

**A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA AVIAÇÃO NA PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL:
UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CAUDRON G3 E O SPAD S.XIII¹**

***THE TECHNOLOGICAL EVOLUTION OF AVIATION IN THE FIRST WORLD WAR: A
COMPARATIVE STUDY BETWEEN THE CAUDRON G3 AND THE SPAD S.XIII***

Emmanuel Boaventura de Morais Santos²

Claudio Passos Calaza³

RESUMO

O presente trabalho tem como tema a história da aviação na Primeira Guerra Mundial, com recorte de abordagem incidindo sobre a evolução tecnológica no período, em especial no que diz respeito aos avanços da construção aeronáutica advindos aos anos do conflito. O referencial teórico foi respaldado pelo conceito de inovação induzida pelo conflito. A pesquisa realizou uma comparação técnica entre dois aviões franceses empregados em momentos distintos do conflito e pretendeu verificar o salto tecnológico induzido pelas demandas do conflito. As aeronaves selecionadas para a pesquisa foram o Caudron G3 e o SPAD S.XIII. No campo metodológico, aplicou-se uma revisão bibliográfica exploratória e comparativa sob as vias de uma pesquisa qualitativa. Ao comparar as aeronaves, a pesquisa revelou que as necessidades impostas pelo conflito aceleraram a evolução das tecnologias aeronáuticas, integrando materiais inovadores e melhorando consideravelmente as capacidades técnicas dos aviões, reforçando o conceito proposto pelo referencial teórico.

Palavras-chave: Aviação Militar; Primeira Guerra Mundial; Evolução Tecnológica; Caudron G3; SPAD S.XIII.

¹Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

²Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024).

³Coronel Dentista da Reserva da Aeronáutica, graduado em Odontologia pela F. O. de Valença RJ (1981-1984), e especialista em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial pela UNICAMP (1988-1989). Possui mestrado em Ciências Aeronáuticas pela Universidade da Força Aérea (UNIFA) com concentração na área de História Militar (2007-2008). Possui ainda especialização em História Militar pela UNISUL (2010-2011). E-mail: calazacp@gmail.com.

ABSTRACT

The present work's theme is the history of aviation in the First World War, with an approach focusing on technological evolution during the period, especially with regard to advances in aeronautical construction after the years of conflict. The research carried out a technical comparison between two French aircraft used at different times of the conflict and intended to seek answers regarding the technological leap induced by the conflict. The aircraft selected for the research were the Caudron G3 and the SPAD S.XIII. In the methodological field, an exploratory and comparative bibliographic review was applied through qualitative research. When examining their technical characteristics and combat performance, the concept of innovation caused by conflict is applied. The research demonstrated that the First World War was a specific novelty for technological advancement in aeronautical construction, corroborating the concept proposed in the theoretical framework.

Keywords: Military Aviation; First World War; Technological evolution; Caudron G3; SPAD S.XIII.

INTRODUÇÃO

No início do século XX, a humanidade estava imersa em uma era de transformações sem precedentes impulsionadas pela Segunda Revolução Industrial. Nesse cenário de conquistas tecnológicas aceleradas, a Primeira Guerra Mundial (1914-1918) irrompeu, marcando não apenas o início de um dos conflitos mais devastadores da história da humanidade, mas também um momento crucial para a evolução das tecnologias militares. Novas armas e equipamentos, que antes eram apenas experimentais, passaram, repentinamente, a desempenhar papéis importantes nos campos de batalha, transformando a guerra em um confronto em uma escala e intensidade nunca antes vistas. Nesse contexto de inovação e destruição, a Segunda Revolução Industrial moldou não apenas o curso da guerra, mas também o futuro do poder aéreo (Winter, 2007).

Em especial, a Primeira Guerra Mundial assinalou o início de uma era revolucionária para a aviação. Na época, o avião era uma invenção recente, e seu desenvolvimento se arrastava, motivado apenas pelo fascínio do voo e pelo espírito de aventura. A prática do voo nos primeiros aeroplanos tinha conotação meramente esportiva. Os primeiros aviões eram bastante rudimentares, lentos e frágeis. A estrutura era de madeira, telado de tecido e finos cabos de aço. Os motores tinham baixa potência e eram pouco confiáveis, resultando em aeronaves limitadas, com baixo peso de decolagem, teto de operação, velocidade e alcance. Tudo isso contribuiu para que muitos generais da época fossem céticos quanto ao potencial do avião como equipamento militar (Canby, 1965).

A eclosão da guerra mudou tudo ao oferecer um cenário inédito para testar e desenvolver aeronaves em um contexto bélico em larga escala. Inicialmente, o avião foi visto mais como uma

ferramenta de reconhecimento do que de combate, mas, rapidamente evoluiu para desempenhar papéis fundamentais nas diversas frentes, como combate aéreo e bombardeio, moldando assim o futuro da aviação militar. Conforme assinalou Crouch (2008), a evolução do avião, de uma caixa frágil de pipa-caixão motorizada em 1914 para uma poderosa arma de guerra, foi sem dúvida alguma uma das principais mudanças produzidas por essa grande catástrofe do século.

O presente trabalho tem como tema a história da aviação na Primeira Guerra Mundial, com recorte de abordagem incidindo sobre a evolução tecnológica no período, em especial no que diz respeito aos avanços da construção aeronáutica advindos aos anos do conflito.

Muitos são os historiadores que argumentam que a Primeira Guerra oportunizou para a nascente aviação, em um curto espaço de tempo, um extraordinário salto operacional e, conseqüentemente, tecnológico. Um desses autores é Richard P. Hallion (2003) que argumenta que o conflito mundial foi um catalisador crucial para o desenvolvimento da aviação, impulsionando inovações tecnológicas e estratégicas que transformaram a aviação de uma mera novidade em uma arma poderosa. Diante disso, pretende-se buscar respostas para a seguinte indagação: como a evolução tecnológica da aviação na Primeira Guerra Mundial pode ser percebida mediante um estudo comparativo entre duas aeronaves representativas do início e do final do conflito?

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar o avanço tecnológico da construção aeronáutica resultante da Primeira Guerra Mundial mediante um estudo comparativo entre duas aeronaves francesas consideradas icônicas em distintos momentos da guerra: o Caudron G3 e o SPAD S. XIII. Para tal, elegemos como objetivo específico descortinar a evolução doutrinária e operacional da aviação ocorrida no conflito. Em seguida, buscando dados para a confrontação proposta no objetivo central, foi realizado um levantamento detalhado das especificações técnicas dessas aeronaves, apresentando as particularidades de projeto, desenvolvimento, construção e emprego operacional.

O referencial teórico desta pesquisa se ampara no conceito de “inovação induzida pelo conflito”, defendido por Stephen Peter Rosen, que em sua obra intitulada *Winning the Next War: Innovation and the Modern Military* (1991) examinou a relação entre inovação militar e sucesso em conflitos armados. O conceito da inovação induzida pelo conflito sugere que os períodos de guerra tendem a acelerar significativamente o desenvolvimento tecnológico, à medida que as necessidades militares criam demandas urgentes por novos recursos e soluções. O salto tecnológico provocado pelo conflito pode ocorrer em diversas áreas como na tecnologia, na doutrina, na logística e na organização militar, inclusive beneficiando atividades civis em tempos de paz. Sobre o mesmo

conceito recorreremos ainda a obra de James Tobin intitulada *To Conquer the Air: The Wright Brothers and the Great Race for Flight* (2003). Embora o foco principal deste livro seja a história dos irmãos Wright e seu papel no desenvolvimento da aviação, a obra também aborda o contexto mais amplo da Primeira Guerra Mundial e como o conflito impulsionou a inovação e o desenvolvimento tecnológico na aviação.

