

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**AERONAVE A PROPULSÃO ELÉTRICA: PERSPECTIVA DE UTILIZAÇÃO NA
INSTRUÇÃO DE VOO BRASILEIRA**

GOIÂNIA

2022

FERNANDO DE PAULA ALMEIDA FILHO

**AERONAVE A PROPULSÃO ELÉTRICA: PERSPECTIVA DE UTILIZAÇÃO NA
INSTRUÇÃO DE VOO BRASILEIRA**

Artigo Científico apresentado à Pontifícia
Universidade Católica de Goiás como exigência
parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Aeronáuticas.

Professora Orientadora: Esp. Tammyse Araújo da Silva.

GOIÂNIA

2022

FERNANDO DE PAULA ALMEIDA FILHO

**AERONAVE A PROPULSÃO ELÉTRICA: PERSPECTIVA DE UTILIZAÇÃO NA
INSTRUÇÃO DE VOO BRASILEIRA**

GOIÂNIA-GO, 15/6/2022.

BANCA EXAMINADORA

Esp. Tammyse Araújo da Silva _____ CAER/PUC-GO _____
Assinatura Nota

Esp. William de Carvalho Xavier _____ CAER/PUC-GO _____
Assinatura Nota

Dra. Nagi Hanna Salm Costa _____ IBAC _____
Assinatura Nota

AERONAVE A PROPULSÃO ELÉTRICA: PERSPECTIVA DE UTILIZAÇÃO NA INSTRUÇÃO DE VOO BRASILEIRA

ELECTRICAL PROPULSION AIRCRAFT: PERSPECTIVE OF USE IN BRAZILIAN FLIGHT INSTRUCTION

Fernando de Paula Almeida Filho¹
Tammyse Araújo da Silva²

RESUMO

Estudos mundiais recentes apontaram a necessidade de mudanças nos motores em geral, inclusive os aeronáuticos. Isto se deve ao fato de que os motores convencionais adotados atualmente têm um consumo elevado, são ruidosos e poluentes. A partir dessa premissa, esta pesquisa tem como objetivo verificar a viabilidade da adoção de motores movidos a propulsão elétrica na instrução brasileira. Para alcançar tais objetivos, este estudo baseou-se em uma pesquisa de natureza básica, descritiva, de procedimentos bibliográficos e documentais. Verificou-se que a única aeronave disponível no mercado atualmente certificada para uso na instrução aérea é o Velis Electro, da Pipistrel. Esta aeronave se apresentou menos poluente e ruidosa, assim como demonstrou ser capaz de reduzir custos na ordem de 90% em termos de uso de combustível e 52% relacionados à manutenção, se comparados aos motores convencionais, como os da aeronave Cessna 150, avião adotado neste segmento no Brasil. À vista disso, estimativas da Safe concluíram que, em razão da diminuição dos custos operacionais, o preço das horas de voo do curso de piloto privado seria reduzido em cerca de 35% do valor total. Isto significaria mais clientes (alunos-pilotos) para as escolas e aeroclubes, o que, de efeito, incrementaria o volume de recursos. Entretanto, apesar das vantagens ora mencionadas, o Velis e, provavelmente, outros aviões similares, esbarram em desafios substanciais. O primeiro deles é o seu preço elevado, em torno de R\$ 1.190.000,00 e, em uma comparação com o Cessna 150, pode ser cinco vezes mais caro. O segundo diz respeito à autonomia de apenas 50 minutos de voo, e considerando a obrigatoriedade de cinco horas de voo para a realização de uma navegação visual, esta aeronave não comporta o tempo necessário previsto nos regulamentos nacionais. Por fim, as baterias do Velis ainda estão em processo de melhoria, tanto em relação à recarga quanto à durabilidade. Logo, apesar de apresentar-se promissora, a aeronave a propulsão elétrica para a instrução aérea no Brasil, pelo menos no curto prazo, parece inviável, principalmente em função da pouca autonomia desenvolvida por esse modelo. Conclui-se, portanto, que a sua inserção no mercado nacional dependerá do quanto, de fato, este tipo de aeronave pode propiciar em termos de redução dos custos de operação e, de efeito, dos valores dos cursos ministrados pelas escolas, e se suas limitações técnicas serão compensadas por tais reduções.

Palavras-Chave: Motores aeronáuticos elétricos, Instrução de voo, Redução de custos operacionais.

ABSTRACT

¹ Graduando em Ciências Aeronáuticas. Piloto Privado. Endereço eletrônico: ferfalmeida17@gmail.com

² Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Graduanda em Ciências Aeronáuticas pela UnisuVirtual. Professora da Escola Politécnica no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. EC-PREV pelo CENIPA. Credenciada no SGSO pela ANAC e pela Infraero. Endereços eletrônicos: tammyse@hotmail.com/tammyse@pucgoias.edu.br.

Recent world studies have pointed out the need for changes in engines in general, including aeronautical ones. This is due to the fact that conventional engines currently adopted have high consumption, are noisy and polluting. From this premise, this research aims to verify the viability of adopting engines powered by electric propulsion in Brazilian instruction. In order to achieve these goals, this study was based on a basic, descriptive research of bibliographic and documentary procedures. It was found that the only aircraft available on the market currently certified for use in flight instruction is Pipistrel's Velis Electro. This aircraft was less polluting and noisy, as well as being able to reduce costs in the order of 90% in terms of fuel use and 52% related to maintenance, when compared to conventional engines, such as those of the Cessna 150 aircraft, adopted in this segment in Brazil. In view of this, estimates by Safe concluded that, due to the decrease in operating costs, the price of flight hours of the private pilot course would be reduced by about 35% of the total value. This would mean more clients (student-pilots) for schools and flying clubs, which, in effect, would increase the volume of resources. However, despite the advantages mentioned, the Velis and probably other similar aircraft face substantial challenges. The first of these is its high price, around R\$1.190.000,00 and, in comparison with the Cessna 150, it can be five times pricier. The second concerns the autonomy of only 50 minutes of flight time and considering the mandatory five flight hours to carry out visual navigation, this aircraft does not have the necessary time provided for in national regulations. Finally, the Velis batteries are still in the process of improvement, both in terms of recharging and durability. Therefore, despite being promising, the electric propulsion aircraft for flight instruction in Brazil, at least in the short term, seems unfeasible, mainly because of the low autonomy developed by this model. It is concluded, therefore, that its insertion in the national market will depend on how much, in fact, this type of aircraft can provide in terms of dropping operating costs and, indeed, the values of the courses given by the aviation schools, and if their technical limitations will be offset by such reductions.

