



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

ANDRÉA FERRAZ CARLOS DE SOUSA YAMADA Cap Eng

Sistematização de processos em projetos aeroespaciais do COMAER

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

ANDRÉA FERRAZ CARLOS DE SOUSA YAMADA Cap Eng

Sistematização de processos em projetos aeroespaciais do COMAER

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso 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: Eduardo Mendes Marcondes Maj Av

Rio de Janeiro

2022

ANDRÉA FERRAZ CARLOS DE SOUSA YAMADA Cap Eng

Sistematização de processos em projetos aeroespaciais do COMAER

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Eduardo Mendes **Marcondes** Maj Av
EAOAR

Wellington Azevedo dos Santos Maj Inf
EAOAR

Rio de Janeiro
2022

RESUMO

O Guia PMBOK®, em sua 7ª edição, trouxe a visão de que cada projeto é um sistema em constante mudança, cujas atividades associadas à cadência das entregas fazem parte do “domínio de desempenho da abordagem de desenvolvimento e do ciclo de vida”. Ainda, os projetos são gerenciados, muitas vezes, sem focar na concretização do produto, gerando frequentes atrasos no planejamento e elevação nos gastos. Nesse contexto, a sistematização de processos para a “abordagem de desenvolvimento” dos projetos aeroespaciais de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) contribui para aumentar o desempenho, a segurança e a confiabilidade de produtos aeroespaciais de interesse do COMAER, auxiliando a reduzir o *gap* existente no domínio científico-tecnológico brasileiro. A primeira justificativa baseia-se no argumento de que a sistematização de processos é essencial para a confiabilidade das informações fornecidas durante o assessoramento para a tomada de decisão, uma vez que métodos de Engenharia de Sistemas são utilizados para validar e consolidar as informações do projeto. A segunda razão fundamenta-se no argumento de que a sistematização da “abordagem de desenvolvimento” do projeto contribui para a evolução de seu TRL (nível de maturidade tecnológica), pois processos de Engenharia de Sistemas usados para o amadurecimento tecnológico podem ser aplicados no “domínio de desempenho da abordagem de desenvolvimento”. Por isso, os “processos de monitoramento e controle” dos projetos de sistemas aeroespaciais devem ser integrados a processos de Engenharia de Sistemas, com foco no avanço das tecnologias necessárias para que o projeto entregue valor à sociedade e demais partes interessadas.

Palavras-chave: Gerenciamento de Projetos. Abordagem de Desenvolvimento. Engenharia de Sistemas. Maturidade Tecnológica. Tomada de Decisão.

1 INTRODUÇÃO

Produtos aeroespaciais como mísseis, plataformas espaciais e aeronaves são estratégicos por impactarem o campo do Poder Aeroespacial. Ainda, a transferência de tecnologias sensíveis é regulada pelo *Missile Technology Control Regime* (MTCR), dificultando a aquisição no exterior de produtos duais (de aplicação civil e militar), como plataformas de navegação inercial de aplicação espacial. Desse modo, projetos aeroespaciais de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) são críticos, uma vez que estão sujeitos a embargo e possuem alto risco tecnológico de desenvolvimento [8] [12].

Os processos usados no gerenciamento de projetos são um conjunto de entradas, ferramentas, técnicas e saídas aplicados na condução de projetos, dentre os quais estão incluídos os “processos de monitoramento e controle”. Os processos do projeto permeiam seu ciclo de vida, que é finito e composto por fases que vão desde sua abertura até o encerramento. Cada fase culmina em uma ou mais entregas de projeto [16].

Recentemente, introduziu-se a visão de que cada projeto é um sistema em constante mudança formado por oito “domínios de desempenho”: planejamento, trabalho, entrega, medição, incerteza, equipe, partes interessadas, abordagem de desenvolvimento e ciclo de vida. Cada “domínio de desempenho” corresponde a um grupo de atividades que entregam resultados específicos. As tarefas associadas à cadência das entregas e ao desenvolvimento do produto ao longo do ciclo de vida do projeto fazem parte do “domínio de desempenho da abordagem de desenvolvimento e do ciclo de vida” [14].

De acordo com a NASA (2007), a identificação da maturidade das tecnologias utilizadas no projeto aumenta a chance de sucesso, uma vez que torna possível mensurar com maior confiança o custo e o prazo requeridos para avançar a tecnologia de seu estágio atual até um nível em que o sistema possa ser integrado e qualificado em conformidade e segurança, reduzindo a chance de acidentes devido, principalmente, à incerteza tecnológica. Por esse motivo, o método TRL (*Technology Readiness Level*) é usado para calcular a maturidade da tecnologia por meio da comprovação de sua capacidade de aplicação.