Este estudo se justifica face o conceito da inovação induzida pelo conflito ser fundamental para o profissional das armas, pois evidencia a necessidade de adaptação e constante evolução das estratégias, táticas e equipamentos militares em resposta às demandas e desafios dos modernos conflitos armados. Durante períodos de guerra, as forças armadas são confrontadas com situações complexas e mutáveis que habilitam soluções criativas e eficazes para garantir o sucesso militar e a sobrevivência das tropas. Para o profissional da guerra, entender e incorporar o conceito de que o avanço tecnológico é acelerado pelos conflitos significa estar preparado para se adaptar rapidamente às mudanças no campo de batalha, aproveitando novas tecnologias para obter vantagem sobre o inimigo. Isso requer uma mentalidade de abertura à mudança, capacidade de aprender com a experiência dos outros e disposição para abandonar práticas antigas que se tornaram obsoletas ou ineficazes. Em análise, a inovação induzida pelo conflito é um conceito essencial para o militar da Força Aérea, pois trata-se de um ramo militar que se caracteriza pelo alto grau de dependência tecnológica e inovação.

Podemos ainda embasar a relevância deste estudo para o piloto militar em formação visto que conhecer a história da aviação e a evolução da construção aeronáutica em um conflito armado permite entender o contexto em que as estratégias, táticas aéreas foram desenvolvidas e como a tecnologia pôde atender novas demandas. Isso contribui para que os aviadores compreendam melhor as decisões tomadas por seus predecessores e apliquem esse saber ao seu contexto operacional. Analisar o diferencial tecnológico entre diferentes aeronaves, mesmo que históricas, permite com que o oficial aviador tome decisões fundamentadas sobre qual equipamento é mais adequado para determinada missão ou cenário operacional. As novas tecnologias e métodos de combate, apesar de difíceis para os oficiais tradicionais, abrem oportunidades de sucesso para aqueles que pensam criativamente. O modelo de oficial do futuro é aquele que estuda os problemas com lógica, criatividade e imaginação, obtendo soluções originais diante de novas demandas (Buckley, 1999).

Esta pesquisa se pautou predominantemente no levantamento bibliográfico qualitativo de obras e artigos científicos que tratam do emprego da aviação e das aeronaves na Primeira Guerra

Mundial. Utilizamos ainda fontes que fornecessem especificações técnicas detalhadas sobre o Caudron G3 e o SPAD S.XIII, a fim de obter dados para uma análise comparativa de características de desempenho e tecnologias embarcadas. Conforme mencionado anteriormente, a escolha dessas aeronaves é justificada por serem de fabricação francesa, sendo a França a referência mundial da época em desenvolvimento e construção aeronáutica. Ambas aeronaves representam momentos distintos do conflito. O Caudron G3, projetado em 1914, foi intensamente empregado nos momentos iniciais do conflito (Beaubois, 1972), enquanto o SPAD S.XIII, um projeto de 1917, é considerado o estado da arte como avião de caça para o final do conflito (Bruce, 1981).

Assim, para melhor compreendermos o papel representativo do Caudron G3 e do SPAD S.XIII no salto da tecnologia aeronáutica da Primeira Guerra Mundial, é essencial descortinar a conjuntura das mudanças nas doutrinas de emprego aéreo e sua relação com a tecnologia na construção aeronáutica.

1 EMPREGO AÉREO E INOVAÇÃO NA GRANDE GUERRA

Robert Gates (2014), ex-secretário de Defesa dos Estados Unidos, expôs que “a tecnologia sempre teve um papel significativo em moldar as guerras, desde o desenvolvimento da espada e do arco e flecha, até a invenção da pólvora e das armas de fogo”. A relação entre o emprego militar e o desenvolvimento tecnológico é intrínseca e historicamente sempre foi relevante. A necessidade de superar desafios militares sempre impulsionou inovações tecnológicas ao longo da história, e na Primeira Guerra Mundial não foi diferente. Segundo argumentou Hallion (2003), a guerra de 1914-1918 foi um catalisador crucial para o desenvolvimento da aviação, impulsionando inovações tecnológicas e estratégicas que transformaram a aviação de uma novidade a uma arma poderosa.

Os primeiros anos após a invenção do avião foi um período marcado pelo ceticismo por parte dos altos chefes militares no tocante à sua adoção. Logicamente, o uso do espaço aéreo era algo bastante considerado pelos militares da época, mas, muitos deles acreditavam muito mais nas possibilidades dos balões dirigíveis do que nos ainda limitados aeroplanos (Fredette, 2006).

Inicialmente não se concebia o uso vantajoso de aviões no campo de batalha, senão para as operações de reconhecimento e observação dos movimentos do inimigo. Alguns militares já haviam entrevisto a superioridade do avião em relação à cavalaria nas missões de reconhecimento, sendo que a França e a Alemanha foram pioneiras na incorporação, exemplificado pelo General Ferdinand Foch, comandante das forças aliadas na Frente Ocidental, que reconheceu cedo a importância do

reconhecimento aéreo para a coordenação das operações terrestres.. O vetor podia penetrar com segurança em um território desconhecido ou ocupado pelo inimigo e obter uma visão privilegiada, coletando ainda preciosas imagens em câmeras fotográficas. Por isso, a Arma de Cavalaria logo buscou incorporar o serviço da aviação, alegando se tratar da cavalaria aérea. No mesmo sentido, a Arma de Artilharia também buscou adotar o serviço aéreo a seu proveito. O avião se mostrava extremamente útil na regulagem dos tiros de longa distância. As fotografias aéreas serviam para medir distâncias e calcular o posicionamento das baterias. Após os bombardeios, os aviões sobrevoavam o terreno e traziam informações destinadas à correção dos tiros. Essas missões estimularam o surgimento da Aerofotogrametria mediante a adaptação de câmeras e o desenvolvimento de novos instrumentos ópticos (Hill, 2001).

O avião também podia ser utilizado com vantagem para ações psicológicas para abater o moral do inimigo. Quanto ao emprego para missões de bombardeio tático, embora se mostrasse promissora, devido aos limites de peso de decolagem dos primeiros aviões, pouco efeitos podiam ser atingidos, produzindo apenas pânico às tropas terrestres mediante o lançamento de granadas manuais.

No início da segunda década do século XX, estava muito presente a eclosão de uma guerra na Europa. As potências vivenciavam uma corrida armamentista desenfreada chamada de “Paz Armada”. Ao se prepararem para o conflito, muitos generais já previam que o confronto resultaria em uma guerra de posições. Devido a tal previsibilidade, a observação e o reconhecimento aéreo foram encarados como serviços prioritários para a tomada de decisões no teatro de operações. E assim, apesar do ceticismo inicial de alguns generais, as potências europeias passaram a investir em suas aviações militares. Hallion (2003) afirma que enquanto a nascente aviação era encarada como uma atividade meramente desportiva, poucos eram os investimentos para seu desenvolvimento tecnológico e que tudo mudou com o aumento das tensões beligerantes das nações europeias a partir de 1909.

Segundo Stevenson (1996), durante a Paz Armada, as potências europeias reconheceram o potencial da aviação militar e começaram a investir cada vez mais nessa área. Esses investimentos foram impulsionados pela percepção de que a aviação poderia desempenhar um papel crucial em futuros conflitos, fornecendo novas capacidades militares.

A França foi a primeira nação do mundo a constituir formalmente, em 1909, um corpo de aviação militar em seu exército. Essa nação despontava na liderança por sua forte vocação aeronáutica, ostentando sua posição histórica de berço das grandes conquistas aéreas. Pioneiros na

introdução da aviação militar, os franceses investiram seriamente no setor e possuíam uma robusta base industrial. Projetos e motores aeronáuticos franceses eram tidos como os melhores, desenvolvendo-se a mais pujante indústria de aeronáutica do mundo. Mundialmente famosas eram as marcas francesas: Blériot, Nieuport, Morane-Saulnier, Caudron, Farman, Voisin, Breguet, SPAD. Construtores franceses vendiam aviões para todo o mundo e ainda criavam suas próprias escolas de voo (Crouch, 2008).

