



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2025

LUCAS OLIVEIRA **BARBACOV**I, Cap Av

**A Engenharia de Sistemas como ferramenta de aperfeiçoamento do ensino de graduação
do ITA.**

Rio de Janeiro
2025

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2025

LUCAS OLIVEIRA **BARBACOV**I, Cap Av

**A Engenharia de Sistemas como ferramenta de aperfeiçoamento do ensino de graduação
do ITA.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ensino na Força Aérea

Orientador: Durval Aquino Mota, Cap Esp Sup Tec

Rio de Janeiro

2025

LUCAS OLIVEIRA **BARBACOV**I, Cap Av

A Engenharia de Sistemas como ferramenta de aperfeiçoamento do ensino de graduação do ITA.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Presidente, Eduardo Mendes Marcondes, Maj Av - EAOAR

Durval Aquino Mota, Cap Esp Sup Tec - GLOG-CG

Rio de Janeiro

2025

RESUMO

Buscando um alinhamento entre a formação de engenharia e demandas contemporâneas, o MEC emitiu, em 2019, a Resolução CNE/CES nº 2, que determina aos cursos de Engenharia preparar egressos capazes de adotar perspectivas multidisciplinares, possuir visão holística (sistêmica), liderar equipes diversas e gerenciar projetos. Apesar de o ITA estar subordinado ao COMAER, seus cursos são avaliados pelo MEC com base em critérios como o currículo. No entanto, desde a publicação da resolução, não há indícios de que essas exigências tenham sido atendidas. Nos dois macroprocessos estratégicos da FAB em que o ITA se insere (CT&I e Ensino), são valorizadas competências inerentes à Engenharia de Sistemas, sendo as mesmas exigidas pela resolução do MEC. Este trabalho demonstrou que a adoção de cadeiras de Engenharia de Sistemas nos cursos de graduação do ITA contribuirá para o seu aperfeiçoamento como fornecedor de engenheiros para uma Força Aérea moderna. Para sustentar essa tese, o primeiro argumento defendeu que a simples adoção de tais cadeiras já poderá prover tal adequação no ITA à resolução do MEC. Em complemento, o segundo argumento demonstrou que a incorporação de tais conhecimentos favorecerá o atingimento de diretrizes constantes no planejamento estratégico do COMAER. Além disso, a proposta defendida também traz o benefício de que tais disciplinas sejam adaptadas e transformadas em cursos direcionados a setores específicos dentro do âmbito do COMAER que lidem com gestão de projetos em CT&I, gestão do conhecimento técnico e P&D.

Palavras-chave: engenharia de sistemas; ensino em engenharia; adequação curricular; formação militar.

1 INTRODUÇÃO

Desde a sua fundação em 1950, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) se destaca no ensino de engenharia no Brasil. Seu modelo de ensino não somente lhe conferiu o seu notável prestígio, como lhe permitiu dar diversas contribuições à nação. Atualmente, oferece 6 cursos de graduação em engenharia: Civil, Mecânica, Computação, Eletrônica, Aeronáutica e Aeroespacial. Adicionalmente, estão sendo estruturadas outras três, que serão ministradas no novo *campus* em Fortaleza/CE.

Buscando um alinhamento entre a formação de profissionais de engenharia e demandas contemporâneas – cada vez mais marcadas por mudanças rápidas causadas por novas tecnologias (e áreas de conhecimento), somados à crescente tendência de se integrar conhecimentos de diferentes áreas em projetos, tanto no âmbito civil como militar – o Ministério da Educação (MEC) emitiu, em 2019, a Resolução CNE/CES nº 2, que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Engenharia. Essa resolução estabelece, dentre outras diretrizes, que o perfil do egresso tenha a capacidade de: adotar perspectivas multidisciplinares em sua prática; ter visão holística (sistêmica); trabalhar e liderar equipes heterogêneas; e gerenciar projetos (Brasil, 2019).