Keywords: *Aeronautical electric engines, Flight instruction, Reduction of operational costs.*

INTRODUÇÃO

O uso de motores movido a fontes alternativas vem sendo debatido em âmbito internacional com vistas à redução dos gases do efeito estufa e de custos em todas as áreas, inclusive os aeronáuticos. Sabendo disso, escolas de aviação buscam formas de redução de custos, sobretudo com combustível e manutenção.

Com efeito, o alto custo suportado pelas escolas de aviação provêm de manutenções caras em virtude de os motores possuírem uma grande quantidade de peças, como também um alto gasto com combustíveis (AVGAS), um dos vilões da emissão de gases do efeito estufa.

Isso considerado, essa pesquisa tem como objetivo principal o estudo da possibilidade da inserção de aeronaves com motor a propulsão elétrica no ramo da instrução de voo no Brasil, uma vez que os motores convencionais são responsáveis pela maior parte dos custos citados.

Para alcançar o objetivo proposto, a metodologia adotada pelo estudo baseou-se em uma pesquisa de natureza básica e descritiva, apoiada em procedimentos bibliográfico e documental.

Foram levantadas informações em agências reguladoras como a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a Agência de Segurança da Aviação da União Europeia (EASA) e a Administração Federal de Aviação (FAA), bases principais da pesquisa, assim como em sites de fabricantes de aeronaves, como Pipistrel, além de autores como Diniz, Ferreira, Menezes e Nobrega, entre outras fontes de pesquisa.

Para delinear os argumentos, o trabalho foi estruturado em três seções. Na primeira, intitulada “Utilização de aeronaves elétricas na instrução de voo: panorama”, apresenta-se o panorama da aeronave com propulsão elétrica e o processo de certificação de aeronaves, inclusive as elétricas. Na segunda seção, denominada “Aeronaves elétricas na instrução brasileira: um estudo da viabilidade”, contextualiza-se a instrução de voo no Brasil e demonstram-se as vantagens e desvantagens da adoção de aeronaves elétricas na instrução. A terceira e última seção apresenta as considerações finais.

A partir desta pesquisa pretende-se compreender a viabilidade do uso de aeronave com motor elétrico na instrução de voo no Brasil e verificar se seu uso promove a redução dos custos operacionais para as escolas de aviação e, conseqüentemente, a redução do custo das horas de voo.

1 UTILIZAÇÃO DE AERONAVES ELÉTRICAS NA INSTRUÇÃO DE VOO: PANORAMA

1.1 Aeronave elétrica e sua aplicação na instrução de voo

A escola de aviação Safe manifestou, em agosto de 2021, em suas redes sociais o, interesse em um projeto totalmente novo no Brasil: a utilização de aeronaves a propulsão elétrica na instrução básica de pilotos brasileiros. Se o fato for confirmado, as mudanças no mercado das escolas de aviação serão significativas (FERREIRA, 2021).

Sobre tais mudanças, é possível prever o impacto dos motores a propulsão elétrica no mercado concorrente das refinarias em todo o mundo. Isto porque as aeronaves com motores elétricos, além de terem custo reduzido, se comparado aos convencionais a combustível, também são mais sustentáveis, contribuindo com a redução das emissões do dióxido de carbono na atmosfera (FERREIRA, 2021).

Uma vez demonstrada a viabilidade da substituição do motor convencional pelo elétrico no Brasil, essas aeronaves poderiam ser adotadas por escolas de instrução de voo. Dados obtidos até março de 2022 mostram que apenas um modelo é utilizado atualmente para a instrução fora

do país: o Velis Electro. Segundo a sua fabricante, a Pipistrel (2020), o modelo foi desenvolvido em uma cooperação firmada entre a Eslovênia Pipistrel e a EASA³ em 2020. Esta aeronave foi certificada como a primeira elétrica do mundo.

O Velis Electro é dotado de diferentes tecnologias que refletem na eficiência dos motores, nos custos operacionais e, principalmente, na redução de emissão de gases poluentes, em comparação ao seu antecessor, o Pipistrel Virus SW 121⁴, que se utilizava de um motor com combustão interna (PIPISTREL, 2020).

À vista disso, o motor do Velis Electro apresenta dois fatores positivos em termos ecológicos e de sustentabilidade: a redução do ruído e a redução da emissão de gases de efeito estufa para zero. O Velis apresenta níveis de ruídos com apenas 60 dBA, considerado mais silencioso que os outros aviões, e não produz gases de combustão (PIPISTREL, 2020).

Acerca disso, a agenda ONU (Organização das Nações Unidas) 2030 em seu objetivo 7, ressalta a importância da cooperação internacional que facilite a iniciativa de pesquisas e tecnologias de energia limpa, assim como energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e limpas, como também promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2022).

Apesar dos fatores positivos, o preço de mercado do Velis ainda é salgado. Segundo a Pipistrel (2020), esta aeronave, em sua configuração básica, tem valor anunciado de R\$ 1.190.000,00. Comparando este preço com o de uma aeronave Cessna 150 (avião concorrente para uso em instrução de voo), por exemplo, esta custa, em moeda corrente, entre R\$ 98.000,00 até R\$ 350.000,00. Porém, de acordo com a fabricante do Velis, o alto investimento é compensado no longo prazo, pois o custo operacional e de manutenção são inferiores aos das aeronaves concorrentes de motor a combustão interna.

