

# Impacto dos Riscos/Incertezas de Desenvolvimento sobre o Gerenciamento da Configuração dos projetos de satélites das Missões CBERS

FERREIRA, F. S.<sup>1</sup>, RABELLO, A. P. S. S.<sup>2</sup>, SOUZA, M. L. O.<sup>3</sup>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil

<sup>1</sup>Aluno de Mestrado no Curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais-ETE, Opção Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais-CSE, do INPE

<sup>2</sup>Divisão de Sistemas Espaciais (DISEP) do INPE

<sup>3</sup>Professor Colaborador do Curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais-ETE do INPE

flferrei14@gmail.com

---

**Resumo.** *Riscos/incertezas existem em todos os projetos, suas fases, processos, atividades etc. Todos devem ser identificados, classificados e minimizados. Uma forma de resposta importante aos riscos/incertezas são as inevitáveis Mudanças de Engenharia. Assim, este trabalho traz uma visão geral sobre o impacto dos riscos/incertezas de desenvolvimento no Gerenciamento da Configuração das missões CBERS. Para isto: 1) mapeia-os sob a ótica da “abordagem diamante” (novidade, tecnologia, complexidade e ritmo) de classificação de projetos; 2) discute o impacto desses riscos/incertezas no Gerenciamento da Configuração; 3) apresenta uma abordagem teórico-conceitual que 4) relaciona o impacto dos riscos/incertezas de desenvolvimento no Gerenciamento da Configuração com a quantidade de Solicitações de Mudanças de Engenharia (ECRs) dos projetos dos satélites das missões CBERS.*

---

**Palavras-chave:** Risco, Incerteza, Gerenciamento da Configuração, Modelo Diamante, ECR.

## 1. Introdução

Sistemas complexos e/ou altamente integrados como satélites artificiais possuem inúmeros riscos, os quais são mitigados ao longo do processo de desenvolvimento. Para a mitigação dos riscos, utilizam-se os consagrados processos da Engenharia de Sistemas e do Gerenciamento de Projetos. Seguindo esses processos, o desenvolvimento de um satélite é dividido em fases como: definição de requisitos, desenvolvimento do projeto, manufatura, montagem, integração e testes, culminando no entregado produto operacional. Ao final de cada fase do ciclo de vida do projeto, acontecem as revisões de projeto com a finalidade de

garantir que as soluções estejam atendendo às necessidades e expectativas dos interessados. A Figura 1 apresenta, de uma forma simplificada, a complexidade do ambiente de desenvolvimento de um satélite, sendo possível visualizar: os requisitos de entrada para o desenvolvimento, as diversas tecnologias pelas quais ocorre o processo de desenvolvimento, as variadas interações (representadas pelas setas) entre cada uma destas tecnologias e, por fim, o resultado final dos estudos após todas as interações, resumindo assim em uma única visão (*one page report*) o **Modelo Conceitual** da missão e do processo de projeto de um satélite.

