



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

TATIANA DE SOUZA FREITAS, Cap Eng

**Software nacional para pavimentos aeroportuários: Reforço da autonomia técnico-
institucional da Força Aérea Brasileira**

Rio de Janeiro

2025

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

TATIANA DE SOUZA FREITAS, Cap Eng

Software nacional para pavimentos aeroportuários: Reforço da autonomia técnico-institucional da Força Aérea Brasileira

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: Ciência, Tecnologia e Inovação

Orientador: Caroline Pedretti Gonzaga, Maj Av

Rio de Janeiro

2025

TATIANA DE SOUZA FREITAS, Cap Eng

Software nacional para pavimentos aeroportuários: Reforço da autonomia técnico-institucional da Força Aérea Brasileira

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

Aprovado por:

Presidente, André da Costa Gonçalves, Prof. Dr. - EAOAR

Caroline Pedretti Gonzaga, Maj Av - EAOAR

Rio de Janeiro

2025

RESUMO

A utilização de softwares estrangeiros para o dimensionamento e a avaliação de pavimentos aeroportuários levanta questionamentos sobre sua capacidade de representar com precisão as especificidades operacionais da Força Aérea Brasileira. A experiência prática em aeródromos do COMAER revelou descompassos metodológicos relevantes, como a impossibilidade de calibrar parâmetros críticos conforme os materiais e as condições de uso nacionais. Diante desse cenário, este ensaio defende a criação de um software nacional de avaliação de pavimentos aeroportuários, a fim de ampliar a autonomia técnico-institucional da FAB na gestão de sua infraestrutura. O primeiro argumento sustenta que a incorporação de critérios técnicos desenvolvidos a partir da realidade brasileira permite maior precisão analítica, qualifica os diagnósticos estruturais e oferece suporte mais robusto à tomada de decisão. O segundo argumento demonstra que o domínio institucional sobre os instrumentos de avaliação fortalece a soberania da Força, assegura coerência com os marcos estratégicos da Defesa Nacional e amplia sua capacidade de conduzir políticas com estabilidade e confiabilidade. Como parecer final, conclui-se que a nacionalização dos sistemas de análise pode viabilizar, por exemplo, a formulação de critérios próprios para elementos ainda não normatizados internacionalmente, como a faixa preparada, consolidando o protagonismo da FAB no campo da infraestrutura aeroportuária militar e incentivando a replicação dessa lógica em outras áreas sensíveis da Força.

Palavras-chave: infraestrutura aeroportuária; engenharia de pavimentos; autonomia institucional; soberania tecnológica.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de softwares para o dimensionamento e avaliação de pavimentos aeroportuários consolidou-se como prática dominante nas principais instituições de infraestrutura aeronáutica. No Brasil, a ferramenta mais adotada nesse contexto é o FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*), desenvolvida pela Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos. Embora se trate de um software robusto e amplamente validado no cenário internacional, sua aplicação no contexto nacional nem sempre reflete, com fidelidade, as condições operacionais, os métodos construtivos e os materiais empregados pela Força Aérea Brasileira.

Essa constatação emerge da experiência acumulada em avaliações realizadas nos aeródromos do Comando da Aeronáutica, que evidenciam um descompasso entre a riqueza dos dados obtidos em campo e a rigidez paramétrica imposta pela ferramenta atualmente empregada. Em especial, a impossibilidade de calibrar insumos essenciais, como o módulo de elasticidade do concreto, restringe a acurácia dos diagnósticos estruturais e limita a capacidade de adaptar as soluções às realidades operacionais. Esse cenário não apenas justifica a necessidade de aprimoramento metodológico, como também aponta para a oportunidade de desenvolvimento de um sistema analítico nacional que incorpore as particularidades brasileiras como critérios ativos para a tomada de decisão técnica, fortalecendo a autonomia da Força sobre os seus próprios processos.

Importa esclarecer que o FAARFIELD é um software de domínio público, distribuído gratuitamente pela FAA, com código-fonte acessível em linguagem Fortran. Não há restrições contratuais, cláusulas de licenciamento ou impedimentos legais que limitem sua análise, modificação ou replicação. Dessa forma, a criação de uma solução alternativa, adaptada ao contexto nacional, é juridicamente viável e institucionalmente legítima, sem configurar reserva de mercado ou conflito com normas internacionais.