Quando a Grande Guerra eclodiu, a França era considerada o centro mundial de aviação e maior potência aeronáutica. Por volta de 1913, 55 companhias francesas estavam ativamente envolvidas na produção de estruturas de aviões. No verão de 1914, a aviação militar francesa reunia cerca de 300 aeronaves, com 220 aviadores bem treinados envergando uniformes franceses. O aeroplano definitivo da era pré-guerra era, sem nada de surpreendente, francês. A predominância da França deixou as demais potências do resto da Europa sem outra escolha senão investir cada vez mais na tecnologia do voo e nas aviações militares. O potencial do avião permanecia incerto, mas era arriscado um provável inimigo avançar muito longe (Crouch, 2008).

A Força Aérea do Exército Imperial da Alemanha, denominada Luftstreitkräfte, foi formada em 1910 e inicialmente empregou aviões adquiridos na França na formação de seus pilotos. O Estado-Maior alemão também considerava os aeroplanos em funções de reconhecimento, comunicação e orientação de artilharia. Assim como os franceses, os alemães buscaram incentivar seus construtores de aviões, dentre esses destacavam-se a Albatros e a Rumpler Taube. As universidades alemãs de Göttingen, Aachen e Berlim assumiram a vanguarda nas pesquisas em aerodinâmica e materiais aeronáuticos. Em complemento às iniciativas universitárias, uma agência governamental, a Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, estabeleceu um laboratório aeronáutico em Aldershof. (Stevenson, 1996).

Em julho de 1914, os aviões de todos os países beligerantes eram muito semelhantes, sobretudo em suas limitações. Eram fracos, pequenos, lentos e muito instáveis. Nenhum deles estava armado, pois os estrategistas militares confiavam a ele apenas missões de reconhecimento. Porém, essa capacidade, em pouco tempo, se revelou tão útil que muitos generais requisitavam cada vez mais aviões de reconhecimento no campo de batalha. Aos poucos, as capacidades dos aviões de reconhecimento foram melhorando. O recurso da fotografia aérea foi certamente o mais importante, pois possibilitava a montagem de mapas extremamente precisos e detalhados do terreno e das posições inimigas (Hill, 2001).

O reconhecimento aéreo se mostrou relevante já nos movimentos iniciais do conflito. Em agosto de 1914, na Frente Oriental, os alemães souberam aproveitar os serviços do reconhecimento aéreo para uma vantagem tática. Aviadores alemães detectaram o avanço do Exército russo (Canby, 1965). Na Frente Ocidental, o reconhecimento foi fundamental para a defesa aliada na Primeira Batalha do Marne, em setembro de 1914. Voos de observação franceses detectaram os pontos fracos e as brechas nas linhas ofensivas alemãs, permitindo aos aliados tirar proveito delas. Isto favoreceu o bem planejado contra-ataque francês, que forçou o recuo do Exército alemão que ameaçava cercar Paris. Entre os aviões empregados naquela ocasião figuravam o Farman MF.11, o Morane-Saulnier Type L, o Blériot XI e o então moderno Caudron G3 (Sumner, 2012).

Depois da batalha do Marne, a guerra de movimento teve seu fim e as trincheiras foram estabelecidas. A guerra de trincheiras fortaleceu a percepção de que os aviões eram cada vez mais indispensáveis. Os voos de observação se intensificaram como único modo de infiltração além das linhas inimigas e conhecer o posicionamento das tropas. Conservar-se em boa altitude em céus inimigos, a cerca de 1.500 metros, já era uma garantia contra quaisquer disparos vindos do solo. Ainda não haviam sido inventadas armas antiaéreas eficazes.

Tudo começou a mudar quando os pilotos franceses passaram a usar armas portáteis para atingir os aviões inimigos em voo. O objetivo era negar-lhes o espaço aéreo para as missões de reconhecimento e observação da linha de frente. Em pouco tempo, pilotos e tripulantes começaram a atirar uns nos outros. Inicialmente, levavam suas pistolas, depois carabinas, e, por fim, verificou-se que as metralhadoras eram as mais eficazes. Em pouco tempo os céus viraram um novo campo de batalha (Chambe, 1961). O conceito da aviação de caça, de dar combate aos aviões de reconhecimento inimigos em voo, surgiu na Primeira Guerra Mundial e foi uma modalidade de emprego originalmente idealizada pelos franceses.

Os combates aéreos trouxeram um novo desafio. A metralhadora era o armamento ideal, mas sua montagem em uma aeronave da época se mostrava um projeto desafiador. Durante meses, aviadores franceses e alemães se envolveram em projetos, nem sempre bem sucedidos, de adaptar armas nos aviões de reconhecimento. No dia 5 de outubro de 1914, ocorreu o primeiro combate aéreo bem sucedido. O piloto francês Joseph Frantz juntamente com seu observador Louis Quénault, a bordo de Voisin III encontraram um Aviatik BII alemão nas proximidades de Reims, norte da França. Os franceses se lançaram ao combate disparando freneticamente sua metralhadora em voo picado contra o inimigo. Em poucos minutos de perseguição e trocas de tiros, o avião alemão, bastante atingido, mergulhou em direção ao solo e se incendiou (Kennett, 1999).

Os aviadores logo perceberam que os aviões com hélice no nariz eram superiores no combate aéreo, por serem mais rápidos e manobráveis. Constataram também que o lugar ideal para a metralhadora deveria ser na frente do avião e operada pelo piloto. O advento da aviação de caça estimulou diversas inovações na construção aeronáutica da França, da Alemanha e da Grã-Bretanha. O aviador francês Roland Garros idealizou um sistema de cunhas de aço defletoras instaladas na linha de tiro das pás. Assim, os projéteis que atingissem a hélice eram instantaneamente desviados. Garros, com isso, confirmou a eficácia da configuração ideal para um avião de caça – monoposto, com dianteira hélice tratora e equipado com uma metralhadora frontal operada pelo próprio piloto. Embora o mecanismo fosse temerário, demonstrou-se eficaz com o piloto francês dominando os ares e atirando pelo raio da hélice, algo que impressionou os alemães (Morrow, 2009).

A solução definitiva viria com o engenheiro holandês Anton Fokker que, em 1915, que revolucionou a guerra aérea com seu mecanismo que interrompia o tiro da metralhadora no momento em que a pá da hélice estivesse na linha de tiro. Por ser o primeiro avião dotado de metralhadora fixa com mecanismo que permitia atirar através da hélice e por seu desempenho em combate aéreo, o monoplano Fokker Eindecker I, de 1915, estabeleceu-se como primeiro avião de caça genuíno na história. O Fokker E I, por seus avanços no armamento, predominou a guerra aérea por meses, estabelecendo o que ficou conhecido como “Flagelo Fokker”(Kennett 1999).

Conforme assinalou Crouch (2008), em 1914, a engenharia séria era rara na indústria aeronáutica. “Era uma aposta constante”, observou o projetista inglês Thomas O. M. Sopwith com relação aos anos pré-guerra, quando a análise estrutural tinha sido baseada sobretudo em julgamento empírico e não em cálculos matemáticos. O autor ainda acrescentou:

Os primeiros aviões de guerra eram suficientemente resistentes para voar quando não eram exigidos para desempenhar manobras agressivas ou evasivas. As tensões aerodinâmicas do combate, porém, revelavam um grande número de problemas estruturais. Máquinas de perseguição da primeira geração como o Nieuport II Bobé tinham a tendência fatal de soltar o entelamento da asa (Crouch, 2008).