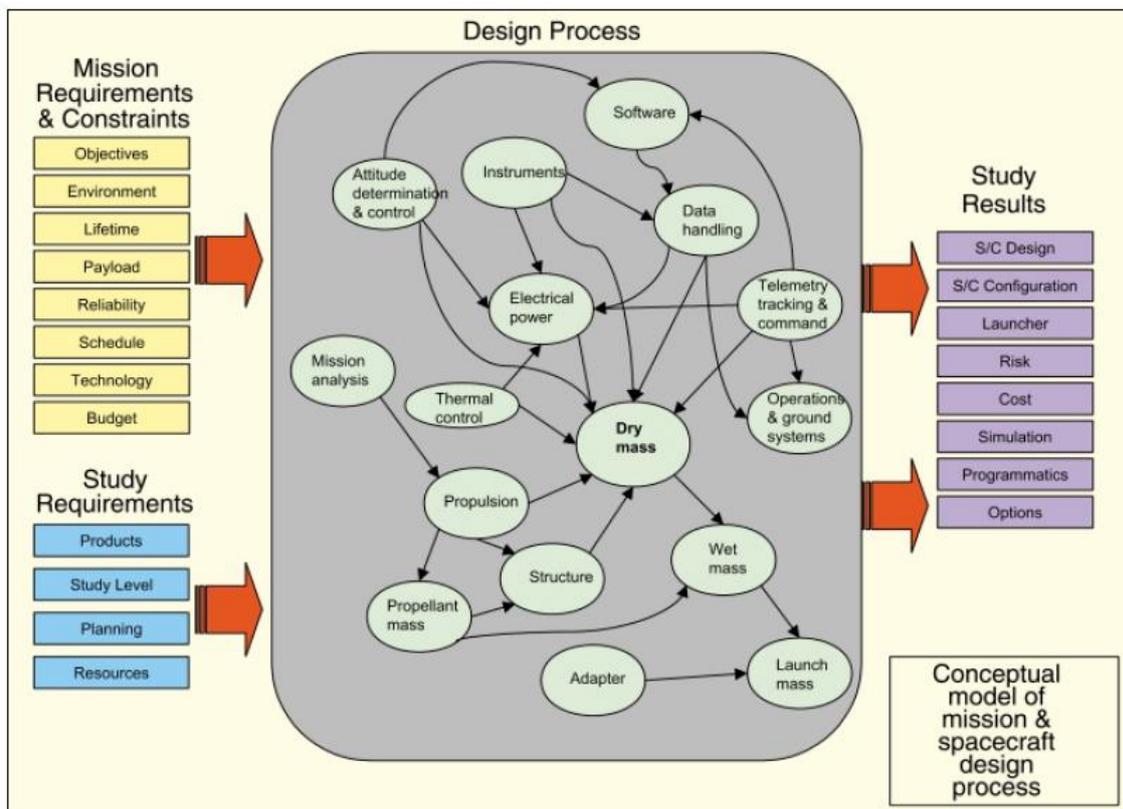


Figura 1: Modelo Conceitual da missão e do processo de projeto de um satélite.  
[Fonte: Bandecchi et al. (1999)]

Neste modelo, **mudanças** tornam-se algo corriqueiro e acontecem frequentemente ao longo das fases de desenvolvimento. Como forma de respostas aos riscos (positivos e negativos), grande parte do sucesso de um projeto está ligado à correta implementação das mudanças tanto do ponto de vista de escopo (“o que”), quanto do momento em que estas devem ser implementadas (“quando”), capturando assim os impactos positivos ou bloqueando as mudanças que venham potencializar os impactos negativos. As mudanças são entendidas como algo normal ao desenvolvimento de qualquer projeto; todavia, a frequência com que as mudanças ocorrem é influenciada pelas diferentes dimensões que caracterizam o projeto em si, destacando-se, para este estudo, quatro dimensões: **novidade, tecnologia, complexidade e ritmo** (SHENHAR E DVIR, 2007). O resultado da combinação dessas

dimensões afeta os processos de Gerenciamento de Projeto, balanceando em maior ou em menor grau os riscos e os benefícios do desenvolvimento. Estes influenciarão no aumento ou diminuição da frequência com que as mudanças ocorrem ao longo do desenvolvimento, exigindo-se do desenvolvimento um **Gerenciamento das Mudanças - GM**. Este processo deve ser eficaz e adequado para a correta implementação das mudanças, a fim de mitigar os riscos e potencializar os benefícios do projeto que foram mapeados a partir do resultado da combinação das 4 dimensões citadas. Este processo deve, ao mesmo tempo, ser eficiente na implementação das mudanças para que o desenvolvimento possa obter os benefícios e/ou bloquear os riscos negativos sem afetar os custos e cronograma do desenvolvimento. O **Gerenciamento das Mudanças - GM** é escopo do processo de **Gerenciamento da Configuração - GDC**.

Partindo deste contexto, considerando o ambiente de desenvolvimento, os riscos e benefícios mapeados pelas 4 dimensões de caracterização do projeto, as mudanças, e o processo de gerenciamento como resposta aos riscos e benefícios, este estudo apresenta uma visão geral do impacto dos riscos/incertezas de desenvolvimento sobre o Gerenciamento da Configuração dos projetos de satélites das missões CBERS.