Neste ensaio, defende-se a criação de um software nacional de dimensionamento e avaliação de pavimentos aeroportuários, a fim de ampliar a autonomia técnico-institucional da Força Aérea Brasileira na gestão de sua infraestrutura aeroportuária. A proposta está alinhada ao Plano Estratégico Militar da Aeronáutica – PEMAER, que estabelece o fortalecimento do desenvolvimento tecnológico como vetor para a consolidação da capacidade operacional da Força. Mais do que substituir uma ferramenta, trata-se de promover o desenvolvimento de uma solução compatível com as especificidades do Brasil e com os referenciais estratégicos que regem a atuação da FAB.

A estrutura argumentativa parte de duas frentes principais. A primeira defende que a nacionalização dos critérios de análise amplia a autonomia técnica da FAB, ao permitir maior aderência dos modelos aos materiais, métodos e condições operacionais locais, elevando a confiabilidade das avaliações. A segunda sustenta que o domínio sobre os instrumentos de decisão fortalece a autonomia institucional, ao alinhar os processos operacionais às diretrizes estratégicas da Defesa Nacional e assegurar controle sobre os fundamentos que orientam as escolhas organizacionais. Em conjunto, os argumentos demonstram que a construção de soluções próprias representa um passo decisivo para o fortalecimento da capacidade da FAB de exercer controle técnico e institucional sobre sua infraestrutura, com maior coerência, previsibilidade e alinhamento estratégico.

A proposta aqui apresentada se destina a gestores da infraestrutura aeronáutica e pesquisadores da área de pavimentos. Mais do que responder a desafios metodológicos, ela visa oferecer um caminho para a construção de soluções estruturadas com base em conhecimento próprio, aplicadas à realidade nacional e alinhadas à missão constitucional da Instituição.

2 DESENVOLVIMENTO

A criação de um software nacional para avaliação de pavimentos aeroportuários, sob liderança da Força Aérea Brasileira, envolve implicações de ordem técnica e institucional. Nos tópicos a seguir, apresentam-se os dois argumentos que fundamentam essa proposta, com base em referências especializadas, documentos estratégicos e precedentes já consolidados no setor público nacional.

2.1 FORTALECIMENTO DA CONFIABILIDADE TÉCNICA COM BASE EM CRITÉRIOS NACIONAIS

A confiabilidade das avaliações de pavimentos aeroportuários depende da capacidade dos modelos de representar com fidelidade os materiais, as condições operacionais e os mecanismos de degradação observados no contexto de aplicação. No Brasil, a diversidade de agregados minerais, os métodos construtivos regionais e as variações climáticas exigem critérios que reflitam diretamente a realidade das pistas e pátios sob responsabilidade da Força Aérea. Essa compatibilidade técnica é fundamental para que os diagnósticos sirvam de base sólida às decisões sobre uso, conservação e expansão da infraestrutura.

Um dos principais entraves dos sistemas atualmente utilizados é a rigidez na definição de parâmetros estruturais. O FAARFIELD, por exemplo, fixa o módulo de elasticidade do concreto em 27.579 MPa, ignorando variações provocadas por diferentes práticas de dosagem, tipos de cimento e ciclos de carregamento. Estudos como os de Cunliffe *et al.* (2015) mostram que esse módulo pode degradar significativamente sob carregamentos repetidos, afetando diretamente a estimativa da vida útil da estrutura. Moura (2021) e Santos Júnior (2022), por sua vez, convergem ao defender modelos que incorporem mecanismos progressivos de degradação, como fadiga por tração e compressão alternadas, além da parametrização flexível com base em múltiplos critérios. Consideradas em conjunto, essas abordagens demonstram que a confiabilidade dos diagnósticos depende da capacidade de ajustar os modelos às especificidades observadas em campo.