Importante ressaltar que a fabricação em massa de aeronave a propulsão elétrica ainda é um desafio em termos de peso, armazenamento de energia e de capacidade da bateria que, para aviões, deveria suprir o tempo de voo. Assim como nos celulares e nos carros elétricos, a bateria é dois terços do peso total do aparelho ou do carro e, em se tratando de aeronaves, o peso é um dos maiores desafios que estes modelos enfrentam, e o avião, independentemente do tamanho, precisa ser o mais leve possível (VINHOLES, 2022).

³ *European Aviation Safety Agency.*

⁴ O Pipistrel Virus é uma aeronave leve de dois lugares, monomotor, fabricada pela Pipistrel na Eslovênia e na Itália e vendida como um ultraleve, kit caseiro ou aeronave esportiva leve.

1.2 Certificação de aeronaves

A exemplo do Velis Electro, a indústria aeronáutica promove constantemente inovações de aeronaves e de produtos aeronáuticos. Todavia, a cada novo avião ou produto, é preciso que a empresa responsável requeira sua certificação junto ao órgão competente, com foco, sobretudo, na segurança. Desta forma, de acordo com a Boeing (2013), uma aeronave não pode, por exemplo, entrar em operação sem que seu fabricante demonstre que ela está em conformidade com todos os regulamentos de aeronavegabilidade aplicáveis.

Neste sentido, a certificação tem como objetivo atestar o grau de confiança e o atendimento a requisitos estabelecidos em regulamentos nacionais e internacionais de aviação. A ANAC certifica aviões e helicópteros e seus componentes, oficinas de manutenção, empresas aéreas, escolas e profissionais de aviação do país. Ademais, a certificação da agência reguladora obedece à Convenção de Chicago (1944), da qual o Brasil é signatário, e é reconhecida por diversos países com os quais há acordos internacionais (ANAC, 2021a).

Assim, a ANAC (2019a) afirma que em nome da segurança da aviação civil são certificados todos os projetos, bem como as empresas fabricantes de produtos aeronáuticos e tudo que diz respeito à aviação. Desta forma, a certificação do projeto é um dos princípios da garantia da segurança da aviação civil.

Um exemplo é a Certificação de Tipo (CT), que objetiva garantir que a aeronave projetada é segura. A aeronave deve cumprir com uma série de requisitos, como aeronavegabilidade, ruído, emissão de combustível drenado e de escapamento de aviões, e obedecer a qualquer outra condição estabelecida pela agência (ANAC, 2019a).

Para a FAA⁵ (2022), a certificação é uma forma de gerenciar o risco por meio da garantia da segurança. É o selo da confiança estabelecida com o público de que os níveis de segurança foram alcançados com êxito, seja um produto ou operação. Já na Europa, o órgão regulador responsável por certificar aeronaves é a EASA (2003), que exige, para fins de certificação, que o produto respeite as normas de segurança estabelecidas pelas autoridades competentes ao longo de décadas.

1.2.1 Processo de Certificação do Velis

⁵ *Federal Aviation Administration.*

Em 10 de junho de 2020, a EASA normatizou a certificação da primeira aeronave totalmente propulsão elétrica, fato considerado um marco. O Pipistrel Velis Electro foi a primeira aeronave movida totalmente por energia elétrica do mundo e a receber da agência europeia a certificação para voar, o Certificado de Tipo (TCDS⁶) EASA.A.573 (DINIZ, 2020).

A Certificação de Tipo do Velis Electro, no meio aeronáutico, conforme Pipistrel (2020), pode demonstrar a tendência do uso de aeronaves elétricas, livres de emissões de gases poluentes, e ser referência para outros projetistas, indicando a possibilidade de certificação de aeronaves com motores elétricos e futura consolidação no mercado.

A certificação da aeronave da fabricante Pipistrel foi concluída em menos de três anos, e só foi possível devido à cooperação entre a EASA e a fabricante Eslovênia Pipistrel, com um principal objetivo de garantir que o equipamento cumprisse todos os requisitos de segurança necessários à sua certificação (PIPISTREL, 2020). Ao final do processo, foi certificado o primeiro motor elétrico do mundo e a primeira Certificação de Tipo para um avião equipado com motor elétrico (DINIZ, 2020).

Por fim, tendo então a EASA participado da criação do projeto, foi expedida pela agência a Condição Especial EHPS⁷, documento que certifica as aeronaves equipadas com motores a propulsão elétrica ou híbridas (DINIZ, 2020).

1.2.2 Processo de Certificação no Brasil

O processo de certificação é complexo e determinado por diferentes leis, regulamentos e materiais técnicos que formam um conjunto de informações publicadas pela ANAC e outras autoridades estrangeiras de aviação civil, além de entidades técnicas reconhecidas internacionalmente, embasadas em pesquisas científicas e debates da indústria aeronáutica (ANAC, 2019a).

Como mencionado, o CT é um dos métodos utilizados pela ANAC (2019a) que visa a segurança de voo. Neste processo de certificação, também são analisados outros aspectos da segurança de voo associados, como a aeronavegabilidade, a manutenção, a produção e as operações relacionadas diretamente à certificação de tipo.

Desta forma, o processo de certificação é avaliado e aprovado, analisando os dados de um projeto de tipo de uma aeronave segundo as normas de aeronavegabilidade e ambientais. Como resultado, é emitido o Certificado de Tipo, pré-requisito para que uma aeronave

⁶ *Type Certificate Data Sheets.*

⁷ *Electric/Hybrid Propulsion System.*

específica receba, como fruto da aprovação do projeto, o Certificado de Aeronavegabilidade padrão (ANAC, 2019a).

O RBAC 21 é o documento que trata da certificação de produto e artigo aeronáutico e quando os dados do projeto de tipo (CT) – submetidos à ANAC com todos os requisitos (aeronavegabilidade, ruído e emissões) elencados no Regulamento – forem cumpridos e a agência considerar que a aeronave não possui nenhuma característica que a torne insegura na categoria para a qual está sendo certificada, ela será certificada. (ANAC, 2019a; ANAC, 2021b).