## 2. Metodologia

Este estudo teórico-conceitual seguirá as etapas de: 1) Introdução; 2) Metodologia (com Fundamentos, Mapeamento dos Riscos de Desenvolvimento dos projetos de satélites das Missões CBERS, Levantamento das Solicitações de Mudanças de Engenharia); 3) Resultados e Discussão; 4) Conclusão; e 5) Referências.

### 2.1 Fundamentos

#### 2.1.1 Riscos e Incertezas

A citação a seguir apresenta nossa tradução livre dos conceitos de incerteza, etc., relevantes para este estudo e listados na 7ª edição do guia PMBOK (PMI, 2017, p.117):

**Incerteza:** A falta de compreensão e consciência dos problemas, eventos, caminhos a seguir, ou soluções para buscar.

**Ambiguidade:** Um estado de não estar claro, ter dificuldade em identificar a causa de eventos, ou tendo várias opções para escolher.

**Complexidade:** Uma característica de um programa ou projeto ou seu ambiente que é difícil de gerenciar devido ao comportamento humano, comportamento do sistema e ambiguidade.

**Volatilidade:** A possibilidade de mudança rápida e imprevisível.

**Risco:** Um evento ou condição incerta que, se ocorrer, tem um efeito positivo ou negativo sobre um ou mais objetivos do projeto.

Navegar com sucesso na incerteza começa com a compreensão do ambiente mais amplo dentro do qual o projeto está operando.

Os conceitos de risco e incerteza estão intimamente ligados, conforme apresentado na citação anterior, podendo o risco ser considerado um subconjunto da incerteza, sendo ambos associados com o impacto de um determinado evento ocorrer, seja este impacto **positivo** ou **negativo**. PERMINOVA et al. (apud CARVALHO, 2011; RABECHINI, p. 251) apresenta a diferença entre risco e incerteza na citação a seguir:

A principal diferença entre risco e incerteza se refere à possibilidade do estabelecimento de probabilidades. Assim, o risco caracteriza-se por uma situação cuja decisão é tomada sob condições de probabilidade conhecidas. Já a incerteza, não. É impossível associar a ela valores de probabilidades numéricas, bem como há falta de conhecimentos sobre as consequências de um evento.

### 2.1.2 Gerenciamento Adaptativo de Projetos-GAP

Existem diferentes dimensões que caracterizam o desenvolvimento do projeto de um satélite; entretanto, ao menos quatro delas como: **a novidade, tecnologia, complexidade e ritmo** são considerados destacáveis. Essas quatro dimensões foram estudadas por (SHENHAR; DVIR, 2007) que apresentaram um novo modelo para gerenciamento de projetos denominado **Gerenciamento Adaptativo de Projetos-GAP (*Adaptive Project Management*)**. As dimensões formam um quadro de trabalho (*framework*) denominado **Modelo Diamante (*Diamond Model*)**. Este *framework* auxilia na análise inicial e/ou em andamento dos riscos e benefícios esperados do projeto e auxiliam no desenvolvimento de um conjunto de regras e comportamentos para cada tipo de projeto em análise. De acordo com Shenhar e Dvir (2007, p. 26), cada uma das dimensões afeta o gerenciamento do projeto de uma determinada forma, conforme a citação abaixo e a nossa tradução livre:

**Novidade** afeta o tempo que o projeto deve demorar para congelar os requisitos de produto e a precisão e confiabilidade dos dados de *marketing*. **Tecnologia** afeta a quantidade de tempo que o projeto deve demorar para obter o desenho correto e congelado, a intensidade das atividades técnicas, e as habilidades técnicas requeridas pelo gerente do projeto e pela equipe. **Complexidade** afeta a organização de desenvolvimento do projeto e o nível de burocracia e formalidade necessárias para o gerenciamento desta organização. **Ritmo** afeta o planejamento e revisões, a autonomia da equipe do projeto, e o envolvimento da alta gestão, particularmente nos projetos mais urgentes.