A despeito de todos esses problemas reais, a engenharia aeronáutica começou a amadurecer durante a Primeira Guerra Mundial. O advento da aviação de caça teve um impacto relevante na tecnologia e na construção aeronáutica durante a Primeira Guerra Mundial com o desenvolvimento de aviões de combate cada vez mais poderosos. Aviões de caça, além do armamento, precisavam ser mais potentes e manobráveis. A necessidade de aeronaves de combate capazes de realizar manobras de combate levou ao desenvolvimento de caças especializados, como o Albatroz D III e o SPAD S.VII. Esses aviões eram mais ágeis e tinham melhor desempenho em altitudes mais elevadas, o que

os tornava eficazes contra outras aeronaves. Os combates aéreos exigiam aviões com alta manobrabilidade e razão de subida. A necessidade de melhorar o desempenho das aeronaves de caça induziu progresso na aerodinâmica. Asas mais finas e perfis aerodinâmicos mais eficientes foram desenvolvidos para melhorar o desempenho das aeronaves (Winchester, 2006).

O uso de aeronaves de caça levou ao desenvolvimento de armamento aéreo mais avançado. Inicialmente, os pilotos usavam armas pequenas, como pistolas e espingardas, mas logo foram desenvolvidas metralhadoras sincronizadas que disparavam através do arco da hélice. O desempenho desses aviões era diretamente influenciado pela potência de seus motores. Durante a guerra, os motores aeronáuticos evoluíram de forma considerável, com o desenvolvimento de máquinas mais potentes e confiáveis. A necessidade de aeronaves mais leves e resistentes também levou ao uso de novos materiais e métodos de construção. O uso de estruturas de madeira e tecido foi substituído por estruturas de metal mais duráveis e leves (Winchester, 2006).

Após abordarmos a evolução da guerra aérea e o impacto geral na tecnologia aeronáutica durante o início da Grande Guerra, examinaremos a seguir o Caudron G3, uma aeronave de reconhecimento empregada nos primórdios do conflito, a fim de podermos avaliar com maior precisão o salto produzido na construção aeronáutica.

2 O CAUDRON G3

O Caudron G3 foi uma aeronave desenvolvida pelos irmãos franceses Gaston e René Caudron, como uma evolução do seu antecessor, o Caudron G2. O avião realizou seu primeiro voo em maio de 1914, no aeródromo de Le Crotoy. Inicialmente desenvolvido para uso civil, foi amplamente utilizado como aeronave de treinamento no período pré-guerra (Beaubois, 1972).

Era uma aeronave biplana de estrutura simples, construída principalmente com estruturas de madeira, revestidas com tecido de lona para fornecer aerodinâmica e cobertura. As asas, fuselagem e superfícies de controle, como lemes e profundores, eram feitas de uma estrutura de madeira leve. Essa estrutura era coberta com tecido de lona, tratado com produtos químicos para aumentar sua durabilidade e resistência às condições climáticas (Kennett, 1999).



Figura 1 Caudron G3 com as cores da Aeronáutica Militar Francesa

Fonte: Jules Gervais-Courtellemont. Disponível em:

<http://www.sueddeutsche.de/wissen/fotografie-im-ersten-weltkrieg-weltenbrand-in-farbe-1.1583330>

Assim como muitos outros aviões da época, era equipado com uma variedade de motores, dependendo da disponibilidade e das especificações de cada aeronave. No entanto, a configuração de motor mais comum encontrada no Caudron G3 era o motor rotativo Le Rhône 9C de nove cilindros. Este motor, fabricado pela empresa francesa Le Rhône, era conhecido por sua confiabilidade e desempenho sólido, mas também apresentava alguns desafios de manuseio e manutenção (Beaubois, 1972).

O Le Rhône 9C era um motor refrigerado a ar, movido a gasolina e capaz de produzir cerca de 80 hp. Apesar de sua potência relativamente modesta, o motor Le Rhône 9C era adequado para as necessidades do Caudron G3, proporcionando-lhe uma velocidade razoável e uma boa capacidade de subida (Beaubois, 1972).

Em termos de design, o Caudron G3 era caracterizado por sua configuração de asa alta e estrutura de madeira coberta por tecido. Esta configuração de asa alta proporcionava estabilidade durante o voo e permitia uma boa visibilidade para as missões de reconhecimento. No geral, o design do Caudron G3 era típico dos aviões da época, priorizando a simplicidade, leveza e funcionalidade.

O avião apresentava uma fuselagem relativamente longa, com uma cabine aberta para o piloto e um assento adicional para o observador ou equipamentos de reconhecimento. A cabine aberta era típica da época e permitia uma comunicação mais fácil entre os tripulantes, além de facilitar o acesso aos controles da aeronave.

Essas características fizeram com que, durante o conflito, a aeronave fosse amplamente utilizada nas funções de reconhecimento e observação, sendo usada para coletar informações sobre as posições inimigas, movimentos das tropas e condições do terreno (Winchester, 2006).

Durante a Batalha do Marne, ocorrida em setembro de 1914, as forças francesas e britânicas enfrentaram as forças alemãs em um conflito que se estendeu por vários dias. O Caudron G3 foi uma das principais aeronaves utilizadas em missões de reconhecimento durante a Batalha do Marne. Voando sobre as linhas inimigas, os pilotos e observadores de Caudron G3 coletavam informações vitais sobre as posições e movimentos das tropas alemãs, fornecendo inteligência valiosa para os comandantes aliados. Essas informações permitiram que os Aliados organizassem suas defesas e planejassem contra-ataques eficazes contra as forças alemãs (Sumner, 2012).

O Caudron G3, por ser uma aeronave de reconhecimento e observação, tinha um alcance operacional que variava dependendo de vários fatores, como carga, velocidade, altitude de voo e condições climáticas e de manutenção do motor. Em condições ideais, o alcance máximo do Caudron G3 poderia chegar a aproximadamente 500 km com tanques de combustível completos (Beauboais, 1972).

No entanto, é importante notar que as missões de reconhecimento aéreo frequentemente exigiam que as aeronaves voassem em altitudes mais baixas e em velocidades mais lentas para realizar fotografias ou observações detalhadas do terreno e das posições inimigas. Isso poderia reduzir significativamente o alcance da aeronave, já que o consumo de combustível era maior nessas condições (Beauboais, 1972).

