



## Estratégia de Harmonização de Meio de Cumprimento (MoCs) de Requisitos

SILVA, C. M. Z.<sup>1</sup>, SOUZA, G. M.<sup>2</sup>, SOUZA, M. L. O.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial - DCTA, São José dos Campos, SP, Brasil

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil

cristiane.silva@inpe.br

---

**Resumo.** *O presente artigo delinea a harmonização da estratégia de Meios de Cumprimento - MoC, sugere-se alinhar o entendimento entre organizações de programas e fornecedores de satélites. Algumas das práticas discutidas neste documento podem auxiliar no controle do cumprimento de requisitos para a área espacial, o que pode impulsionar alguns projetos com recursos limitados e altos custos.*

---

**Palavras-chave:** Requisito; Certificação; Cumprimento; Espacial; Aeronáutica.

### 1. Introdução

A indústria espacial lida com projetos de alta tecnologia, desenvolvimento específico, qualificação de novos componentes e materiais.

Ainda, em todas as indústrias, há uma preocupação constante com o sucesso do projeto. Conseqüentemente, é necessário garantir o cumprimento das necessidades das partes interessadas. Para isso, é realmente importante a adoção de um processo que garanta o cumprimento das exigências, a conformidade com as especificações e monitore o ciclo de vida do produto.

Este trabalho adota de PMI (2013) a definição de ciclo de vida do projeto, esse consiste de uma série de fases pelas quais um projeto passa, do início ao término. As fases são geralmente sequenciais e são organizadas de acordo com as necessidades de gerenciamento e controle da(s) organização(ões) envolvida(s) no projeto, a natureza do projeto em si e sua área de aplicação.

O modelo do ciclo de vida de projetos espaciais adotado pela Agência Espacial Européia (ESA) é dividido em 7 fases, como apresentado a seguir (ECSS, 2009):

Fase 0 - Análise da missão / Identificação das necessidades;

Fase A – Viabilidade;

Fase B – Definições preliminares;

Fase C – Definições detalhadas;



Fase D – Qualificação e Produção;

Fase E – Operação; e

Fase F – Descarte.

As fases 0, A e B focam principalmente na: elaboração funcional do sistema e dos requisitos técnicos; identificação dos conceitos do sistema para cumprir com a declaração da missão; identificação das atividades e recursos necessários para o desenvolvimento do projeto; avaliação inicial dos riscos técnicos e programáticos; e início das atividades de pré-desenvolvimento, baseados em ECSS (2009).

Cf. adaptado de Arnaut (2016), a Engenharia de Requisitos tem como objetivo tratar os desafios de capturar, analisar, expressar e gerenciar requisitos ao longo do ciclo de vida de um sistema. E também, ela é caracterizada como um ramo da Engenharia de Sistemas que atua com o Gerenciamento de Projetos.

De forma geral, para este trabalho, requisito pode ser entendido como um atributo necessário de um sistema, uma afirmação que identifica uma capacidade, característica ou fator de qualidade de um sistema, para que ele tenha valor de utilidade para um consumidor ou usuário, cf. baseado em Young (2004). Ou seja, requisitos é a "declaração das necessidades das partes interessadas", cf. Souza (2016). Entretanto para o tema certificação, requisito pode ser entendido também como a "exigência estabelecida legalmente, tornando-se, majoritariamente, especificação", cf. Souza (2016).

Ainda de acordo com Young (2004), os requisitos são importantes por “prover as bases para todo o desenvolvimento do trabalho que se seguirá. Uma vez definidos os requisitos, os desenvolvedores iniciam o trabalho técnico: projeto, desenvolvimento, teste, implementação e operação do sistema”.

A captura de um requisito é chamada de elicitación (*elicitation*). Young (2004) indica também que esta elicitación é referente ao processo de “entender as necessidades dos consumidores ou usuários para o sistema planejado ou suas expectativas”.

O investimento na elicitación do requisito na fase inicial do projeto e no seu gerenciamento ao longo do desenvolvimento acarreta economia de recursos, tempo, minimiza esforços e resulta no atendimento ao cronograma.

## 1.1. Cenário

Características inerentes aos produtos das indústrias espacial e aeronáutica são: a experimentação de novas tecnologias, complexidade, altos níveis de integração, custos elevados, prazos curtos e ciclos de vida longos. Tais atributos exigem níveis elevados de qualidade. Além disso, no caso espacial podem ser citadas algumas características adicionais como: quase ausência de manutenção, desenvolvimento e qualificação de novas tecnologias envolvidas.