O ITA, dentro do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER), se insere nos macroprocessos de suporte de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), e de Ensino (Brasil, 2024a). Nesses macroprocessos, transdisciplinariedade, abordagem sistêmica e ferramentas para gestão e governança de projetos – aspectos trabalhados pela Engenharia de Sistemas – trazem benefícios relevantes, e são, em essência, os mesmos requisitados pelo MEC. Assim, a adequação do ITA à resolução do MEC também trará benefícios à própria Força.

Apesar de o ITA estar subordinado administrativamente à Força Aérea Brasileira (FAB), seus cursos de graduação são avaliados e reconhecidos pelo MEC, como qualquer outra instituição de ensino superior, sendo um dos critérios o currículo. Entretanto, desde a data da resolução, tais cursos não têm passado por uma revisão significativa que indique o cumprimento de tais diretrizes.

Diante disso, este estudo tem como objetivo demonstrar que a adoção de matérias de Engenharia de Sistemas nos cursos de graduação do ITA contribuirá para o seu aperfeiçoamento como fornecedor de engenheiros para uma Força Aérea moderna. Primeiramente, porque a Engenharia de Sistemas proverá a adequação no ITA à nova resolução do MEC. Segundo,

porque tal adoção favorecerá o cumprimento de diretrizes de dois macroprocessos constantes no planejamento estratégico da Força: CT&I e Ensino.

2 DESENVOLVIMENTO

Surgida nos Estados Unidos na década de 1950, com impulso de instituições como a *Bell Telephone Laboratories* e o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) *Lincoln Laboratory*, a Engenharia de Sistemas foi uma resposta à crescente complexidade dos projetos tecnológicos e militares do pós-guerra. Seu objetivo era integrar áreas da engenharia, gestão e ciências humanas para garantir que todos os componentes de um sistema — técnicos, humanos e organizacionais — funcionassem de forma harmônica ao longo de seu ciclo de vida (Blanchard; Fabrycky, 1990).

Na Engenharia de Sistemas, “sistema” se refere a um conjunto interconectado de elementos — como pessoas, organizações, processos, *hardware* e *software* — que interagem de forma coordenada para atingir um objetivo comum, formando uma entidade complexa com funções específicas (Blanchard; Fabrycky, 1990).

2.1 UMA CIÊNCIA MULTIDISCIPLINAR E VOLTADA À GESTÃO DE PROJETOS

A Engenharia de Sistemas – por ser um ramo interdisciplinar voltado ao projeto, integração e gestão de sistemas complexos ao longo de todo o seu ciclo de vida (INCOSE, 2015) – oferece uma abordagem metodológica adequada à formação de engenheiros capazes de atuar em contextos interdisciplinares e dinâmicos. Ramos mais recentes da engenharia – como a aeroespacial e a biomédica – surgiram justamente da necessidade de resolver problemas complexos que extrapolam os limites das engenharias clássicas. Para isso, não somente herdaram sua base técnica, como integram conhecimentos diversos, aplicando-os de forma sistêmica e coordenada. Essa capacidade de compreender interações e interdependências entre componentes é central na Engenharia de Sistemas, que ensina precisamente essa abordagem.

Também pode-se mencionar que, por meio de metodologias que abarcam, dentre outros conceitos: ciclo de vida, gestão de requisitos, integração de subcomponentes e pensamento sistêmico, o futuro engenheiro será capacitado no uso de ferramentas particularmente úteis para gerenciar projetos envolvendo tecnologias integradas, aproximando o aluno da realidade prática da profissão e gerando um diferencial competitivo em sua formação. Atualmente, inclusive,

habilidades em Engenharia de Sistemas são altamente demandadas, especialmente em projetos complexos e críticos (Blanchard; Fabrycky, 1990).