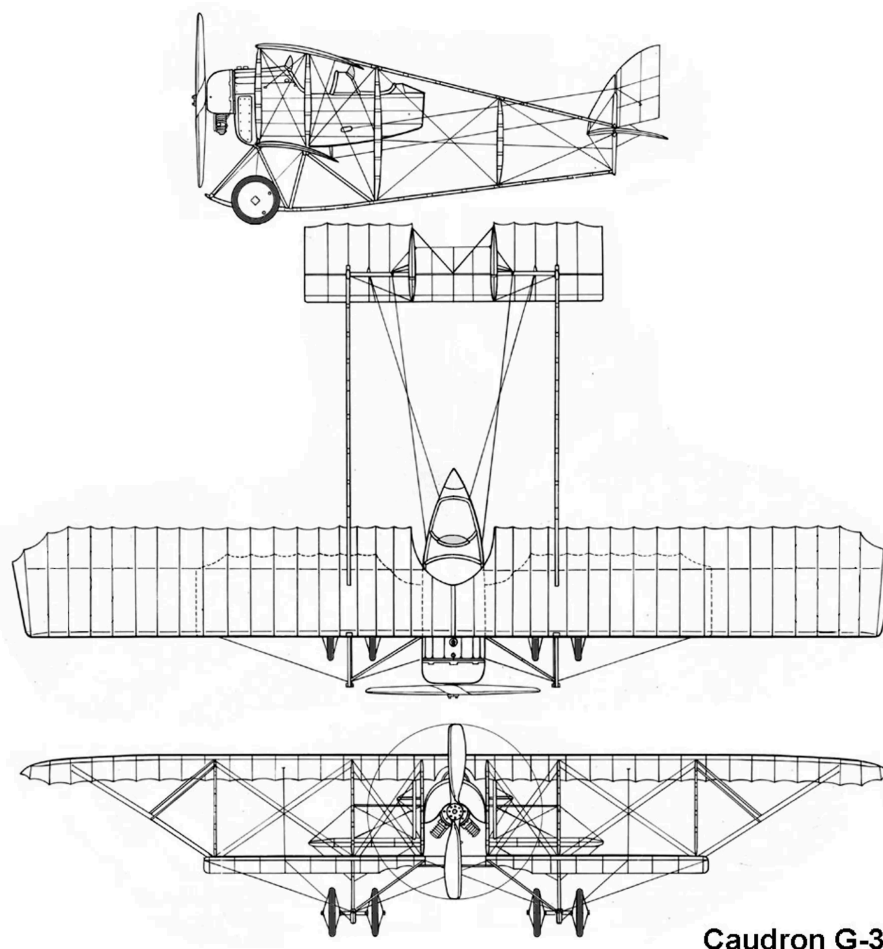


Figura 2 Planta do Caudron G3

Fonte: IPMS Nederland

Disponível em: <https://ipms.nl/walkarounds/walkaround-vliegtuigen-props/walkaround-caudron-g3>

Em termos de armamento, o Caudron G3 não foi originalmente projetado para carregar armas ofensivas, tendo como objetivo inicial o uso desportivo. Inicialmente, essas aeronaves eram equipadas apenas com câmeras fotográficas para realizar o reconhecimento aéreo. Contudo, devido às necessidades do conflito, algumas modificações foram feitas nos Caudron G3 para permitir a instalação de armamentos defensivos, os quais consistiam em metralhadoras montadas em suportes flexíveis.

Tais modificações permitiam que o artilheiro atirasse apenas em direção aos inimigos que se aproximavam por trás ou pelos lados da aeronave. Embora essas alterações tenham sido feitas para melhorar a capacidade de autodefesa dos Caudron G3, eles ainda não eram considerados aeronaves de combate no sentido tradicional (Kennett, 1999).

O fim do uso do Caudron G3 na Primeira Guerra Mundial foi em grande parte atribuído ao avanço tecnológico e à evolução das táticas de combate aéreo. Com o surgimento de aeronaves mais

avançadas e especializadas em combate, o Caudron G3 acabou por se tornar obsoleto para as demandas do conflito. Além disso, a mudança nas estratégias militares e o foco crescente em aeronaves de combate levaram à substituição gradual do Caudron G3 por modelos mais adequados para enfrentar os desafios do cenário de guerra aérea. Assim, seu uso foi diminuindo ao longo do conflito, sendo eventualmente relegado a funções secundárias ou substituído por aeronaves mais modernas e eficientes (Beauboais, 1972).

Tabela 1 Especificações técnicas do Caudron G3

Fabricante:	Réné Caudron – França
Motor:	Le Rhône 9C de pistão rotativo de 9 cilindros refrigerado a ar, com 80 hp
Designação Militar:	Reconhecimento
Comprimento:	6,40 m
Envergadura:	13,40 m
Altura:	2,70 m
Peso Vazio:	418 kg
Velocidade Máxima:	115 km/h
Alcance:	500 km
Armamento:	Nenhum

Fonte: Elaboração própria. Adaptado de: <https://museudoar.pt/pagina-001.003.002.003-caudron-g-3>

3 O SPAD S.XIII

O desenvolvimento do SPAD S.XIII reflete as necessidades de inovações tecnológicas do período da Primeira Guerra Mundial. O projeto do SPAD S.XIII teve origem na empresa francesa Société Pour L'Aviation et ses Dérivés (SPAD), fundada por Armand Deperdussin em 1912. Inicialmente, a SPAD focava na produção de aeronaves civis, mas com o eclodir da guerra, direcionou seus esforços para atender às demandas militares por aeronaves de combate (Bruce, 1976).

A necessidade de adaptar-se às demandas operacionais em constante mudança e às lições aprendidas em batalha foram as principais influências no projeto do SPAD S.XIII. Como resultado, o SPAD S.XIII foi projetado com um foco particular na velocidade, manobrabilidade e potência de fogo, características essenciais para um caça de sucesso na época (Bruce, 1969).

Uma série de avanços tecnológicos foram incorporados ao SPAD S.XIII para aumentar sua eficácia no combate. Uma das inovações mais importantes foi a adoção de um motor V8 Hispano-Suiza refrigerado à água, que proporcionava uma potência substancial e uma alta taxa de

subida, permitindo que o SPAD S.XIII competisse efetivamente com as aeronaves inimigas. Destacando-se por seu motor de 220 hp, o SPAD XIII atingia uma velocidade máxima de 215 km/h, cerca de 16 km/h mais rápido do que os novos caças alemães. Porém, essa grande potência limitava seu alcance em 273 km (Bruce, 1969).



Figura 3 SPAD S.XIII com as cores do às francês Georges Guynemer

Fonte: Russel Smith Studios.

Disponível em: <https://www.russellsmithart.com/workzoom/1899852/vieux-charles#/>

Além disso, o design aerodinâmico da aeronave foi refinado para maximizar sua velocidade e manobrabilidade, características essenciais no combate aéreo. Podia ainda, realizar mergulhos em atitudes próximas à vertical sem correr o risco de comprometer as asas (Bobrow, 2023).

Sua estrutura era principalmente de madeira e revestida com tecido de lona, seguindo os padrões de construção da época. Porém o duralumínio foi incorporado na estrutura, devido à sua leveza, resistência e durabilidade, características que permitiam a fabricação de estruturas mais leves e fortes (Bobrow, 2023).

Ainda sobre suas especificações técnicas, o SPAD XIII era biplano e possuía uma envergadura de 8,20 m, um comprimento de 6,30 m, e uma altura de 2,41 m. Seu peso bruto era de 822 quilogramas. Esses números demonstram suas dimensões e características fundamentais, destacando sua capacidade de desempenho e suas dimensões compactas, características que contribuíram para sua eficácia como caça durante a Primeira Guerra Mundial (Bruce, 1969).

Por ser um avião designado à missão de caça, o SPAD S.XIII foi armado com duas metralhadoras Vickers calibre .303, montadas acima do motor, cada uma equipada com 400 cartuchos de munição, o piloto tinha a capacidade de disparar as armas separadamente ou em conjunto. O armamento foi aprimorado para sincronizar as metralhadoras com a hélice, permitindo que o piloto disparasse diretamente à frente da aeronave sem acertar as pás (Bruce, 1976). Segundo Crouch (2008), O SPAD S.XIII foi o avião produzido em maior número durante a guerra, uma máquina vigorosa, bem projetada, que os aviadores franceses e americanos encaravam como rival à altura de qualquer caça alemão no período.

O principal rival do SPAD S.XIII durante o conflito foi o Fokker D.VII, uma aeronave de combate fabricada pela Alemanha. O Fokker D.VII foi reconhecido por sua excelente performance em combate e foi considerado um dos melhores caças da guerra, rivalizando diretamente com o SPAD S.XIII, especialmente nas mãos de pilotos habilidosos. A competição entre essas duas aeronaves contribuiu relevantemente para a evolução das táticas e estratégias de combate aéreo durante o conflito (Guttman, 2009).