O *framework* do Modelo Diamante, apresentado na Figura 2, tem por objeto realizar a seleção do projeto, balanceando os seus benefícios contra os riscos associados. De acordo com os autores (SHENHAR; DVIR, 2007) e a nossa tradução livre:

A forma do diamante fornece uma ilustração gráfica de um projeto de acordo com seus níveis de novidade, tecnologia, complexidade e ritmo.

À medida que os gerentes tomam decisões sobre a seleção, iniciação e alocação de recursos, eles podem olhar para o diamante como uma ferramenta para discutir os benefícios e riscos potenciais de cada proposta de projeto.

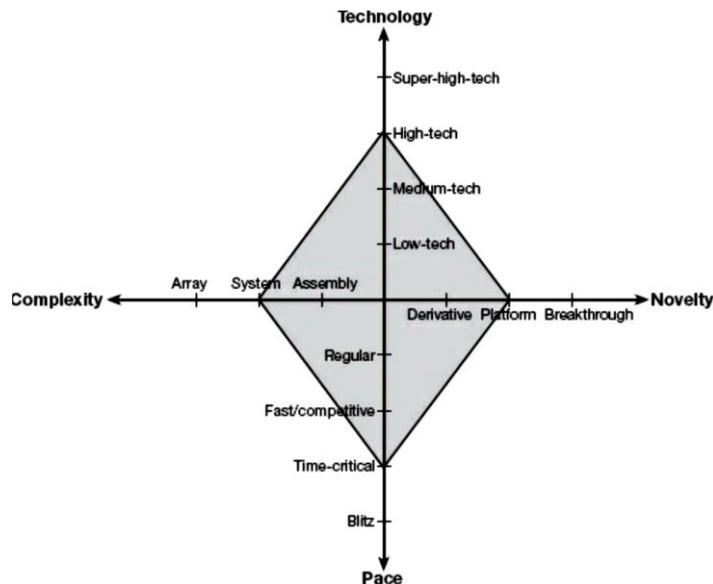


Figura 2: Modelo Diamante. [Fonte: Shenhar e Dvir (2007)]

### 2.1.3 Gerenciamento da Configuração-GDC

O Gerenciamento da Configuração-GDC é um processo que visa garantir que as **Solicitações de Mudanças de Engenharia** (*Engineering Change Requests-ECRs*) que surgirem ao longo do desenvolvimento sejam implementadas ou não, de forma efetiva. Este processo captura, analisa, aprova, implementa e revisa todas as ECRs sobre os **Itens de Configuração (ICs)** do projeto, e realiza a atualização das **Linhas de Base (LBs)**. O objetivo principal do GDC é garantir a integridade e o controle do produto ao longo do seu ciclo de vida. O sucesso de um projeto depende, assim, fundamentalmente, da implementação de um processo eficiente de Gerenciamento da Configuração (STSC, 2005). Segundo Albuquerque (2012), uma adoção de boas práticas de GDC se torna essencial para o sucesso no desenvolvimento e manutenção de produtos, mais ainda para setores que lidam com grandes projetos e de alta complexidade, como os da área espacial. Conforme Yassuda e Perondi (2010, p. 20), o Gerenciamento da Configuração é um conjunto de procedimentos formais documentados, usados para:

- Identificar e documentar as características funcionais e físicas de um produto ou componente,
- Controlar quaisquer **mudanças** feitas nessas características,
- Registrar e relatar cada **mudança** e o andamento de sua implementação,
- Dar suporte à auditoria dos produtos ou componentes para verificar a conformidade com os requisitos.

A seguir, nas seções 2.1.4 a 2.1.6, citam-se definições relevantes para este estudo, cf. Albuquerque e Perondi (2011, p. 5, 7, 8):

### **2.1.4 Controle de Configuração**

[...] o processo para controlar a evolução ou o desvio de uma Linha de Base de Configuração (*Configuration Baseline*), constitui-se no Controle de mudança da Configuração de uma linha de base corrente no projeto. Engloba a preparação, a justificativa, a avaliação e a implementação de mudanças, sejam elas de engenharia ou contratuais, desvios ou *waivers*.