A aprovação de aeronavegabilidade é um documento regulamentado para uma aeronave, motor de aeronave, hélice ou um artigo, que confirma que esses produtos estão de acordo com o projeto aprovado e em condições de realizar uma operação segura (ANAC, 2021b; ANAC, 2021c).

Um exemplo de CT ocorreu com a Eve, uma das empresas do grupo Embraer, que oficializou, juntamente com ANAC, o processo para obtenção de Certificado de Tipo do projeto eVTOL. A Eve formalizou com a agência reguladora o compromisso de cumprir os padrões técnicos internacionais estipulados, que incluem os requisitos de aeronavegabilidade para a sua certificação (MENEZES, 2022).

Cabe ressaltar que a utilização de aeronaves estrangeiras em território nacional também passa por um trâmite processual de importação junto à Agência Reguladora. Desta forma, nestes casos, inicialmente deve-se fazer a reserva de marcas da aeronave, após realizados os processos legais junto ao Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB). Em seguida, o operador deverá realizar a vistoria técnica inicial e, simultaneamente, a inspeção da aeronave na Receita Federal, quando aplicável, para atender aos requisitos da autoridade fazendária, para, após, obter a emissão definitiva do certificado de aeronavegabilidade (ANAC, 2019b).

Todas as aeronaves importadas devem, obrigatoriamente, vir acompanhadas de um certificado de aeronavegabilidade de exportação ou documento equivalente, que é emitido pelo órgão de aviação civil do país exportador. Caso o operador queira fazer a vistoria técnica no Brasil, a aeronave pode ser trasladada voando, sendo necessária uma autorização especial de voo. Porém, para isso, um Profissional Credenciado em Aeronavegabilidade (PCA) precisa ser contratado (ANAC, 2019b).

Com isso, para ser realizada a vistoria técnica inicial de uma aeronave, o operador deve apresentar documentos para os servidores da ANAC ou ao PCA, tais como: certificado de aeronavegabilidade para exportação; manual de voo e *checklist*; registro de manutenção da aeronave e seus componentes; registros primários e secundários de cumprimento de todas as

diretrizes de aeronavegabilidade emitidas pela ANAC e documentos equivalentes emitidos pela autoridade de aviação civil do país de origem da aeronave e de seus componentes; ficha de peso e balanceamento; relatório de voo de teste, se aplicável; registros primários de cumprimento dos programas especiais de manutenção; lista contendo todas as grandes modificações e grandes reparos incorporados à aeronave, ou uma declaração da inexistência deles; apólice de seguro; e licença de estação (ANAC, 2019b).

Observa-se que a importação de aeronaves e seu posterior uso nacional depende da certificação de aeronavegabilidade do país de origem, como mencionado, o que é possível no caso do Velis. Para saber se há alguma aeronave da fabricante Pipistrel no Brasil, faz-se uma consulta pública no RAB (ANAC, 2022a), informando a matrícula ou o tipo de habilitação ou o modelo ou o fabricante, entre outras formas de seleção. Após a pesquisa realizada no âmbito deste estudo, não foram identificadas aeronaves da fabricante Pipistrel ou aeronave Velis registradas no Brasil.

2 AERONAVES ELÉTRICAS NA INSTRUÇÃO BRASILEIRA: UM ESTUDO DA VIABILIDADE

2.1 Panorama sobre instrução de voo no Brasil

Professores e mentores detêm uma série de atributos que contribuem, de forma decisiva e positiva, para a educação e a formação de uma pessoa. Considerando a instrução de voo, a aprendizagem vincula-se a diferentes aspectos cognitivos, afetivos e psicomotores que dependem, primordialmente, do instrutor. Cabe, assim, à instrução estimular a padronização do processo de ensino e aprendizagem, bem como promover um legado de profissionais qualificados (CENIPA, 2016).

Tendo em mente importância que a instrução de voo tem para o processo de ensino e aprendizagem da pilotagem e considerando que as práticas são indispensáveis para que uma pessoa se torne piloto de avião, a ANAC (2022b) definiu esta atividade como um conjunto tarefas desenvolvidas no solo, em simulador ou em voo com o intuito de ensinar o piloto-aluno a adquirir os conhecimentos e desenvolver as habilidades típicas da pilotagem.

De acordo com a ANAC (2020a), a instrução aérea no Brasil é normatizada pelo RBAC nº 141, Emenda 1, no qual são definidos os requisitos operacionais e as certificações para o regular funcionamento de um Centro de Instrução de Aviação Civil (CIAC). Para a ANAC (2022c), um CIAC deve ter uma estrutura de ensino que possibilite a formação de diversos

recursos humanos para a aviação civil, tais como pilotos, comissários de voo, mecânicos de voo, despachantes operacionais de voo e mecânicos de manutenção aeronáutica.

Na mesma linha dos CIAC, os instrutores de voo também precisam seguir normas para que possam atuar na instrução destinada ao piloto-aluno. De acordo com a ANAC (2020b), a habilitação para instrutor de voo é regida pelo RBAC nº 61, emenda 13, o qual estabelece os requisitos necessários à sua obtenção.

Cabe, por oportuno, apresentar o número de habilitações disponíveis no sistema da ANAC (2022d) para a instrução de voo no Brasil (até 3 de março do ano corrente). São 1.633 no total, entre pilotos instrutores masculinos (1.559) e femininos (74).

De acordo com o site ANAC (2020c), o número oficial de aeronaves devidamente registradas no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) é de 22.410, sendo 7% dessas utilizadas para a instrução de voo, perfazendo um número aproximado de 1.568 aeronaves. Estes números foram considerados até 9 de maio de 2022.

Geralmente as aeronaves utilizadas pelas escolas de aviação são de baixo custo operacional, fácil manutenção e já estão consolidadas no mercado. A Sierra Bravo (2022) escola de aviação ressalta que a aeronave Cessna 152 é considerada mundialmente como a melhor aeronave para a formação de pilotos iniciantes, por ser de fácil pilotagem e excelente para voos visuais, ou seja, ideal para um curso de piloto privado.