Um fato importante a ser elencado neste momento é que conforme apresentado na Figura 1, cf. Rabello (2016), após uma análise estatística baseada em projetos do U.S. Department of Defense (DoD), pode ser observado que (INCOSE, 2011): 1) o custo despendido para eliminar os defeitos aumenta mais no fim das fases do projeto; 2) o custo comprometido no projeto aumenta mais no início das fases; 3) entretanto, na concepção, o custo despendido é



muito pequeno; 4) cabe então, uma maior atenção nas fases iniciais, visando otimizar recursos, sendo assim pertinente uma maior dedicação na elicitação do requisitos.

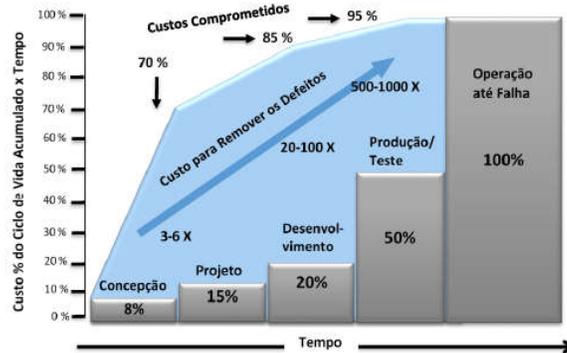


Figura 1. Custos de um projeto durante o ciclo de vida, (Rabello, 2016).

Como apresentação acima, o investimento nas fases iniciais do projeto contribui para evitar desperdícios financeiros empregados. Esse investimento aborda a elaboração de requisitos de boa qualidade, visando evitar gastos futuros com retrabalhos ou correções, por exemplo.

Abaixo é apresentado um método utilizado, em partes, pela indústria aeronáutica, na elaboração da base de certificação de aeronaves, que tem como objetivo gerar requisitos de boa qualidade.

## 2. Metodologia

Método que consiste no alinhamento das expectativas das partes interessadas, por meio de uma sequência de atividades divididas em fases. Podendo ser inserido como um evento contratual.

Método esse, utilizado na área aeronáutica e que foi adaptado pela autora. Promove o entendimento comum dos requisitos.

Esse evento envolve, no caso de organizações responsáveis pelos programas, empresas contratadas, especialistas técnicos do cliente, garantia do produto do cliente, gerentes do programa, operadores e usuários finais do produto.

Por exemplo, no satélite CBERS, os operadores são os profissionais responsáveis pela operação do satélite e os usuários finais são os responsáveis pela observação da Terra.

Tal harmonização evita possíveis mal-entendidos sobre os requisitos, os seus meios de cumprimento e prazos. Além disso, promove a reformulação de requisitos logo no início do projeto, atuando na prevenção ao invés de inspeção.

Entretanto, no caso de um novo projeto, esse evento influencia no contrato, pois pode gerar modificações nos requisitos, acarretando em impacto financeiro.

Essa proposta pode também ser utilizada para novos trabalhos que envolvem modificações de hardware ou software, e ainda para a implantação de algumas políticas da qualidade dentro da instituição.



## **2.1. Fases do Método**

A experiência da autora em certificação aeronáutica e em atividades de garantia de produto espacial indica que os elementos relevantes mínimos para compor a estratégia de harmonização de MoC são os seguintes:

### **Fase 1 - necessidades:**

- (A) Números dos requisitos do cliente;
- (B) Números dos requisitos da contratada ou dos fornecedores;
- (C) Descrição completa das necessidades;
- (D) Ponto focal do cliente;
- (E) Tecnologias/ disciplinas envolvidas (de acordo com as áreas do projeto de Engenharia de Sistemas);
- (F) Ponto focal da contratada ou do fornecedor;

### **Fase 2 - especificação de requisitos:**

- (G) Descrição completa do requisito do contrato;

### **Fase 3 - proposta da contratada ou fornecedor:**

- (H) Entendimento completo da contratada ou do fornecedor quanto ao requisito;
- (I) Proposta de MoC da contratada ou do fornecedor, como será alcançado o cumprimento (estratégia) e recursos necessários;
- J) Cronograma proposto pela contratada ou pelo fornecedor;

### **Fase 4 - aprovação do cliente:**

- (K) Aprovação do cliente em todo o MoC e sua estratégia de comprovação, recursos necessários e cronograma proposto;

### **Fase 5 - análise financeira:**

- (L) Uma análise do impacto financeiro devido a uma modificação de requisito no caso de MoC, estratégia, recursos e/ou já acordado;

### **Fase 6 - aceitação do cliente:**

- (M) Aceitação do requisito por parte do cliente;
- (N) Aceitação do gestor financeiro;

### **Fase 7 - avaliação de requisitos:**

- O) Avaliação dos requisitos.