Essa orientação já é reforçada por órgãos nacionais. O Manual de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA (Brasil, 2017) recomenda explicitamente a utilização de dados locais como requisito para o aumento da acurácia das simulações e o embasamento técnico das decisões de engenharia. Casos como o analisado por Acharya e Gautam (2025) ilustram empiricamente as distorções associadas ao uso de modelos não adaptativos. Ao aplicar o FAARFIELD a pavimentos afetados por reação álcali-sílica, observaram a projeção de vida útil incompatível com os danos reais já identificados. Isso revela o risco de decisões mal fundamentadas quando o modelo não reconhece manifestações reais de degradação. A lógica da parametrização adaptada é, portanto, essencial para assegurar diagnósticos coerentes com o desempenho estrutural.

Nesse cenário, a experiência francesa com o ALIZÉ-LCPC torna-se referência. Desenvolvido para atender a requisitos técnicos e normativos locais, o software proporciona à França controle sobre os critérios utilizados na avaliação de pavimentos e fortalece sua capacidade institucional no setor (Mounier; Fauchet; Broutin, 2014). O contraste com a realidade brasileira evidencia o potencial transformador de uma solução própria na elevação da confiabilidade e da autonomia analítica.

Nesse cenário, a nacionalização dos modelos analíticos representa mais do que uma resposta pontual às limitações do software atualmente utilizado: configura uma ação propositiva voltada à construção de uma ferramenta ajustada às demandas técnicas e operacionais da Força. Ao permitir a parametrização de insumos, a integração de dados obtidos em campo e a expansão dos critérios de avaliação, essa solução amplia a precisão dos diagnósticos e qualifica as análises que sustentam decisões de manutenção, reabilitação e expansão da infraestrutura aeroportuária militar.

Esse movimento também favorece a formação de uma base de dados própria, continuamente alimentada por medições locais e experiências operacionais dos aeródromos do COMAER. Com isso, torna-se possível implementar políticas de manutenção preditiva, planejar investimentos com maior precisão e reduzir incertezas em decisões estratégicas. A consolidação desse acervo técnico reforça a capacidade institucional de antecipar cenários, alinhar ações ao ciclo de vida das estruturas e responder com agilidade a variações de desempenho.

Desse modo, ao adaptar os critérios analíticos à realidade nacional, a FAB eleva a confiabilidade dos diagnósticos estruturais e fortalece sua autonomia técnica. Um software desenvolvido sob liderança nacional oferece não apenas aderência às especificidades operacionais, mas também coerência entre os dados disponíveis e os modelos aplicados. Essa convergência permite à Instituição gerir sua infraestrutura com maior previsibilidade, solidez e alinhamento às exigências de sua missão.

2.2 FORTALECIMENTO DA AUTONOMIA INSTITUCIONAL POR MEIO DO DOMÍNIO DECISÓRIO

A consolidação da autonomia institucional da Força Aérea Brasileira pressupõe o controle efetivo sobre os instrumentos que orientam sua tomada de decisão. No campo da infraestrutura aeroportuária, esse controle implica a capacidade de formular, aplicar e revisar seus próprios referenciais decisórios, ajustados à missão, à estrutura e aos objetivos da Instituição. Lee *et al.* (2024) argumentam que, ao manter o domínio sobre os sistemas que estruturam sua operação, instituições públicas fortalecem sua capacidade de decisão e reduzem vulnerabilidades externas.

Essa diretriz encontra respaldo em documentos como o Livro Branco de Defesa Nacional (Brasil, 2020a), que define a autonomia tecnológica como condição essencial para o exercício da soberania, e na Estratégia Nacional de Defesa (Brasil, 2020b), que estabelece como prioridade o domínio nacional de tecnologias críticas. O PEMAER (Brasil, 2024) reforça essa orientação ao destacar a importância de soluções próprias nas áreas estruturantes da Força, entre elas a infraestrutura. No contexto da engenharia aeroportuária, internalizar os referenciais técnicos permite consolidar processos de planejamento com menor dependência de ciclos de atualização externos, maior previsibilidade orçamentária e aderência entre os projetos executivos e as prioridades estratégicas da Força.