Os projetos são gerenciados, muitas vezes, sem procedimentos com foco na concretização do produto. Com isso, atrasos no planejamento e elevação nos gastos

são frequentemente observados, o que, associado aos demais riscos de desenvolvimento, pode levar ao cancelamento, até mesmo, de programas inteiros de tecnologia [13]. Por isso, os “processos de monitoramento e controle” devem promover o amadurecimento das tecnologias necessárias, a fim de melhorar o desempenho do projeto e embasar tomadas de decisão efetivas.

Nesse contexto, defende-se a sistematização de processos para a “abordagem de desenvolvimento” dos projetos aeroespaciais do COMAER, visando, o aumento de desempenho, confiabilidade e segurança dos mesmos. A primeira justificativa baseia-se no argumento de que a sistematização de processos é essencial para a confiabilidade das informações fornecidas durante o assessoramento para a tomada de decisão, uma vez que métodos de Engenharia de Sistemas consolidam os dados, que estarão disponíveis e claros para o tomador de decisão. A segunda razão fundamenta-se no argumento de que a sistematização da “abordagem de desenvolvimento” do projeto contribui para a evolução de seu TRL, o que permitirá ao projeto evoluir mais rapidamente dos estágios iniciais de amadurecimento até estar pronto para ser disponibilizado às indústrias.

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento de um produto pode ser separado em dois momentos relevantes: “o da criação da solução que vai resolver a necessidade e o da concretização da solução” [6]. Isso significa que durante as fases de concepção e de análise de viabilidade do projeto, são definidas as tecnologias e, também, quanto é necessário amadurecer cada uma delas durante a fase de execução para que as saídas almejadas sejam viabilizadas [5].

Projetos de sistemas complexos, como os aeroespaciais, exigem um pensamento sistêmico e holístico para vencer os desafios encontrados durante o desenvolvimento tecnológico. A Engenharia de Sistemas foi criada refletindo princípios e práticas que foram usadas com sucesso em projetos de vários setores [17]. Por isso, sua abordagem multidisciplinar e focada no desenvolvimento do produto é uma importante contribuição para a sistematização do desenvolvimento das tecnologias requeridas para alcançar os objetivos do projeto [11].

2.1 Tomada de Decisão Fundamentada por Boas Práticas de Engenharia

O projeto é visto como um sistema que se encontra inserido em um sistema ainda maior de entrega de valor da organização. Nesse contexto, os “domínios de desempenho” do projeto são interpretados como um “sistema de gerenciamento com recursos interativos, inter-relacionados e interdependentes, que funcionam em conjunto para alcançar os resultados desejados”. Na medida em que os “domínios de desempenho” interagem, uma mudança ocorre [15].

Também, entende-se que as equipes de projeto reagem às mudanças com todo o sistema em mente e não apenas no domínio de desempenho específico em que a aconteceu a mudança” [15]. Por isso, os campos da Engenharia de Sistemas e do Gerenciamento de Projetos possuem grande sobreposição e contribuições mútuas [11]. Enquanto a Engenharia de Sistemas foca nos aspectos técnicos do desenvolvimento, o Gerenciamento se concentra em atividades semelhantes para todo o projeto [10].

Um estudo conduzido no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), em parceria com o INCOSE (*International Council on Systems Engineering*) e o PMI (*Project Management Institute*), concluiu que, para a melhoria do desempenho, os domínios da Engenharia de Sistemas e do Gerenciamento de Projetos devem se aproximar por meio da integração formal dos processos e da aplicação de boas práticas. O estudo possuía como objetivo monitorar o progresso das atividades para auxiliar a tomada de decisão em relação ao direcionamento do projeto, pois, frequentemente, decisões envolvem resultados conflitantes, múltiplos objetivos e interferências externas. Dessa forma, é fundamental que a tomada de decisão esteja embasada em informações conformes, adequadas e confiáveis [19].

As boas práticas da Engenharia de Sistemas são especialmente apropriadas para projetos que requerem um processo formal de gerenciamento de custo, prazo, tecnologia e complexidade [18]. Os profissionais da área possuem habilidades em gestão de requisitos e *systems thinking*, sendo capazes de conectar os amplos objetivos da gestão aos detalhados trabalhos técnicos, de forma complementar e integrada, auxiliando para a eficácia das decisões gerenciais [11].