Esses 15 elementos descritos acima podem levar semanas e talvez meses para serem trabalhados. No entanto, essa estratégia de harmonização visa aproximar as expectativas das contratadas (fornecedores) e dos clientes. Sua administração deve ser atribuída ao



Gerente de Projeto e sua implementação pode ser delegada, ficando à critério da instituição.

O envolvimento de todas as partes interessadas e a participação da garantia do produto - SEQ/ETE/INPE são essenciais, uma vez que o resultado dessa etapa é uma entrada para os processos de atividades subsequentes. A Tabela 1 mostra algumas características do método.

Também cabe ressaltar que a equipe responsável pela atividade devem possuir um certo nível de independência institucional para desenvolver a proposta sugerida e suas fases, ilustradas na Figura 1.

Na Figura 1, os retângulos tracejados em vermelhos ilustram as partes da proposta que não são realizadas padronizadamente e formalmente na instituição (INPE).

A parte interessada designada como "fornecedor" ilustrada na Figura 1 se refere à empresa contratada ou o fornecedor interno da instituição, parte que executa a atividade de solução de engenharia e fabricação do item.

**Tabela 1 - Características do Método [Silva, C. M. Z. (2017)]**

<b>Proposta</b>	<b>Num</b>	5
	<b>Sugestão</b>	Uma Estratégia de Harmonização de Meio de Cumprimento (MoC).
<b>Fatores Importantes</b>	<b>Limitações</b>	Envolvimento dos interessados.
	<b>Pontos Positivos</b>	Contribui para o entendimento entre cliente, empresa contratada (fornecedor) e interessados; contribui para produzir um produto mais próximo das expectativas do cliente; contribui para um maior atendimento da missão proposta.
	<b>Pontos Negativos</b>	Pode tomar meses de trabalho na atividade.

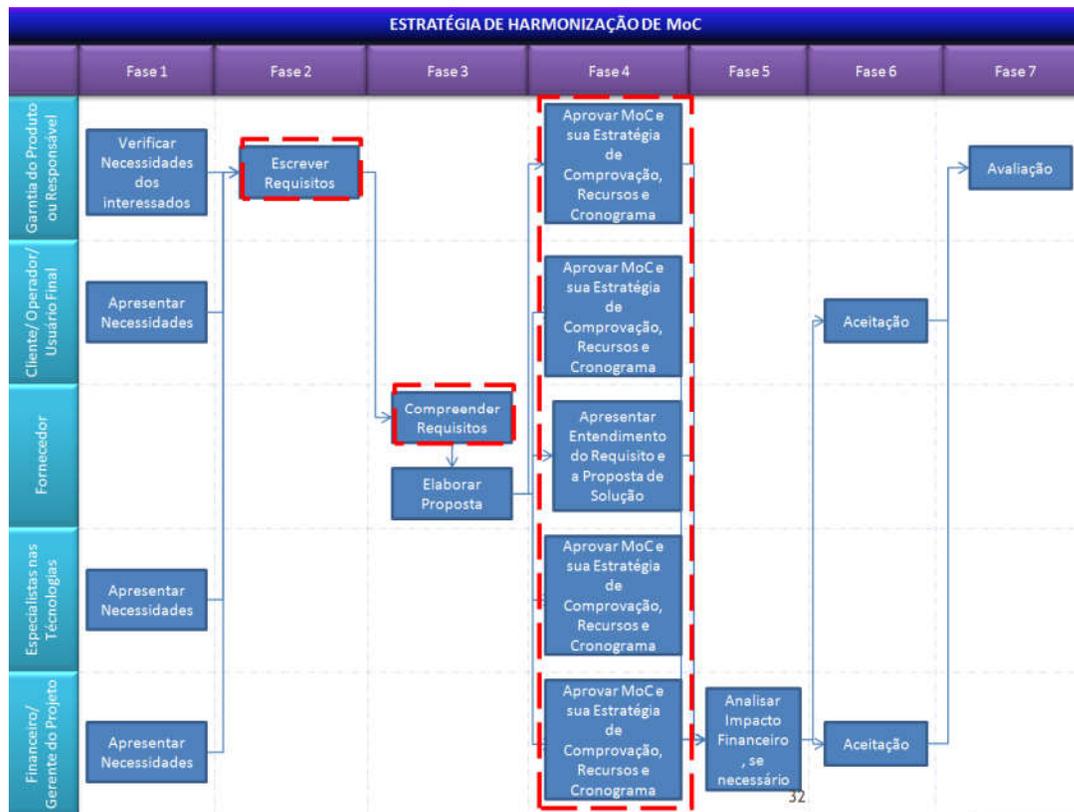


Figura 1 - Fluxograma da Estratégia de Harmonização MoC [Silva, C. M. Z. (2017)]