Além da Cessna 152, existem outras aeronaves utilizadas pelas escolas de aviação, como, por exemplo, o Paulistinha. O Paulistinha é uma aeronave monomotorizada produzida no Brasil, de combustão a combustível, sendo referência na formação de pilotos, pois é antiga no mercado, utilizada há mais de 80 anos (VILHOLES, 2021).

A aeronave argentina AeroBoero foi adotada no Brasil na década de 1980 após um acordo entre os dois países. Entretanto, quando da sua inserção no mercado nacional, o Boero, como é mais conhecido, sofreu preconceitos por ser uma aeronave difícil de operar. No entanto, se estabeleceu no posto por propiciar boa visibilidade e ser bastante previsível em qualquer procedimento, sendo até hoje bastante utilizada no Brasil. É robusta e seu motor também é a combustão interna, utilizando combustível de aviação (NOBREGA, 2013).

Outra aeronave relevante para a instrução e aviação geral é o Cessna 172, um modelo com um motor mais potente, com dois lugares a mais, em comparação com o seu antecessor, o Cessna 152. O 172 *SkyHawk*, como é conhecido, é uma aeronave monomotorizada a combustão, sendo a mais popular já construída, considerada, pela própria Cessna, como uma aeronave de treinamento. O 172 propicia grande visibilidade dentro do *cockpit*, tendo uma baixa velocidade de pouso e estol suave, características excelentes para treinamento (CESSNA, 2022).

A fim de verificar o mercado nacional e as principais aeronaves adotadas para o seguimento instrução de voo (piloto privado de avião), buscaram-se junto a seis escolas homologadas os modelos de aeronaves e o seu quantitativo para analisar a possibilidade de adotar uma que seja elétrica. A Tabela 1 a seguir apresenta algumas aeronaves de instrução adotadas no Brasil, bem como algumas escolas em que são adotadas:

Tabela 1 – Aeronaves de instrução mais utilizadas no Brasil e respectivas escolas

Nº	Escola	Aeronave	Qtd.
1	Aeroclube de Goiás	Cessna 150	2
		Cessna 152	2
		Aeroboero AB- 115	2
		Seneca 3	1
		Cherokee 140	1
2	Sky Escola de Aviação	Cessna 152	2
		Cessna 172	1
3	PLA Escola de aviação	Cessna 152	4
		Cessna 172	3
		Twin Comanche	2
		Seneca 3	1
		Cherokee 140	1
4	Safe Escola de Aviação	Cessna 150	2
		Cirrus Sr20	1
5	EJ Escola de Aviação	Cessna 152	19
		Cessna 172 G1000	4
		Citabria	2
		Baron 55	2
		Corisco Turbo	2
		Tupi	3
		Seneca 2	2
		PA-18	2
		Pawnee	1
		Beagle	1
6	Aeroclube de Pará de Minas	Cessna 152	14
		Cessna 172	4
		Piper P28A	4
		Seneca	3
Total de Aeronaves			88

Fontes: E. J. Escola de Aeronáutica Civil (2022); Aeroclube de Goiás (2022); Sky Escola de Aviação (2022); PLA Escola de Aviação (2022); Safe Escola de Aviação (2022); Aeroclube de Pará de Minas (2022).

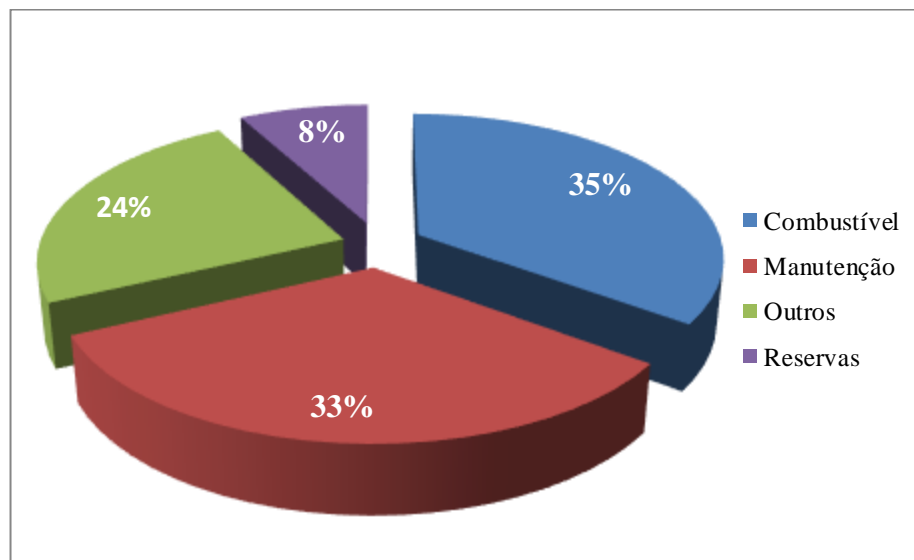
Considerando os principais modelos de aviões relacionados na Tabela 1 e o número aproximado de aeronaves de instrução no Brasil (1.568), o mercado de instrução de voo sugere que há possibilidade de inserção de aeronaves do tipo Velis Electro; entretanto, é necessário

verificar quais aspectos podem ser considerados positivos ou negativos para a substituição de modelos a combustão por elétricos.

2.2 A adoção aeronave elétrica em aeroclubes ou escolas homologadas: perspectivas quanto à redução de custos

De acordo com a Safe (2021), uma hora de voo em uma aeronave Cessna 152, que tem um motor convencional a combustão interna, é calculada com base em manutenções, combustível, instrutores e outros gastos que envolvem a operação. A Safe efetuou um evento chamado *Safe Event Day*, em que foi apresentado um gráfico que demonstra os custos das operações de um Cessna 150.

Gráfico 1 – Custo por hora de voo – Cessna 150



Fonte: adaptado de SAFE escola de aviação (2021).