### **2.1.5 Itens de Configuração**

Um Item da Configuração (IC) “é um agregado de H/W, S/W, materiais processados, serviços, ou qualquer de suas partes discretas que sejam classificados como relevantes para o processo de Gerenciamento da Configuração”.

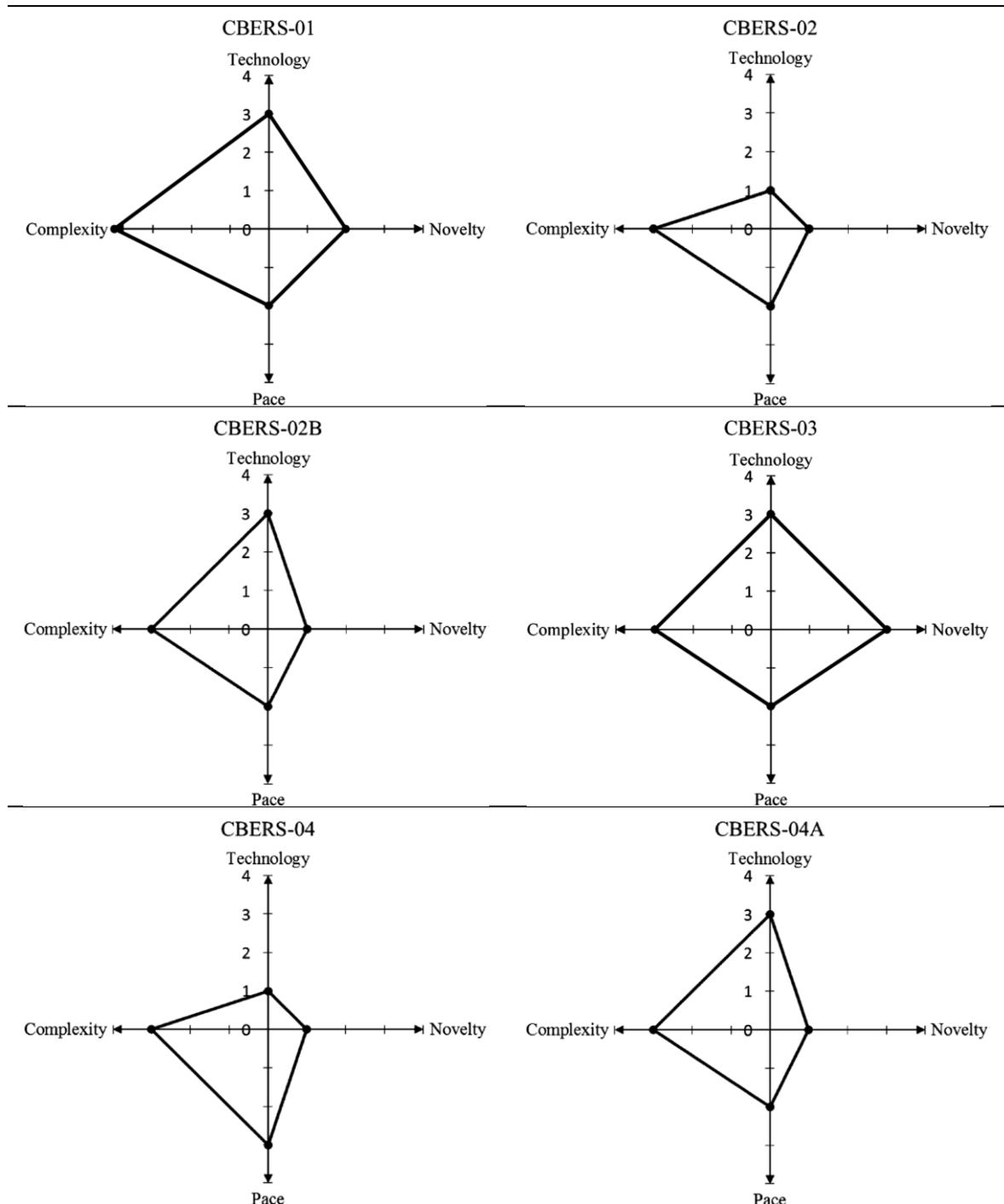
### **2.1.6 Linha de Base de Configuração**

Linha de Base de Configuração (*Configuration Baseline*), representa o status aprovado de requisitos e projeto, em marcos-chave do projeto, e provém o ponto de partida para novas evoluções do projeto.