Esse alinhamento entre estrutura e decisão requer autonomia sobre os referenciais metodológicos utilizados. Amaral (2011) afirma que a dependência de modelos estrangeiros compromete a formação de conhecimento crítico ajustado às finalidades institucionais. Barreto e Lopes (2024) reforçam que, na ausência de instrumentos próprios, a formulação de políticas públicas tende a reproduzir lógicas operacionais desconectadas do contexto nacional. Desenvolver soluções internas, nesse cenário, não apenas evita a replicação acrítica de modelos externos, mas assegura estabilidade nos fluxos de decisão e maior controle sobre a adaptação de critérios a novas realidades operacionais.

Essa lógica já foi aplicada com êxito em experiências anteriores. O desenvolvimento do avião Bandeirante, liderado pela própria Força Aérea e consolidado pela Embraer, não apenas respondeu a necessidades operacionais específicas, mas também inaugurou um novo ciclo na indústria aeroespacial brasileira. Como relatam Francelino *et al.* (2019), esse movimento estratégico resultou na criação de capacidades industriais duradouras, capazes de sustentar políticas de inovação, exportação e independência tecnológica. Processo semelhante se verifica no caso do *middleware* Ginga, plataforma de software desenvolvida para o sistema brasileiro de TV digital, com o objetivo de integrar interatividade e garantir a interoperabilidade entre equipamentos e transmissões. Sua formulação assegurou à infraestrutura de comunicações do país uma base tecnológica própria, promovendo autonomia funcional e reduzindo a dependência de soluções estrangeiras (Filho; Leite; Batista, 2007). Esses precedentes evidenciam que a soberania institucional é alcançável quando o Estado lidera a formulação de soluções compatíveis com suas necessidades.

Referenciar os processos decisórios em critérios formulados internamente permite à Força alinhar suas decisões de infraestrutura às suas finalidades institucionais, com maior aderência às exigências operacionais e coerência com seus objetivos estratégicos. Essa diretriz fortalece a autonomia institucional, ao assegurar que os fundamentos das decisões críticas sejam definidos pela própria organização, conforme seu contexto e suas prioridades. A nacionalização dos sistemas de avaliação contribui, assim, para consolidar uma lógica decisória centrada na missão da FAB, com maior controle sobre os parâmetros que orientam sua atuação.

3 CONCLUSÃO

A análise desenvolvida neste ensaio permitiu demonstrar que a criação de um software nacional de dimensionamento e avaliação de pavimentos aeroportuários, sob liderança da Força

Aérea Brasileira, é uma medida estratégica para o fortalecimento da autonomia técnico-institucional no campo da infraestrutura.

A análise desenvolvida neste ensaio permitiu demonstrar que a criação de um software nacional de dimensionamento e avaliação de pavimentos aeroportuários, sob liderança da Força Aérea Brasileira, é uma medida estratégica para o fortalecimento da autonomia técnico-institucional no campo da infraestrutura. No plano técnico, argumentou-se que modelos parametrizáveis, construídos com base em dados locais e ajustáveis à realidade dos aeródromos do COMAER, oferecem diagnósticos mais confiáveis, qualificam o processo decisório e permitem maior aderência às práticas de manutenção, reabilitação e expansão.

No plano institucional, defendeu-se que o domínio sobre os instrumentos de decisão consolida a capacidade da FAB de alinhar suas ações aos referenciais estratégicos da Defesa Nacional. Ao formular seus próprios critérios, a Instituição reduz dependências externas, assegura estabilidade administrativa e projeta sua atuação com maior previsibilidade. A experiência acumulada com projetos como o Bandeirante e o *middleware* Ginga mostrou que, quando conduz iniciativas tecnológicas sob sua liderança, o Estado fortalece sua autoridade institucional e amplia sua capacidade de governança em setores críticos.

Reafirma-se, portanto, a tese de que o desenvolvimento de um software próprio, compatível com os materiais, métodos e exigências da realidade nacional, contribui diretamente para ampliar a autonomia técnico-institucional da FAB na gestão de sua infraestrutura aeroportuária. Trata-se de uma ação coerente com sua missão constitucional e com as diretrizes estratégicas que orientam sua atuação como organização militar de Estado.