Muitos dos ases da aviação pilotaram o SPAD S.XIII, entre eles Georges Guynemer. Voando nesta aeronave, Guynemer alcançou numerosas vitórias sobre os inimigos, demonstrando coragem e audácia no combate aéreo. Sua técnica de mergulhar sobre os oponentes e disparar rajadas de metralhadora mostrou-se muito eficaz. No entanto, sua carreira foi marcada por desafios e perigos, e ele desapareceu em setembro de 1917 durante um combate, sendo posteriormente declarado como morto em combate (Bordeaux, 1918).

Embora tenha sido originalmente desenvolvido na França, o SPAD S.XIII foi amplamente utilizado por outras nações, como Estados Unidos, Itália e Bélgica, demonstrando sua versatilidade e eficácia em uma variedade de contextos operacionais. Isto posto, o SPAD S.XIII emergiu como um dos caças mais proeminentes e bem-sucedidos do conflito, demonstrando sua capacidade de influenciar o curso das operações aéreas e contribuir para o sucesso das forças aliadas (Bobrow, 2023).

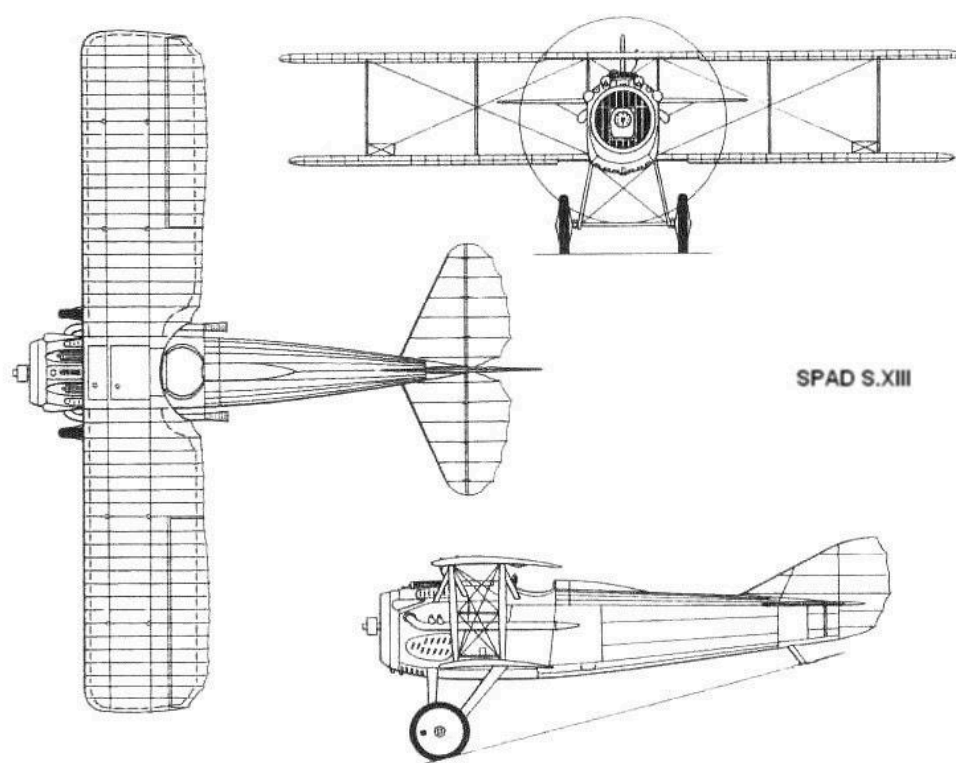


Figura 4 Planta do SPAD S.XIII

Fonte: Asas de Ferro

Disponível em: <https://asasdeferro.blogspot.com/2017/03/spad-svii-e-spad-sxiii.html>

Tabela 2 Especificações técnicas do SPAD S.XIII

Fabricante:	Société pour l'Aviation et ses Dérives (SPAD)
Motor:	V-8 Hispano-Suiza de 220 cv, refrigerado a água
Designação Militar:	Caça
Comprimento:	6,30 m
Envergadura:	8,20 m
Altura:	2,41 m
Peso Vazio:	566 kg
Velocidade Máxima:	215 km/h
Alcance:	273 km
Armamento:	Duas metralhadoras Vickers de calibre .303 mm montadas acima do motor

Fonte: Elaboração própria. Adaptado de:

<https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/197399/spad-xiii-c1/>

4 COMPARAÇÃO ENTRE O CAUDRON G3 E SPAD S.XIII

Em primeiro lugar, os dois aviões se diferenciam pela data de produção, fator esse que, devido às influências do contexto histórico de criação, afetam diretamente as características e capacidades dos aviões. O Caudron G3 foi desenvolvido em 1914 e visava o voo desportivo e, em contrapartida, o SPAD S.XIII foi desenvolvido em 1917 visando atender as exigências operacionais dos combates aéreos, buscando superioridade perante o inimigo.

Dito isso, as características estruturais dos aviões também foram afetadas, apesar de muitos aspectos serem similares. Ambas aeronaves eram biplanas e possuíam as estruturas baseadas em madeira e revestimento de lona, porém, o SPAD S.XIII possuía incorporado à sua estrutura o duralumínio, fato este que proporcionava maior resistência estrutural, adicionado à leveza do material, fatores estes muito almejados na construção de aeronaves.

Em relação aos motores, o SPAD S.XIII se mostrava muito superior em termos de potência, com seu motor V-8 Hispano-Suíza de 220 cv, que convertidos geram aproximadamente 216 hp, contra o motor “Anzani” de 100 hp, radial de 10 cilindros. Essa diferença de 116 hp reflete diretamente à diferença de 115 km/h de velocidade máxima. Porém, o Caudron G3 possuía a superioridade em termos de autonomia de voo e alcance.

Ainda em relação aos motores, o tipo de refrigeração também é uma diferença marcante. Enquanto o Caudron G3 era refrigerado a ar, um sistema mais simples e com menor peso, porém menos eficiente, o SPAD S.XIII era refrigerado a água, um sistema que era mais eficiente, principalmente em condições extremas, porém adicionava peso e era mais complexo de ser mantido.

No quesito manobrabilidade, o SPAD S.XIII destacava-se pelo design aerodinâmico, capaz de executar curvas com raios menores e manobras evasivas com maior eficiência, o que o tornava mais ágil e capaz de enfrentar as manobras evasivas dos caças inimigos durante o combate aéreo. O Caudron G3, por outro lado, apresentava muita estabilidade e tinha a capacidade de voar em velocidades mais baixas.

No que diz respeito ao armamento, os aviões também apresentavam amplas diferenças. Equipado com duas metralhadoras sincronizadas, o SPAD S.XIII permitia que o piloto disparasse diretamente à frente da aeronave sem acertar as hélices. O Caudron G3, por sua vez, não possuía armamento, sendo muitas vezes adaptada uma metralhadora operada pelo observador, servindo apenas para defesa própria.

Assim, tendo em vista as características distintas de cada avião, foram empregados para missões específicas durante a guerra. O Caudron G3 executou amplamente missões de reconhecimento e observação aérea, observadas sua estabilidade, autonomia elevada e capacidade de voar em velocidades mais baixas, permitindo que os observadores a bordo coletassem informações vitais e realizassem fotografias aéreas com maior precisão.

Já as características do SPAD S.XIII, como a velocidade superior, a manobrabilidade ágil e o poder de fogo elevado, o tornaram muito eficaz em missões de escolta e combate aéreo. Ambos os aviões desempenharam muito bem suas respectivas missões, porém, seriam pouco eficazes em desempenhar a função do outro. O Caudron C3 por sua falta de poder de fogo e o SPAD S.XIII por não possuir a estabilidade necessária para o reconhecimento. Isto demonstra a importância da escolha da aeronave certa para cada tipo de missão e ambiente operacional.