Uma Linha de Base de Configuração compreende toda a documentação que descreve as características do produto. Esta documentação é formalmente registrada como a configuração de referência em um marco-chave do ciclo de vida do projeto, correspondente a uma das revisões formais de projeto. A partir deste ponto, toda proposta de mudança de características do produto fica sujeita a um processo formal de aprovação, envolvendo todos os atores e as disciplinas afetados, antes que seja efetivada.

## **2.2 Mapeamento dos riscos de desenvolvimento dos projetos de satélites das missões CBERS.**

Em um projeto de satélite, os riscos são mapeados, gerenciados e controlados antes e ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento. A Figura 3 apresenta os gráficos do mapeamento dos riscos dos diferentes projetos dos satélites das missões CBERS, considerando cada uma das dimensões do modelo diamante, cf. Jesus et al. (2021). Este mapeamento pode ser gerado para todo o desenvolvimento, do nível sistemas de sistemas, sistemas, descendo aos subsistemas e componentes, e para todas as fases do desenvolvimento; todavia, o objetivo aqui não é realizar este mapeamento completo, e sim ilustrar seu potencial e uso.



**Figura 3: Riscos associados dos satélites das missões CBERS.**

[Fonte: Adaptado de: Jesus et al. (2021)]

### 2.3 Levantamento das Solicitações de Mudanças de Engenharia.

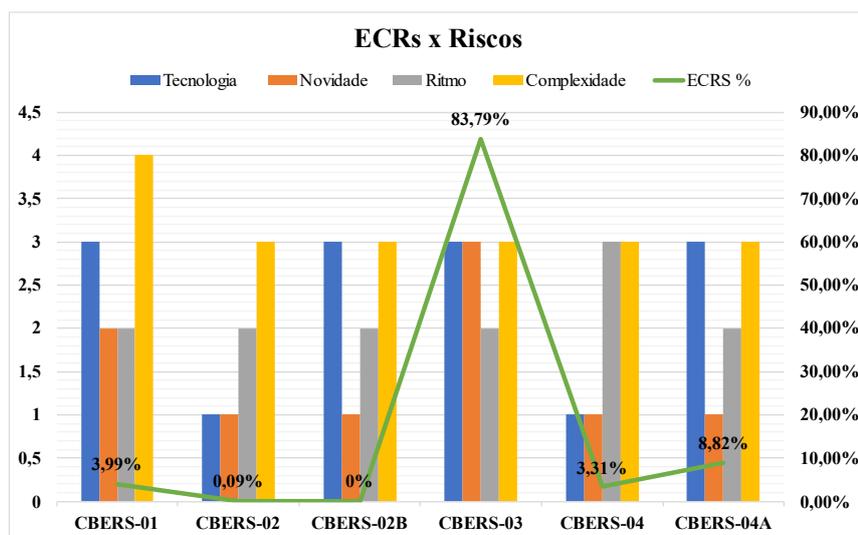
Os riscos mapeados geram impactos nas diferentes áreas do projeto (positivos e/ou negativos). A Tabela 1 apresenta a quantidade relativa do total de Solicitações de Mudanças de Engenharia (*Engineering Change Requests-ECRs*) dos projetos dos satélites das missões CBERS sob a responsabilidade do INPE, cf. Oliveira (2011) e Itami (2022).

**Tabela 1: Quantidade de ECRs por projeto. [Fonte: o Autor, adaptando dados de: Oliveira (2011) e Itami (2022)]**

MISSÃO	QUANTIDADE DE ECRs	REFERÊNCIA:
CBERS 01	3,99%	Oliveira (2011)
CBERS 02	0,09%	Oliveira (2011)
CBERS 02B	Não disponível	-
CBERS 03	83,79%	Itami (2022)
CBERS 04	3,31%	Itami (2022)
CBERS 04A	8,82%	Itami (2022)

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 4 apresenta o gráfico que traz a relação entre a quantidade de ECRs e os riscos de cada projeto das missões CBERS.



