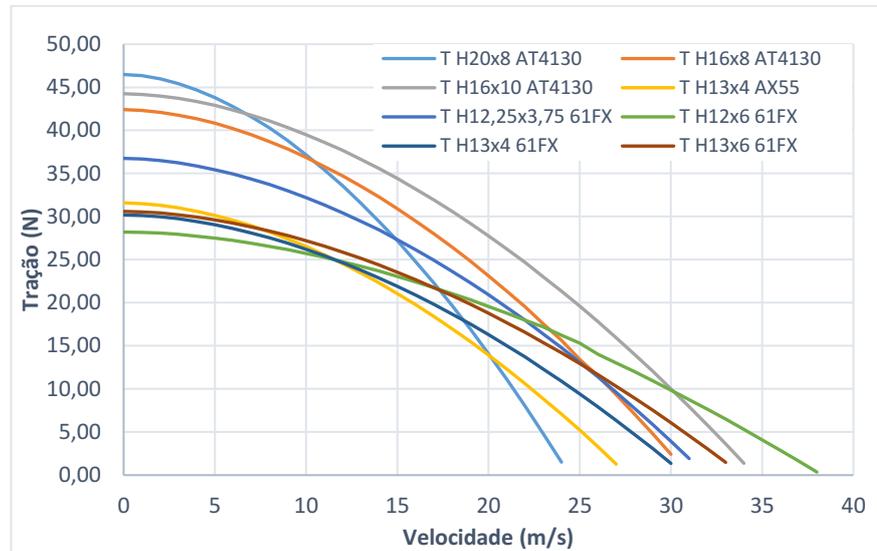
### TESTES DINÂMICOS

Apenas deste teste inicial, pode-se observar que os motores elétricos e suas hélices fornecem trações relativamente maiores que os motores à combustão. Apesar desse detalhe, foi necessário analisar também o decaimento dinâmico dos grupos motopropulsores, para verificar se a tração ainda se mantém alta quando a aeronave está em movimento.

Para isso, foram utilizadas as células de carga para a mensuração da tração dinâmica do grupo moto propulsor e um tubo de *pitot* para a aquisição da velocidade do ar sob à hélice. Aqui, para simplificar os testes, foram ensaiados apenas os grupos que tiveram a maior tração disponível nos testes estáticos realizados anteriormente.

Dessa forma, foi possível plotar as curvas de decaimento dos oito grupos analisados, apresentados no Gráfico 1, onde cada curva pode ser identificado pela legenda, e compará-las.

Gráfico 1 – Curvas de tração dinâmica dos grupos motopropulsores



Fonte: Autoria própria (2020).

Como pode ser observado, o grupo motopropulsor que possui a maior tração estática (observada no gráfico na condição em que a velocidade do ar é igual a 0), é também o que tem o maior decaimento da tração conforme a velocidade aumenta. Conforme as trações diminuem, observa-se que as curvas decaem de forma menos acentuada, que deve ser analisada posteriormente para a seleção do melhor grupo motopropulsor.

Quando comparado o decaimento entre os dois tipos de motores, observa-se que os motores elétricos possuem um decaimento semelhante aos motores à combustão, com exceção da primeira curva. Isso mostra que, nas mesmas condições de velocidade, os grupos elétricos fornecerão uma maior tração ao avião em relação aos grupos à combustão, o que complementa de fato esta transição.

## CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, abordou-se a metodologia realizada pela equipe UTFalcon Aerodesign para avaliar a viabilidade da transição da propulsão à combustão para a elétrica, garantindo que a aeronave possua um desempenho no mínimo igual ou superior aos motores à combustão.

A partir dos testes realizados, conclui-se que é viável realizar essa transição, pois os motores elétricos fornecem uma tração estática superior aos modelos anteriormente utilizados e que, embora haja um decaimento de tração de certa forma mais acentuado, garante-se em todas as condições de voo uma alta tração disponível, sem que haja prejuízos de desempenho durante o circuito.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa, por sempre apoiar os alunos de projetos de extensão na universidade, à Pró-Reitoria de Relações Empresariais e Comunitárias (PROREC) pelo auxílio

financeiro para o desenvolvimento do projeto e a equipe UTFalcon Aerodesign, do qual eu faço parte.

### REFERÊNCIAS

RODRIGUES, L. E. M. J. **Fundamentos da engenharia aeronáutica**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. ISBN 9788522112043. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsmib&AN=edsmib.00008579&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 2 ago. 2020.

ROSKAM, Jan; LAN, Chuan-Tau Edward. **Airplane Aerodynamics and Performance**. Lawrence: Design, Analysis and Research Corporation, 1997. 711 p.