Tabela 3 Comparação das especificações técnicas do Caudron G3 e do SPAD S.XIII

Característica	Caudron G3	SPAD S.XIII
Fabricante:	Réné Caudron – França	Société pour l'Aviation et ses Dérives (SPAD)
Motor:	Anzani de 100 h.p., radial de 10 cilindros	V-8 Hispano-Suiza de 220 cv
Designação Militar:	Reconhecimento	Caça
Comprimento:	6,40 m	6,30 m
Envergadura:	13,40 m	8,20 m
Altura:	2,70 m	2,41 m
Peso Vazio:	418 kg	566 kg
Velocidade Máxima:	115 km/h	215 km/h
Alcance:	450 km	273 km
Armamento:	Nenhum	Duas metralhadoras Vickers de calibre.303 mm montadas acima do motor

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

O Caudron G3 e o SPAD S.XIII foram aeronaves importantes durante a Primeira Guerra Mundial, cada uma contribuindo de maneiras distintas para o avanço tecnológico na aviação da

época em cada fase do conflito. Ao comparar e analisar as características e contribuições de ambas as aeronaves podemos apresentar os seguintes aspectos:

a) Tecnologia:

O Caudron G3 não foi uma aeronave extremamente inovadora em termos de tecnologia. Era principalmente utilizado como aeronave de observação e treinamento. Tratava-se de uma aeronave de projeto mais antigo, com uma estrutura de madeira coberta por tecido. Seu design era simples e robusto, adequado principalmente para funções de treinamento e observação.

O SPAD S.XIII foi uma das aeronaves mais avançadas da época, apresentando tecnologias como um motor mais potente, armamento mais eficaz e uma estrutura mais resistente. O avião apresentava uma estrutura mais avançada, com uma fuselagem de madeira e metal e cobertura de tecido. Ele incorporou tecnologias mais avançadas para a época, como um motor mais potente e armamento mais eficaz.

b) Desempenho:

O Caudron G3 era um avião relativamente lento e menos manobrável, adequado principalmente para missões de treinamento e observação devido à sua estabilidade.

O SPAD S.XIII, por outro lado, era um caça rápido e ágil, capaz de superar muitos dos aviões inimigos da época. Sua velocidade e capacidade de manobra o tornaram um dos caças mais temidos da guerra.

c) Armamento:

O Caudron G3 originalmente não era uma aeronave armada, já que era usado principalmente para treinamento e observação. Quando armado, em fases mais avançadas de emprego, geralmente carregava uma metralhadora leve para defesa.

O SPAD S.XIII era armado com uma ou duas metralhadoras sincronizadas disparando através da hélice, o que lhe conferia uma grande vantagem em combate aéreo e lhe colocava em condição de ameaçar quaisquer oponentes de sua época.

d) Legado Operacional:

Apesar de não ser tecnologicamente avançado, o Caudron G3 desempenhou um papel fundamental como aeronave de treinamento durante a guerra, ajudando a formar pilotos para as demandas crescentes da aviação militar durante o conflito. O Caudron G3 teve um impacto relevante na formação de pilotos durante a guerra, contribuindo para a expansão e modernização das forças aéreas.

O SPAD S.XIII foi um dos caças mais bem-sucedidos da guerra, fornecendo superioridade aérea para as forças aliadas. Sua tecnologia avançada deixou um legado tecnológico mais duradouro, capaz de influenciar o projeto e o design de caças posteriores, enquanto o Caudron G3 teve um impacto mais limitado nesse sentido, sendo praticamente considerado um projeto ultrapassado em diversos aspectos.

Assim, após a comparação dos aviões sobre diversos aspectos, percebe-se que as lições aprendidas com o Caudron G3 e o SPAD S.XIII durante a Primeira Guerra Mundial foram fundamentais para o desenvolvimento subsequente de aeronaves e táticas aéreas militares, influenciando os designs e as tecnologias incorporadas em modelos posteriores. Ambas as aeronaves deixaram seu legado na aviação e no emprego militar aéreo.

Em resumo, o SPAD S.XIII foi uma aeronave mais avançada e estrategicamente importante durante a Primeira Guerra Mundial, contribuindo de forma considerável para o avanço tecnológico na aviação militar, enquanto o Caudron G3 teve um papel mais modesto, mas igualmente crucial, no treinamento de pilotos e reconhecimento aéreo.

CONCLUSÃO

Esta pesquisa objetivou analisar o avanço tecnológico da construção aeronáutica resultante da Primeira Guerra Mundial mediante um estudo comparativo entre duas aeronaves francesas consideradas icônicas em distintos momentos da guerra: o Caudron G3 e o SPAD S. XIII. Diante disso, buscou-se respostas para a seguinte indagação: como a evolução tecnológica da aviação na Primeira Guerra Mundial pode ser percebida mediante um estudo comparativo entre duas aeronaves representativas do início e do final do conflito?

Assim, tendo em vista as características distintas de cada avião, eles foram empregados para missões específicas durante a guerra. O Caudron G3 executou amplamente missões de reconhecimento e observação aérea, observadas sua estabilidade, autonomia elevada e capacidade de voar em velocidades mais baixas, permitindo que os observadores a bordo coletassem informações vitais e realizassem fotografias aéreas com maior precisão.

Já as características do SPAD S.XIII, como a velocidade superior, a manobrabilidade ágil e o poder de fogo pertinente, o tornaram muito eficaz em missões de escolta e combate aéreo. Ambos os aviões desempenharam muito bem suas respectivas missões, porém, seriam pouco eficazes em desempenhar a função do outro. O Caudron C3 por sua falta de poder de fogo e o SPAD S.XIII por

não possuir a estabilidade necessária para o reconhecimento. Isto demonstra a importância da escolha da aeronave certa para cada tipo de missão e ambiente operacional.

Dito isso, após o estudo comparativo entre os aviões, concluiu-se que as necessidades impostas pelo conflito produziram uma evolução acelerada nas características dos aviões da época. Foram incorporadas novas tecnologias, como o duralumínio, além do aumento das capacidades técnicas, principalmente em relação à potência e manobrabilidade. Essa evolução permitiu novos usos para a aviação militar no conflito e contribuiu de forma considerável para a evolução da aviação geral.

O referencial teórico desta pesquisa amparou-se no conceito de “inovação induzida pelo conflito”, que sugere que os períodos de guerra tendem a acelerar significativamente o desenvolvimento tecnológico, à medida que as necessidades militares criam demandas urgentes por novos recursos e soluções. Tendo isso em vista, podemos afirmar que a tecnologia de construção aeronáutica francesa teve progresso muito acelerado se considerarmos que o intervalo de tempo entre os dois projetos foi de apenas 3 anos e 3 meses. Muito possivelmente, tal avanço tecnológico e operacional não teria acontecido em tempos de paz. Por fim, o presente trabalho corrobora o conceito de inovação induzida por conflito proposto como marco teórico do presente trabalho.

Este trabalho limitou-se a comparar dois aviões franceses que representam diferentes estágios de desenvolvimento da aviação militar na época. Para futuras pesquisas, sugere-se a comparação de outros aviões influentes, inclusive de outros países envolvidos na Primeira Guerra Mundial. Com isso, estudos comparativos entre diferentes modelos de aeronaves e suas influências nas estratégias militares ao longo do tempo poderiam contribuir para uma compreensão mais abrangente do impacto tecnológico na aviação provocado pelo conflito.