De acordo com o Gráfico 1, o custo da hora de voo para o Cessna 150 é a somatória de valores correspondentes à manutenção, combustível, reserva⁸ e outros. Para esta aeronave, os gastos com combustível representam cerca de 35% do total, enquanto a manutenção do avião consome 33%, ao passo que o custo reserva corresponde a 8%, e os demais custos contribuem com 24%.

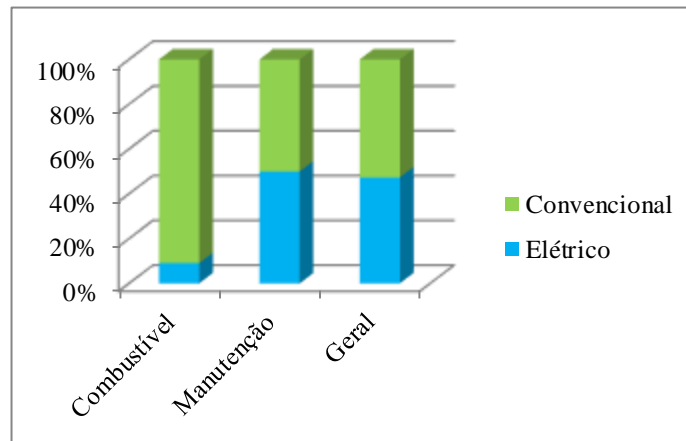
Ainda a título de exemplo, a hora de voo de uma aeronave Cessna 152, adotada por algumas escolas de aviação no Brasil, está custando R\$ 560,00 (valor referência para o mês de março de 2022) (AEROCLUBE DE GOIÁS, 2022). Para realização do curso de piloto privado

⁸ Custo Reserva é o valor guardado de cada hora de voo de instrução, destinado a eventuais imprevistos como panes, quebras etc.

prático são necessárias, em média 45, horas totais. Assim, o valor total do curso prático, considerando o preço da hora com o Cessna 152, é de R\$ 25.200,00 (45 x 560), podendo variar conforme escola, preço da hora de voo e aeronave.

Este valor pode ser reduzido se a escola adotar aeronaves como a Velis Electro, que diminui gastos operacionais como os de combustível e manutenção. Esta redução repercute no valor da hora de voo e, conseqüentemente, no total do valor do curso (SAFE, 2021).

Gráfico 2 – Comparativo de Custos Operacionais



Fonte: adaptado de SAFE escola de aviação (2021).

Observa-se pelo Gráfico 2 que a redução de combustível pode chegar a 90%, tendo em vista que a energia elétrica tem um custo reduzido se comparado ao AVGAS. Além do combustível, existe uma redução de 52% com as manutenções, visto que um motor elétrico demanda manutenção mais simples que a de um motor convencional. Há também uma redução de 54% nos demais custos operacionais (SAFE, 2021).

Com essas reduções nos custos operacionais, a Safe (2021) estimou o valor da hora de voo com o Velis Electro em R\$ 345,00. Com esse novo valor, o curso prático de piloto privado diminuiria em 35%, passando a R\$ 15.525,00. Onde o curso de piloto privado com aeronaves convencionais é R\$ 25.200,00. Tal redução nos valores das horas de voo entrega melhor benefício tanto para os alunos de pilotagem, quanto para as escolas de aviação, pois estimula o aumento da quantidade de alunos, visto que muitos desistem quando é preciso iniciar as horas. Desta forma, o lucro para as escolas de aviação seria maior, complementa a Safe (2021). Em função disso, de acordo com a Pipistrel (2022), algumas escolas no mundo estão adotando o Velis Electro para instrução.

Entretanto, a fabricante não divulgou os países (à exceção da Austrália) que a adotam, mas apenas os continentes. A Tabela 2 a seguir demonstra a quantidade de escolas que utiliza o Velis Electro para instrução, distribuídas por regiões:

Tabela 2 – Distribuição por regiões de escolas que adotam o Velis Electro como aeronave de instrução

África	Ásia	Austrália e Oceania	Europa	América do Sul	América do Norte
1	5	5	69	5	13

Fonte: adaptada de Pipistrel (2022).

Observa-se pela Tabela 2 que a Europa se destaca nos números, com 69 escolas homologadas utilizando as aeronaves elétricas, seguida da América do Norte, com um total de 13 escolas; Ásia, Austrália/Oceania e América do Sul, com cinco escolas cada; e, finalmente, a África, continente com apenas uma escola.

2.3 Panorama sobre as vantagens e desvantagens de se utilizar aeronave elétrica na instrução de voo brasileira

O curso de piloto privado prático de um aluno de pilotagem consiste em aproximadamente 40 horas de instrução e voo solo ou 35 horas de instrução e voo solo se forem efetuadas, em sua totalidade, durante a realização completa, ininterrupta e com aproveitamento de um curso de piloto privado de avião aprovado pela ANAC (2020b).

As horas totais do curso de piloto privado devem incluir: 20 horas de duplo comando, 10 horas de voo solo diurno, entre elas 5 horas de navegação, 1 hora de navegação de, no mínimo, 150 milhas náuticas, que equivalem a 270 quilômetros, tendo ao menos duas aterrisagens completas em aeródromos distintos e três horas de voo noturno, e que incluam 10 decolagens e 10 aterrisagens completas, devendo, ainda, contemplar um voo no circuito de tráfego do aeródromo (ANAC, 2020b).

Nesta linha, as aeronaves precisam ser capazes de ter autonomia para essas horas de voo. A autonomia de uma aeronave é a distância que ela consegue percorrer, sem necessitar de reabastecimento, já consideradas as condições meteorológicas (ANAC, 2022e).

Neste sentido, a aeronave Cessna 152 pode ser homologada para voos visuais diurnos e noturnos e para voos por instrumento, caso possua os equipamentos necessários. Além disso, possui uma autonomia média de 3 horas e 45 minutos, contando com a reserva, que varia conforme altitude, temperatura, condições meteorológicas e mistura utilizada voo. Com isso, o Cessna 152 consegue voar pelo menos três horas ininterruptas sem precisar do reabastecimento, que demanda aproximadamente 15 minutos para ser feito (DH AVIAÇÃO, 2022).