No contexto específico da gestão de projetos em sistemas complexos — que, além de onerosos, são altamente propensos a falhas (Locatelli; Mancini; Romano, 2014) — a Engenharia de Sistemas oferece metodologias consolidadas, como o Modelo em V (Forsberg; Mooz; Cotterman, 2005) e a Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (Estefan, 2008). Essas abordagens asseguram maior controle do ciclo de vida dos sistemas, reduzindo riscos (Blanchard; Fabrycky, 1990), promovendo melhor comunicação entre *stakeholders* (INCOSE, 2015), aumentando a rastreabilidade, viabilizando decisões baseadas em simulações (Estefan, 2008) e melhorando a qualidade e confiabilidade (Kossiakoff *et al.*, 2011).

Além disso, o ITA se posiciona em consonância com uma tendência mundial consolidada. Atualmente, observa-se que cursos de engenharia vêm sofrendo uma reformulação com foco em uma abordagem mais multidisciplinar, voltado à inovação e à gestão de projetos, em virtude de demandas contemporâneas de um cenário global altamente dinâmico e tecnológico. Instituições de ensino de referência internacional, como o MIT, a *Stanford University*, a *TU Delft*, dentre outras, têm remodelado seus currículos para promover a integração entre áreas técnicas, humanas e de negócios. Além disso, modelos teóricos como a Tríplice Hélice reforçam o papel das universidades como atores centrais nos ecossistemas de inovação, aproximando-as da indústria, do governo e da sociedade (Etzkowitz, 2017). Essa abordagem proporciona ao engenheiro uma formação mais alinhada aos desafios da atualidade, tanto civis quanto militares. Com isso, amplia-se sua capacidade de resolver problemas complexos, liderar projetos inovadores e colaborar com profissionais de áreas distintas.

Além de apresentar uma justificativa técnica consistente, a proposta também é viável do ponto de vista institucional, especialmente no contexto do ITA. Atualmente, o Instituto conta com professores habilitados e já oferece algumas disciplinas de Engenharia de Sistemas. Essas disciplinas são ministradas como eletivas de pós-graduação – que também podem ser assistidas pelos alunos de graduação para cômputo de horas complementares. Além disso, há disciplinas obrigatórias dos cursos de engenharia aeronáutica e aeroespacial, o que demonstra que sua ampliação para os demais cursos não acarretaria em sobrecarga nem em custos adicionais à instituição.

Assim, por ser multidisciplinar e orientada a projetos, a Engenharia de Sistemas pode, por si só, viabilizar a adequação do ITA às diretrizes do MEC e alinhá-lo a uma tendência

mundial na formação de engenheiros, o que aperfeiçoa o ITA como provedor desse tipo de profissional para uma força aérea moderna.

2.2 CONTRIBUIÇÃO PARA O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA FAB

No PEMAER – documento do Comando da Aeronáutica (COMAER) que estabelece as diretrizes para todos os macroprocessos da instituição, incluindo os objetivos estratégicos apresentados na Concepção Estratégica "Força Aérea 100" – identificam-se dois macroprocessos de suporte nos quais o ITA se insere: o de CT&I, e o de Ensino (Brasil, 2024a). Nesses, conforme já dito, aspectos trabalhados pela Engenharia de Sistemas trazem benefícios relevantes, e são os mesmos requisitados pelo Ministério da Educação.

O macroprocesso de CT&I abrange atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de soluções científico-tecnológicas e inovadoras voltadas ao COMAER. Uma de suas diretrizes foca na coordenação de grupos interdisciplinares (Brasil, 2024a) como estratégia de gestão do conhecimento técnico em P&D.

Nesse cenário, a Engenharia de Sistemas contribui ao integrar conhecimentos multidisciplinares — essenciais em P&D (INCOSE, 2015) — e ao estruturar a documentação e o compartilhamento de informações técnicas em grupos heterogêneos. Embora esse não seja seu foco principal, sua aplicação reforça a gestão do conhecimento técnico em projetos.