### 3. Resultados e Discussão

É fundamental implementar esse trabalho no início do projeto, pois isso traz as partes interessadas para uma discussão sobre requisitos, facilitando a compreensão logo no início, proporciona uma melhor solução de alto nível e, conseqüentemente, evita surpresas desagradáveis ou ajustes orçamentários desnecessários. Além disso, a compreensão do requisito diminui drasticamente as probabilidades de entregar um item diferente da expectativa do cliente.

Por fim, as propostas devem ser vistas como um reforço adicional ao controle do atendimento às exigências e garantia da conformidade do produto, visto que essa garantia pode ser uma vantagem competitiva, uma vez que os produtos espaciais são caracterizados por um elevado custo, uma elevada complexidade e requerem uma integração de alto nível das suas partes.

Como fazem outros países, elevando-se os níveis da qualidade das organizações responsáveis pelos programas elevam-se também os das empresas do setor espacial, fomentando assim a indústria.



#### 4. Conclusão

Este trabalho apresentou uma breve introdução sobre engenharia de requisitos e sua importância, definiu termos e esclareceu definições pertinentes encontradas na literatura.

Então foi apresentado um método para alinhamento das expectativas entre as partes interessadas quanto aos requisitos de um projeto, juntamente com o cenário o qual esta inserido.

Foi apresentada sua origem e foram definidas as fases que o contemplam, especificando detalhes e elencando pontos positivos e negativos.

Fundamental sua implementação no início do projeto, permitindo assim, a compreensão logo no início do projeto, proporcionando uma melhor solução de alto nível e evitando gastos desnecessários. Além disso, de diminuir as probabilidades de entregar um item diferente da expectativa do cliente.

As propostas devem ser vistas como um reforço para o controle de cumprimento de requisitos espaciais. Esta garantia pode ser uma vantagem, enquanto os produtos espaciais são caracterizados por alto custo, alta complexidade e requer alta exigência de qualidade na integração de suas partes.

***Agradecimentos:** Os autores agradecem: o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pelas oportunidades de estudar, pesquisar e apoiar o processo de Garantia de Qualidade do Espaço; e O Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) e a Força Aérea Brasileira por fornecer anos de experiência em Aeronavegabilidade e Certificação Aeronáutica para os autores e por terem investido em sua melhoria.*

#### Referências

- ARNAUT, B. M.; SOUZA, M. L. O.; FERRARI, D. B. Avaliação da efetividade de um processo de gerenciamento e engenharia de requisitos para a fase de concepção do ciclo de vida de sistemas. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAIS DE TECNOLOGIA DA MOBILIDADE (SAE), 2016, São Paulo, Brasil. Anais... SAE, 2016.
- EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). Space product engineering – system engineering general requirements. Noordwijk, Holanda, 2009. (ECSS-E-ST-10C).
- INCOSE. Systems engineering handbook - a guide for system life cycle processes and activities. San Diego, CA: John Wiley and Sons Inc., 2011. 386p.v. 3.2.2.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®). 5. ed. Library of Congress Cataloging-in-Publication, 2013. ISBN: 978-1-62825-007-7.
- RABELLO, A. P. S. S. Um novo processo para melhorar a dependabilidade de sistemas espaciais entre as fases de planejamento e projeto detalhado, incluindo extensões do Diagrama de Markov (DMEP) e da FMECA (FMEP) a Projeto Tese (Doutorado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas



**9º Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais**  
15 e 16 de Agosto de 2018

Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MP6RNL>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

SILVA, CRISTIANE MARIANO ZAVATI. Identificação de um Processo da Garantia do Produto Espacial (INPE) e Proposição de seu Melhoramento Baseada na Sumarização de um Correspondente Processo Aeronáutico (ANAC). / Cristiane Mariano Zavati Silva - São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3NAUL4B>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

SOUZA, M. L. O. Engenharia de requisitos. São José dos Campos: INPE, mar. 2016.

Young, R. R. The Requirements Engineering Handbook. Norwood, MA, EUA: Artech House, 2004.