Este estudo justifica-se face o conceito da inovação induzida pelo conflito ser fundamental para o profissional das armas, pois evidencia a necessidade de adaptação e constante evolução das estratégias, táticas e equipamentos militares em resposta às demandas e desafios dos modernos conflitos armados. Durante períodos de guerra, as forças armadas são confrontadas com situações complexas e mutáveis que habilitam soluções criativas e eficazes para garantir o sucesso militar e a sobrevivência das tropas. Para o profissional da guerra, entender e incorporar o conceito de que o avanço tecnológico é acelerado pelos conflitos significa estar preparado para se adaptar rapidamente às mudanças no campo de batalha, aproveitando novas tecnologias para obter vantagem sobre o inimigo. Em análise, a inovação induzida pelo conflito é um conceito essencial para o militar da

Força Aérea, pois trata-se de um ramo militar que se caracteriza pelo alto grau de dependência tecnológica e inovação.

Este estudo também é relevante para o piloto militar em formação visto que conhecer a história da aviação e a evolução da tecnologia aeronáutica em um conflito armado permite entender o contexto em que as estratégias, táticas aéreas foram desenvolvidas. Isso contribui para que os aviadores compreendam melhor as decisões tomadas por seus predecessores e apliquem esse saber ao seu contexto operacional. Analisar o diferencial tecnológico entre diferentes aeronaves, mesmo que históricas, permite com que o oficial aviador tome decisões fundamentadas sobre qual equipamento é mais adequado para determinada missão ou cenário operacional.

Em suma, a pesquisa demonstrou que a Primeira Guerra Mundial foi um catalisador relevante para o avanço tecnológico na construção aeronáutica, evidenciado pelo desenvolvimento do Caudron G3 e do SPAD S.XIII. A análise revelou que as necessidades impostas pelo conflito aceleraram a evolução das tecnologias aeronáuticas, integrando materiais inovadores e melhorando consideravelmente as capacidades técnicas dos aviões, reforçando o conceito de "inovação induzida pelo conflito". Este conhecimento é vital para profissionais militares, especialmente pilotos em formação, ao compreender a evolução das estratégias e tecnologias aéreas e aplicar essas lições ao contexto operacional atual.

REFERÊNCIAS

AERONÁUTICA. **CAUDRON G-3. René Caudron**. Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica. Museu Aeroespacial, Força Aérea Brasileira. 2024. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

BEAUBOAIS, Henry. **Le Caudron G.III**". Le Album de Fanatique de l'Aviation. Editions Lariviere, Paris, 1972.

BOBROW, Carl. **WW1 Aircraft Performance: Design, Aerodynamics And Flight Performance For The Albatros D. Va, Fokker Dr. I, D. VIIIF & D. VIII, Nieuport 28 C. 1, Pfalz D. IIIa & D. VIII, SPAD S. XIII, Siemens Schukert D. IV, Sopwith Camel, Sopwith Triplane and SE 5a**. Air Power History, v. 70, n. 2, p. 143-143, 2023. Disponível em: <https://www.proquest.com/>. Acesso em: 11 mar. 2024.

BORDEAUX, Henry. **Georges Guynemer: Knight of the Air**. Yale University Press, 1918.

BRUCE, J.M. "**Spad Story: Part Two**". *Air International*, Vol. 10, No. 6, June 1976

BRUCE, J.M. **The First Fighting SPADs**. *Air Enthusiast*, Issue 15, April–July 1981, pp. 58–77. Bromley, Kent: Pilot Press.

BRUCE, J. M. **SPAD Scouts SVII-SXIII (Aircam Aviation Series No. 9)**. England: Osprey Publications, 1969.

BUCKLEY, J. **Air power in the age of total war**. Bloomington: Indiana University Press, 1999.

BURIGANA, Riccardo. A Grande Guerra: a Primeira Guerra Mundial (1914-2014), Evento e Memória. *História Unicap*, v. 1, n. 1, p. 41-55, 2014.

BULL, Stephen. **World War I Trench Warfare (1): 1914–16**. Bloomsbury Publishing, 2021.

CANBY, Courtland. **História da Aeronáutica**. Lausanne: Librairie Morais Edition, 1965.

CHAMBE, René. **No tempo das carabinas**. São Paulo: Flamboyant, São Paulo, 1961.

CLARK, Christopher. **Os sonâmbulos: como eclodiu a Primeira Guerra Mundial**. Editora Companhia das Letras, 2014.

CREVELD, M. V. **Command in war**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.

CROUCH, Tom D. **Asas - uma história da aviação: das pipas à era espacial**. Rio de Janeiro: Editora Record. 2008.

EBERHARDT, Scott. Technology innovations in World War I airplane design. *SAE International Journal of Aerospace*, v. 8, n. 2015-01-2581, p. 282-291, 2015.

FREDETTE, Raymond H. **The Sky on Fire: The First Battle of Britain, 1917-1918**. University of Alabama Press, 2006.

GATES, Robert M. **Duty: Memoirs of a secretary at war**. New York, 2014.

GROPMAN, Alan. **Aviation at the Start of the First World War**. Hampton Roads Military History (Online), v. 1, n. 1, p. 4, 2007

GUTTMAN, Jon. **Spad XIII Vs Fokker D VII: Western Front 1916-18**. Osprey Publishing, 2009.

JOHNSON, J. E. **Guerra no Ar: História da Aviação de Caça**. Porto Alegre: Editora Globo, 1966.

HALLION, Richard. **Taking flight: inventing the aerial age, from antiquity through the First World War**. Oxford University Press, 2003.

HILL, Paul R.. **Aerial Photography and the First World War**. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 2001.

KENNETT, Lee. **The First Air War: 1914-1918**. Simon and Schuster, 1999.

LEMOS, Flávia Cristina Silveira et al. **A guerra atual eo uso de drones: práticas biopolíticas do matar em nome da vida**. *Revista Psicologia Política*, v. 14, n. 30, p. 283-295, 2014.

LEMOS, Valmir. **História da aviação: livro didático**. 2022.

LIMA, Vitor Simão. **História da aviação e o desenvolvimento do avião**. Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual, 2020.

MENEZES, Lauro Ney. **O Poder Aéreo e Seus Teoristas**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.caer.org.br/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

MILITÃO, Paulo; SOARES, Fátima. Ciência militar e geografia: estrutura, evolução e relações. *Revista Homem, Espaço e Tempo*, v. 1, n. 1, 2007.

MORROW, John H. **The Great War in the Air: Military Aviation from 1909 to 1921**. University of Alabama Press, 2009.

PINTO, Manuel Serafim. **O despertar da aviação portuguesa e a Primeira Guerra Mundial**. 2015. Disponível em: <http://cipes.ulusofona.pt/>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ROSEN, Stephen Peter. **Winning the next war: Innovation and the modern military**. Cornell University Press, 1991.

SANTOS, Murillo. **Evolução do Poder Aéreo**. Rio de Janeiro: INCAER. Editora Itatiaia, 1989.

SONDHAUS, Lawrence. **A primeira guerra mundial: história completa.** Editora Contexto, 2013.

SUMNER, Ian. **The First Battle of the Marne 1914: The French ‘miracle’halts the Germans.** Bloomsbury Publishing, 2012.

SUMNER, Ian. **Kings of the air: French aces and airmen of the great war.** Pen and Sword, 2015.

STEVENSON, David. **Armaments and the coming of war: Europe, 1904-1914.** Oxford University Press, USA, 1996.

TOBIN, James. **To conquer the air: The Wright brothers and the great race for flight.** Simon and Schuster, 2003.

TRINDADE, Lavine dos Santos. **O pioneirismo da Aviação de Combate na Primeira Guerra Mundial: evolução das aeronaves.** 2020. Disponível em: <https://app.uff.br/>. Acesso em: 12 mar. 2024.

WINCHESTER, Jim. **Fighter: The World's Finest Combat Aircraft, 1914 to the Present Day.** Barnes & Noble, 2006.

WINTER Jay. **“The Making of the First World War.”** Historical Journal, v. 50, n. 3, p. 675-692, 2007.