Esse impacto foi evidenciado no caso da Estação Espacial Internacional (ISS), laboratório em microgravidade fruto da colaboração de cinco agências espaciais de 15 países. Com ferramentas de Engenharia de Sistemas, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e seus parceiros integraram módulos, culturas e linguagens técnicas distintas, enfrentando desafios como obsolescência tecnológica, logística, lacunas técnicas e a necessidade de adaptação a um ambiente internacional complexo (Locatelli; Mancini; Romano, 2014). Logo, aplicar a Engenharia de Sistemas contribui diretamente para as diretrizes de CT&I.

Adicionalmente, ensiná-la também revela-se vantajoso para acelerar o cumprimento dessas diretrizes. Incorporá-la na formação de profissionais de P&D, principalmente engenheiros, amplia seu poder de atuação em ambientes interdisciplinares, o que favorece a gestão do conhecimento técnico, e também se alinha às diretrizes do macroprocesso acima.

O fato de a Engenharia de Sistemas se encontrar dentro das áreas de pesquisa da FAB citadas no plano de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica, como resultado de levantamento feito em coordenação com as indústrias aeroespaciais e de outras áreas de interesse (Brasil, 2021)

torna isso ainda mais evidente. Em outras palavras, pela ótica de CT&I, dentro da Força (e fora), pesquisar conhecimentos de Engenharia de Sistemas é considerado necessário.

Nesse documento, também considera-se pertinente estimular a capacitação de pessoal especializado, com vistas a perspectivas de longo prazo. O Brasil do século XXI é diferente daquele onde o ITA foi concebido, portanto, uma mudança gradual da formação deve ser analisada, priorizando atividades de ensino e linhas de pesquisa alinhadas à Força (Brasil, 2021).

Tal constatação conecta pesquisa em CT&I com ensino. Além da relevância de se dominar conhecimento em Engenharia de Sistemas, a FAB, assim como o MEC, reconhece a necessidade de modernizar o ensino em áreas de CT&I (como é o caso do ITA).

Outrossim, o macroprocesso estratégico de Ensino vem ao encontro dessa demanda. Focado em capacitar os recursos humanos para o exercício de cargos e funções de interesse do COMAER, traz em suas diretrizes aperfeiçoar a grade curricular dos cursos no âmbito interno (Brasil, 2024a). Para tal, o plano de Ensino da FAB busca considerar os desafios contemporâneos na formação militar, pois nas últimas décadas, mudanças tecnológicas, geopolíticas e conceitos como Guerra Híbrida e de Quinta Geração vêm reconfigurando o perfil do profissional militar, impactando diretamente na concepção do militar a ser formado. Daí a importância de se desenvolver profissionais com pensamento holístico, criativo e colaborativo para a resolução de problemas (Brasil, 2024b). Estas qualidades, úteis para a atuação em ambiente multidomínio, são abordadas pela Engenharia de Sistemas, como já demonstrado anteriormente. Logo, ministrá-la no ITA contribui para o cumprimento dessa diretriz (de ensino, nesse caso) na formação do engenheiro militar.

Outra das vantagens da proposta deste trabalho está no cumprimento de mais uma diretriz de Ensino: equivalência curricular entre os cursos de formação e pós-graduação do COMAER e os respectivos congêneres no sistema educacional brasileiro (Brasil, 2024b). Pelo planejamento de CT&I, viu-se um “alinhamento” entre FAB e MEC em readequação de ensino. Percebe-se, de forma complementar, que a Força deseja proativamente manter-se alinhada ao MEC (ou à frente) nesse tema. Logo, o ITA pode, de forma concomitante, contribuir para o cumprimento de objetivos estratégicos da Aeronáutica e prover medidas de adequação ao MEC.

Por fim, constata-se que a aplicação e o ensino de Engenharia de Sistemas contribuem para o cumprimento de diretrizes estratégicas dos macroprocessos de CT&I e de Ensino do COMAER. Portanto, incorporá-la nos cursos de graduação do ITA aperfeiçoará o instituto como fornecedor de engenheiros capazes de modernizar a Força nas suas áreas de atuação.