Adicionalmente, a Engenharia de Sistemas dispõe de processos de verificação e validação que exigem, periodicamente, a consolidação formal de evidências de conformidade (comprovação) dos requisitos em desenvolvimento.

Dessa forma, a incerteza tecnológica do projeto é reduzida consideravelmente e riscos técnicos podem ser identificados em tempo hábil para tomadas de decisão eficazes [10] [13].

Por fim, a maior parte dos indicadores dos “processos de monitoramento e controle” dos projetos de CT&I são de execução, ou seja, refletem somente o andamento do plano de trabalho [6]. Logo, a sistematização de novos processos deve buscar a definição de indicadores de desempenho (eficácia), que sejam capazes de refletir o real andamento do trabalho, de modo que a informação possua a confiabilidade necessária para que a tomada de decisão seja eficaz [4].

Diante do apresentado, percebe-se que a sistematização de processos é essencial para a confiabilidade das informações fornecidas durante o assessoramento para a tomada de decisão.

2.2 Evolução Tecnológica como Resultado da Abordagem de Desenvolvimento

A maturidade de uma tecnologia pode ser encontrada por meio da comprovação de sua capacidade de aplicação em relação a uma escala que vai de TRL 1, para princípios básicos observados, a TRL 9, para sistema ensaiado em voo. O nível de maturidade é calculado diretamente a partir de registros dos ensaios laboratoriais e de campo. De acordo com as condições em que os testes ocorreram, o TRL pode variar de 4 a 7, sendo igual a 8 quando o sistema é aprovado nos ensaios ambientais de qualificação [13].

Segundo a Agência Espacial Brasileira (2018), na medida em que o desenvolvimento tecnológico evolui para TRLs intermediários (3 a 5), os recursos financeiros tendem a sofrer uma drástica redução. Isso se deve à dificuldade em obter tecnologias suficientemente maduras, seguras e confiáveis a ponto de seu financiamento ser justificado e viabilizado. Logo, vários projetos são encerrados sem “vencer” o chamado “vale da morte” dos projetos de CT&I, ou seja, sem alcançar tecnologias com TRLs mais altos (8 e 9).

A maturação tecnológica requer que os requisitos técnicos sejam realimentados de forma contínua e iterativa de acordo com a necessidade de amadurecimento de cada subsistema do projeto. Para isso, a Engenharia de Sistemas dispõe de processos que fornecem dados suficientes para identificar de maneira direta o TRL das tecnologias. Mais especificamente, o processo de

“gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” reúne um conjunto de atividades que visa garantir que as informações sobre o desenvolvimento sejam documentadas e as modificações do produto sejam, de fato, registradas [10] [13].

Adicionalmente, o processo de “gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” faseia a “abordagem de desenvolvimento” do produto em marcos que formalizam o *status* do projeto. Desse modo, cada fase é consolidada em uma Revisão de Projeto (*Project Review*), que consiste na análise da documentação por um comitê de especialistas. A viabilidade de progresso para a próxima etapa do projeto é analisada, bem como avalia-se a consistência técnica, o avanço tecnológico e as possíveis alternativas em caso de dificuldades [9].

Outra contribuição do processo de gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” é na gestão da complexidade do projeto [14]. Isso ocorre porque as informações submetidas ao comitê devem estar completas e validadas. Assim, reduz-se a ambiguidade, o risco e a incerteza tecnológica, além de tornar possível rastrear cada versão do produto, bem como suas especificações técnicas e de fabricação. Portanto, o processo de “gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” mostra-se adequado e muito vantajoso para a sistematização da “abordagem de desenvolvimento” do projeto [7] [9].

Por isso, a estruturação da “abordagem de desenvolvimento” dos projetos aeroespaciais em fases permite que os “processos de monitoramento e controle” das atividades do projeto sejam mais eficazes, visto que o amadurecimento tecnológico caminha junto com as entregas previstas nas *Reviews* [9].

Diante do apresentado, percebe-se a sistematização da “abordagem de desenvolvimento” do projeto contribui para a evolução do TRL.

3 CONCLUSÃO

A aplicação de boas práticas de Engenharia de Sistemas e de Gerenciamento de Projetos é especialmente apropriada para projetos de tecnologias sensíveis do setor aeroespacial, dada sua complexidade, dificuldade tecnológica e embargos para aquisição.