Por outro lado, o Velis Electro tem uma velocidade média de cruzeiro de 90 nós, possibilitando à aeronave uma autonomia de um pouco mais de 50 minutos, contando com a reserva, considerando que pode haver alterações a depender das condições meteorológicas. Outra restrição é que a aeronave pode voar 75 milhas náuticas até precisar de uma nova recarga, sendo, portanto, recomendada para voos locais (PIPISTREL, 2022).

O tempo de recarga das duas baterias do Velis Electro varia de 1 hora e 20 minutos até pouco mais que duas horas, dependendo da quantidade que se quer chegar, sendo que de 35% a 95% de recarga leva em torno de 1 hora e 20 minutos, e de 30% até totalmente carregada (100%), dependendo da temperatura ambiente e das idades da bateria, pode levar a mais de duas horas de espera para carga. Entre os desafios da fabricante, está a busca por melhoria técnica para reduzir os tempos de carregamento das baterias (PIPISTREL, 2022).

A Pipistrel em parceria com a *Green Motion* desenvolveram um carregador chamado *Skycharge*, primeiro carregador de avião elétrico independente OEM⁹ do mundo a ser aprovado pela EASA. Tal aprovação é um marco importante na busca de uma aviação ambientalmente sustentável. O *Skycharge* foi desenvolvido com uma tecnologia de carregamento contínuo (DC) feita pela Eaton, o qual propicia eficiência de carregamento (superior a 96%), área de cobertura e infraestrutura de carregamento para aviões elétricos (PIPISTREL, 2022).

O carregador foi desenvolvido em duas versões: um modelo fixo com um suporte e outro modelo que contém rodas para melhor mobilidade. A versão móvel do carregador alimenta as aeronaves elétricas por meio do plugue do carregador GB/T e carros com o plugue CCS ou CHAdeMO, sem custos adicionais, pois o carregador pode ser facilmente conectado a uma tomada CCE existente (PIPISTREL, 2022).

Sobre as manutenções e, tomando como referência o Velis Electro, a Pipistrel (2022) afirma que a aeronave é simples de manter. Seu trem de pouso, comparado às aeronaves convencionais, tem um número reduzido de peças móveis, e o tempo entre revisões ou substituições do motor é muito maior. Além disso, as baterias são mais fáceis de serem substituídas do que os motores convencionais, todavia, a fabricante estabelece requisitos para mecânicos licenciados, que incluem cursos de treinamento específicos para o Velis electro.

⁹ *Original Equipment Manufacturer*. Abreviação usada para identificar uma empresa cujos produtos são usados como componentes nos produtos de outra empresa, que depois vende o item acabado aos usuários (MORETTO, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa analisou a viabilidade do uso de aeronave com propulsão elétrica para a instrução de voo no Brasil, tendo em vista que as aeronaves utilizadas atualmente possuem alto custo operacional para as escolas. Abordou, ainda, o processo de certificação de tais aeronaves no Brasil e no mundo. Analisou também o contexto atual do Brasil e as tendências por parte das escolas de aviação para adoção de aeronaves com motores elétricos.

Destarte, o estudo apresentou o único modelo de aeronave com propulsão elétrica certificado pela EASA para instrução no mundo, o Velis Electro da Pipistrel. Com a pesquisa, observou-se que entre os desafios para adoção de uma aeronave elétrica como o Velis Electro na instrução de voo no Brasil estão o preço, se comparado ao Cessna 150, por exemplo; a autonomia das baterias, que não permitiriam uma navegação de cinco horas previstas para a licença de piloto privado, sendo, portanto, a aeronave indicada apenas para voos locais; e a especificidade de treinamento do pessoal de manutenção.

Por outro lado, há as vantagens de manutenção mais simples, custo operacional reduzido – cerca 90% a menos com o gasto com combustível e 52% com manutenção (o que pode diminuir o valor total do curso de piloto privado na ordem de 35%) – e um motor menos poluente e ruidoso. Porém, tais vantagens podem não ser suficientes para incentivar a substituição das aeronaves mais utilizadas no Brasil pelo Velis Electro ou outro similar.

Diante desse cenário, foi possível constatar que, para o mercado atual brasileiro, torna-se inviável, pelo menos a curto prazo, a substituição de algumas aeronaves com motor a combustão por modelos como o Velis, tendo em vista o alto investimento, a limitação quanto à duração da carga da bateria e conseqüente redução da autonomia, ainda que o modelo apresente vantagens quanto aos custos operacionais.