3 CONCLUSÃO

Primeiramente, sustentou-se que a simples inclusão dessas matérias já poderá viabilizar tal adequação no ITA à resolução do MEC. Demonstrou-se que a adoção da Engenharia de Sistemas no currículo do ITA é uma solução eficaz frente à complexidade crescente dos projetos de engenharia e às exigências contemporâneas da formação profissional. Explanou-se que é uma abordagem reconhecida internacionalmente e capaz de integrar saberes diversos, promover a gestão de projetos multidisciplinares e desenvolver competências alinhadas às Diretrizes Curriculares Nacionais do MEC de 2019. Assim, sua inclusão representará um avanço no processo de modernização curricular da instituição, ao mesmo tempo em que favorece a formação de engenheiros aptos a enfrentar os desafios reais do exercício profissional.

Demonstrou-se também que, sob a ótica institucional, ao agregar a capacitação em Engenharia de Sistemas na formação de engenheiros, o ITA contribuirá diretamente para o cumprimento de diretrizes estabelecidas no planejamento estratégico do COMAER, particularmente nos macroprocessos de CT&I e de Ensino, além de fortalecer a atuação da FAB em projetos tecnológicos de alta complexidade. Dessa forma, a iniciativa não apenas atende às exigências do Ministério da Educação, como também responde de maneira proativa a demandas estratégicas.

Logo, este trabalho demonstrou que a adoção de disciplinas de Engenharia de Sistemas nos cursos de graduação do ITA contribuirá para o seu aperfeiçoamento como fornecedor de engenheiros para uma Força Aérea moderna. Por um lado, atendendo às exigências pedagógicas constantes nas diretrizes do MEC. Por outro, alinhando-se às prioridades estratégicas da Aeronáutica, ao preparar profissionais aptos a enfrentar desafios tecnológicos complexos e contribuir com projetos de alto valor institucional.

Portanto, a inclusão de cadeiras de Engenharia de Sistemas nos cursos de graduação do ITA permite potencialmente que sejam adaptadas e transformadas em cursos direcionados a setores específicos dentro do âmbito do COMAER que atuem na gestão de projetos voltados a CT&I, gestão do conhecimento técnico e P&D, com vistas à disseminação de conhecimentos e ao incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

BLANCHARD, Benjamin S.; FABRYCKY, Wolter J. **Systems engineering and analysis**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria EMAER nº 15/CEMAER, de 2 de março de 2021. Aprova o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Aeronáutica (PCA 11-217). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 49, p. 2996, 15 mar. 2021. Republicado no BCA n. 205, p. 16198, 10 nov. 2021. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/acervo/detalhe/15736>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER nº 1.453/GC3, de 5 de junho de 2024a. Aprova o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 107, p. 87-137, 10 jun. 2024. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=37409>. Acesso em: 21 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 196/6SC1, de 2 de maio de 2024b. Aprova o Plano de Ensino da Aeronáutica (PCA 11-405). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n. 085, 7 maio 2024. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Acervo/Detalhe/48324>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 80, p. 43, 26 abr. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>. Acesso em: 14 abr. 2025.

ESTEFAN, Jeff A. **Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies**. Rev. B. INCOSE MBSE Focus Group, 10 jun. 2008. Disponível em: https://www.omgsysml.org/MBSE_Methodology_Survey_RevB.pdf. Acesso em: 14 abr. 2025.

ETZKOWITZ, Henry; ZHOU, Chunyan. Hélice Tríplex: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 31, n. 90, p. 23-48, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190003>. Acesso em: 14 abr. 2025.

FORSBERG, Kevin; MOOZ, Hal; COTTERMAN, Howard. **Visualizing project management: models and frameworks for mastering complex systems**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005.

INCOSE. **Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.

KOSSIAKOFF, Alexander *et al.* **Systems engineering principles and practice**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

LOCATELLI, Giorgio; MANCINI, Mauro; ROMANO, Erika. Systems engineering to improve the governance in complex project environments. **International Journal of Project Management**, [S. l.], v. 32, n. 8, p. 1395–1410, Nov. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.007>. Acesso em: 14 abr. 2025.