Mostrou-se que a sistematização de processos é essencial para a confiabilidade das informações fornecidas durante a tomada de decisão, pois processos de Engenharia de Sistemas podem ser integrados ao Gerenciamento do

Projeto para melhor substanciar as tomadas de decisão. Isso se deve à maior confiabilidade dos dados sobre o projeto, que são baseados em evidências de conformidade, ou seja, comprovações de funcionamento. Assim, as decisões são embasadas em elementos validados, consistentes e menos ambíguos, os quais servem de fonte para indicadores de desempenho capazes de refletir o real *status* do projeto para tomadas de decisão mais eficazes, também, em nível estratégico.

Além disso, a incorporação de processos de Engenharia de Sistemas com foco no amadurecimento tecnológico possibilita a sistematização da “abordagem de desenvolvimento” do projeto, contribuindo para a evolução de seu TRL. Isso porque o processo de “gerenciamento da configuração e de controle de mudanças” permite acompanhar a evolução do TRL por meio de indicadores de eficácia localizados em marcos de decisão (*Project Reviews*).

Logo, a sistematização de processos para a “abordagem de desenvolvimento” dos projetos aeroespaciais de CT&I contribui para a garantia do desempenho, da segurança e da confiabilidade de produtos aeroespaciais de interesse do COMAER, auxiliando a reduzir o *gap* existente no domínio científico-tecnológico. Desse modo, é possível responder aos desafios impostos pelas características da guerra moderna, bem como fomentar o complexo científico-tecnológico brasileiro.

Por isso, os “processos de monitoramento e controle” dos projetos de CT&I de sistemas críticos devem ser integrados formalmente a processos de Engenharia de Sistemas, com foco no avanço das tecnologias requeridas para que o desenvolvimento cumpra sua missão e demais objetivos, além de embasar tomadas de decisão acertadas, levando à melhoria no desempenho do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Introdução ao IMATEC como ferramenta de avaliação de maturidade tecnológica em projetos espaciais**. Brasília: AEB, 2018. 38 p.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- [4] COMAER. Diretriz do Comando da Aeronáutica. **DCA 16-5**: Diretriz de Gestão por Processos no Comando da Aeronáutica. Rio de Janeiro: COMAER, 2019.

- [5] COMAER. Diretriz do Comando da Aeronáutica. **DCA 400-6**: Ciclo de vida de sistemas e materiais da aeronáutica. Rio de Janeiro: COMAER, 2007.
- [6] COMAER. Instrução do Comando da Aeronáutica. **ICA 80-12**: Gestão de Projetos de Ciência, Tecnologia e Inovação do DCTA. Rio de Janeiro: COMAER, 2022.
- [7] COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL. Diretriz de Tecnologia Aeroespacial. **DTA 16**: Documentação técnico-gerencial de projetos. São José dos Campos: CTA, 2007.
- [8] DE OLIVEIRA, Wankley Lima et al. Encomendas tecnológicas em processos de obtenção de sistemas complexos de defesa. **Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares**, v. 15, n. 53, p. 127-145, 2021.
- [9] INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO. Norma Padrão de Ação. **NPA-IAE 122/2019A**: Fases de desenvolvimento de sistemas espaciais. São Jose dos Campos: IAE, 2019.
- [10] INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEM ENGINEERING. **Systems engineering handbook**: a guide for system life cycle processes and activities. 3. ed. Washington, USA: INCOSE, 2006. 185 p.
- [11] KORDOVA, Sigal; KATZ, Eyal; FRANK, Moti. Managing development projects - the partnership between project managers and systems engineers. **Systems Engineering**, v. 22, n. 3, p. 227-242, 2019.
- [12] MINISTÉRIO DA DEFESA. **Política nacional de defesa. Estratégia nacional de defesa**. Brasília: MD, 2020.
- [13] NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Systems engineering handbook**. Washington, USA: NASA, 2007. 397 p.
- [14] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the project management body of knowledge and the standard for the Project management**. 7. ed. EUA: PMI, 2021. 340 p.
- [15] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Padrão de gerenciamento de projetos e guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 7. ed. EUA: PMI, 2021. 340 p.
- [16] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 6. ed. EUA: PMI, 2017. 726 p.
- [17] SEBOK EDITORIAL BOARD: IEEE. INCOSE. Stevens Institute of Technology. **The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)**. v. 2.1. 2019.

[18] UNITED STATES AIR FORCE. Space & Missile Systems Center. **Systems engineering primer & handbook**: concepts, processes, and techniques. 3. ed. USA: USARF, 2005. 331 p.

[19] XUE, Rui *et al.* Integrating systems engineering with project management: a current challenge!. In: **INCOSE International Symposium**. 2014. p. 693-704.