Como implicação prática, destaca-se que a lógica da nacionalização de critérios decisórios pode ser aplicada a outras frentes da engenharia de infraestrutura aeroportuária ainda carentes de normativos específicos no contexto brasileiro. Um exemplo é o dimensionamento da faixa preparada, área adjacente à pista destinada a proporcionar suporte estrutural em eventuais saídas da aeronave. Ao assumir protagonismo no desenvolvimento de soluções para essas lacunas, a FAB não apenas reforça sua autonomia técnica, mas contribui para o avanço de uma doutrina nacional aplicada às condições brasileiras, com potencial de influenciar positivamente todo o sistema aeronáutico do país.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, Pawan; GAUTAM, Bishnu Prasad. ASR Potential of the Concrete Pavement of Pokhara Airport. **International Journal of Pavement Research and Technology**, [s. l.], v.

17, n. 1, p. 1-10, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42947-024-00491-3>. Acesso em: 29 mar. 2025.

AMARAL, Roberto. **Ciência, tecnologia e soberania nacional: dificuldades para a construção de um projeto nacional**. Brasília, DF: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2011. Disponível em: <https://www2.senado.gov.br/bdsf/handle/id/584056>. Acesso em: 29 mar. 2025.

BARRETO, Helena Martins do Rêgo; LOPES, Ruy Sardinha. Soberania tecnológica e disputa por hegemonia em um mundo em transformação. **SER Social**, Brasília, DF, v. 27, n. 56, p. 18-35, 2024. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/SER_Social/article/view/55499. Acesso em: 29 mar. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Manual de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Aeroportuários – SGPA**. Brasília, DF: Agência Nacional de Aviação Civil, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/aeroportos-e-aerodromos/manuais-e-cartilhas/manual-para-sgpa-v3.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER nº 1.453/GC3, de 5 de junho de 2024. 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: 22 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020a. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro-branco-de-defesa-nacional-lbdn-1. Acesso em: 29 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa. Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020b. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/estrategia-nacional-de-defesa. Acesso em: 29 mar. 2025.

CUNLIFFE, Charles *et al.* Impact of dynamic loading on backcalculated stiffness of rigid airfield pavements. **International Journal of Pavement Engineering**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 489–502, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10298436.2014.993395>. Acesso em: 22 mar. 2025.

FILHO, Guido Lemos de Souza; LEITE, Luiz Eduardo Cunha; BATISTA, Carlos Eduardo Coelho Freire. Ginga-J: The procedural middleware for the Brazilian digital TV system. **Journal of the Brazilian Computer Society**, [s. l.], v. 13, p. 47–56, 2007. Disponível em: <https://journal-bcs.springeropen.com/articles/10.1007/BF03192401>. Acesso em: 12 abr. 2025.

FRANCELINO, Josiane de Araújo *et al.* How public policies have shaped the technological progress in the Brazilian aeronautics industry: Embraer case. **Science and Public Policy**, [s. l.], v. 46, n. 6, p. 787–804, 2019. Disponível em: <https://academic.oup.com/spp/article/46/6/787/5549866>. Acesso em: 12 abr. 2025.

LEE, Jeong-Dong *et al.* Techno-nationalism to collaborative technology sovereignty. **Science and Public Policy**, [s. l.], v. 51, n. 6, p. 1185-1194, 2024. Disponível em: <https://academic.oup.com/spp/article-abstract/51/6/1185/7739935>. Acesso em: 29 mar. 2025.

MOUNIER, Damien; FAUCHET, Sandrine; BROUTIN, Michael. A New French Rational Design Method for Airfield Pavements. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, Wilmington, DE, USA, v. 8, n. 12, p. 1593-1601, 2014. Disponível em: <https://www.davidpublisher.com/index.php/Home/Article/index?id=2517.html>. Acesso em: 13 abr. 2025

MOURA, Ingrid Rebouças de. **Proposta de um modelo de avaliação de pavimentos aeroportuários para determinação de estratégias de manutenção**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/33318?locale=pt_BR. Acesso em: 05 abr. 2025.

SANTOS JÚNIOR, Edmir José dos. **A damage evolution law for the constitutive modelling of SHCC materials: application to load transfer in pavements**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2022. Disponível em: http://www.bdata.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.php?num_tese=78460. Acesso em: 22 mar. 2025.