Desse modo, o estudo mostra que a viabilidade do uso de aeronaves elétricas na instrução brasileira não se confirma por ora e que o seu emprego futuro é ainda incerto. Pelo apresentado, a inserção de aeronave a propulsão elétrica irá depender, sobretudo, do custo-benefício que represente uma redução significativa que compense o alto custo da aeronave e suas limitações, inclusive com a possibilidade de ser utilizada somente para voos locais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Orientação para certificação de tipo**. Brasília: ANAC, 2019a. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aeronaves/certificacao-e-fabricacao/certificacao-de-produtos-aeronauticos/Cartilha_Certificao_Projeto_Tipo_v2.pdf. Acesso em: 6 abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Importação de aeronave nova**. 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aeronaves/importacao-de-aeronave-nova>. Acesso em: 17 abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC nº 141, Emenda nº 01**: certificação e requisitos operacionais: Centros de instrução de aviação civil. Brasília: ANAC, 2020a. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-141/@@display-file/arquivo_norma/RBAC141EMD01.pdf. Acesso em: 12 mar. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC nº 61, Emenda nº 13**: licenças, habilitações e certificados para pilotos. Brasília: ANAC, 2020b. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-61/@@display-file/arquivo_norma/RBAC61EMD13.pdf. Acesso em: 5 maio 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Base de dados de aeronaves**. Brasília: ANAC, 2020c. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/sistemas/rab/relatorios-estatisticos>. Acesso em: 9 maio 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Competências**. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/competencias>. Acesso em: 6 abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC nº 21, Emenda nº 08**: certificação de produto e artigo aeronáutico. Brasília: ANAC, 2021b. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-21/@@display-file/arquivo_norma/RBAC21EMD08.pdf. Acesso em: 12 mar. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Instrução Suplementar - IS**. 2021c. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-21-001/@@display-file/arquivo_norma/IS%2021-001A%20-%20Retificado.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Consulta ao Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB)**. 2022a. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/aeronaves/consulta-rab-1-iframe-resposta-6.asp?textMarca=ATR&selectHabilitacao=&selectIcao=&selectModelo=&selectFabricante=&textNumeroSerie=>. Acesso em: 11 mar. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Anacpédia**: instrução de voo. 2022b. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_por/tr3047.htm. Acesso em: 11 mar. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Centro de Instrução de Aviação Civil – CIAC**. 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/organizacoes-de-instrucao/formacao-e-qualificacao-de-pessoas>. Acesso em: 11 mar. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Quantidade de aeronautas ativos com pelo menos uma habilitação válida**. 2022d. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMTdhOTQwMDgtY2EwOS00NWJkLWE1YzktNjRkMjIhNDJkY2M4IiwidCI6ImI1NzQ4ZjZlLWI0YTQtNGIyYi1hYjJhLWVmOTUyMjM2ODM2NiIsImMiOjR9>. Acesso em: 3 mar. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Anacpédia**: autonomia. 2022e. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_esp/tr2555.htm#:~:text=Dist%C3%A2ncia%20que%20uma%20aeronave%20pode,em%20determinadas%20condi%C3%A7%C3%B5es%2C%20sem%20reabastecimento. Acesso em: 20 abr. 2022.

AEROCLUBE DE GOIÁS. **Valores de curso**. 2022. Disponível em: <http://www.aeroclubedegoias.com.br/site/valores/>. Acesso em: 7 abr. 2022.

BOEING. **Certificação da FAA**: um profundo compromisso com a segurança. 2013. Disponível em: https://www.boeing.com.br/resources/po_BR/Home/Certificacao-da-FAA-Um-Profundo-Compromisso-com-a-Seguranca.pdf. Acesso em: 20 mar. 2022.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Manual do instrutor de voo**. Brasília: CENIPA, 2016. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/images/Anexos/MIV-rev-2016.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2022.

CESSNA. **Desenvolvido para treinamento**: construído para a aventura. 2022. Disponível em: https://cessna-txtav-com.translate.google/en/piston/cessna-skyhawk?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc. Acesso em: 24 mar. 2022.

DH AVIAÇÃO. **Cessna 150/152**. 2022. Disponível em: <https://www.voedh.com.br/aeronaves/cessna-150-152>. Acesso em: 22 abr. 2022.

DINIZ, R. **Acontece a primeira certificação no mundo de uma aeronave totalmente elétrica**. AEROIN, 2020. Disponível em: <https://www.aeroin.net/easa-anuncia-primeira-certificacaomundo-aviao-totalmente-eletrico/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). **Por que é segura a aviação?** 2003. Disponível em: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA_General%20Information%20Brochure_PT.pdf. Acesso em: 6 maio 2022.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Certificação**. 2022. Disponível em: https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/certification/#:~:text=Certification%20is%20how%20the%20FAA,FAA%20requirements%20have%20been%20met. Acesso em: 6 maio 2022.

FERREIRA, C. **Em iniciativa pioneira no Brasil, escola de aviação quer treinar pilotos em aviões elétricos**, 2021. Disponível em: <https://aeroin.net/em-iniciativa-pioneira-no-brasil-escola-de-aviacao-quer-treinar-pilotos-em-avioes-eletricos/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

MENEZES, P. **Embraer formaliza processo para certificação de aeronaves elétricas junto à Anac**, 2022a. Disponível em: <https://www.mercadoodos.com.br/noticias/aviacao/embraer-formaliza-processo-para-certificacao-de-aeronaves-eletricas-junto-a-anac/>. Acesso em: 14 abr. 2022.

MORETTO, Yolanda. **Como funcionam os Produtos OEM e quais suas vantagens?** 2019. Disponível em: <https://www.promobit.com.br/blog/como-funcionam-os-produtos-oem-e-quais-suas-vantagens/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em 15 abr. 2022.

NOBREGA, E, M. **O começo de tudo, aeronaves de instrução: Aeroboero**, 2013. Disponível em: <http://canalpiloto.com.br/o-comeco-de-tudo-aeronaves-de-instrucao-aeroboero/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

PIPISTREL GROUP. **Velis electro F. A. Q**, 2020. Disponível em: <https://www.pipistrel-aircraft.com/aircraft/electric-flight/velis-electro-easa-tc/#tab-id-3>. Acesso em: 5 mar. 2022.

PIPISTREL GROUP. **Skycharge**, 2022. Disponível em: <https://www.pipistrel-aircraft.com/skycharge-by-green-motion-and-pipistrel-to-be-certified-by-the-easa/>. Acesso em: 21 abr. 2022.

SAFE ESCOLA DE AVIAÇÃO. **Safe Event Day**. [vídeo]. 2021a. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xnawceUWYko>. Acesso em: 7 abr. 2022.

SIERRA BRAVO. **A aeronave mais utilizada na formação e no treinamento de pilotos**, 2022. Disponível em: <https://www.sierrabravo.com.br/aeronave/cessna-152-vtu/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

VILHOLES, T. **Com mais de 80 anos, avião Paulistinha ainda é referência na formação de pilotos**. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/com-mais-de-80-anos-paulistinha-e-ate-hoje-referencia-na-formacao-de-pilotos/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

VILHOLES, T. **O que falta para os aviões comerciais elétricos decolarem, segundo especialistas**, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/o-que-falta-para-avioes-comerciais-eletricos-decolarem-segundo-especialistas/>. Acesso em: 7 mar. 2022.