**Figura 4: Relação entre Riscos e ECRs. [Fonte: o Autor, adaptando dados de: Jesus et al. (2021), Oliveira (2011), e Itami (2022)]**

Conforme apresentado na Figura 4, existe uma relação de causa x efeito entre riscos levantados com a quantidade de Solicitações de Mudanças de Engenharia. Apesar de não estarem disponíveis os dados da quantidade de ECRs do projeto do satélite CBERS-02B, é notória a variação da quantidade de ECRs dos projetos dos satélites CBERS-01, CBERS-02, CBERS-03, CBERS-04 e 04A, sendo analisadas a seguir.

**Comparação entre os projetos dos satélites CBERS-01 e CBERS-02:** No projeto do satélite CBERS-01 a quantidade de ECRs foi equivalente à 3,99% do total de ECRs consideradas. Comparando esses dados com o projeto do CBERS-02, com a quantidade de ECRs igual 0,09% do total de ECRs consideradas (2,25% em relação a quantidade de ECRs do CBERS-01), nota-se uma grande redução de ECRs entre os projetos. Comparando-se as dimensões Tecnologia, Novidade e Complexidade, todas tiveram suas notas reduzidas entre os projetos CBERS-01 e CBERS-02, fortalecendo o fato que os dois projetos são praticamente idênticos com pequenas melhorias implementadas no CBERS-02; entretanto, a dimensão Ritmo se manteve em 2 alinhado com o principal objetivo do projeto CBERS-02, de manter a continuidade da operação de sensoriamento remoto devido ao fim da vida útil do satélite CBERS-01, seu antecessor.

**Comparação entre os projetos dos satélites CBERS-03 e CBERS-04:** No projeto do satélite CBERS-03 a quantidade de ECRs foi de 83,79% do total de ECRs consideradas, sendo a maior encontrada. Comparando esses dados com os do projeto do CBERS-04, que teve a quantidade de ECRs de 3,31% (3,95% em relação a quantidade de ECRs do CBERS-03), identifica-se uma grande redução de ECRs entre esses projetos. Observando-se as dimensões dos riscos levantados entre esses projetos, a dimensão Ritmo aumentou em 1 ponto devido ao fato do CBERS-04 ter tido seu cronograma adiantado em 1 ano para suprir a falta de serviço de sensoriamento causado pela perda do satélite CBERS-03 em seu lançamento. As dimensões com maiores reduções em seus níveis foram as de Tecnologia e Novidade, saindo ambas dos níveis 3 para 1. Isto é explicado pelo desenvolvimento de uma nova plataforma para o satélite e de novas câmeras de sensoriamento para o CBERS-03 que foram aproveitadas no CBERS-04.

**Comparação entre os projetos dos satélites CBERS-04 e CBERS-04A:** No projeto do satélite CBERS-04A, a quantidade de ECRs torna a subir em relação às do CBERS-04, atingindo o patamar de 8,82% ECRs do total de ECRs consideradas. As dimensões Novidade e Complexidade se mantiveram nos níveis 1 e 3, respectivamente, enquanto a dimensão Ritmo diminuiu 1 ponto, saindo de 3 para 2; entretanto, a dimensão Tecnologia aumentou, saindo de 1 para 3. Este aumento é justificando pela inserção de uma nova câmera e de melhorias na configuração do satélite em relação ao seu antecessor.

#### 4. Conclusão

Há uma relação direta entre os riscos/incertezas associados ao desenvolvimento dos projetos CBERS e o Gerenciamento da Configuração, em especial com a quantidade de Solicitações de Mudanças de Engenharia (ECRs). Quando uma mudança afeta uma linha de base

configurada em uma etapa precedente, é necessário antes: identificar a mudança, registrá-la, analisá-la, aprová-la e depois realizar sua correta implementação. As mudanças ocorrem, pois é necessária uma resposta aos riscos/incertezas (positivos ou negativos) do projeto em desenvolvimento, sendo, portanto, a mudança é um efeito. Uma das suas causas geradoras são os riscos/incertezas que foram previamente mapeados para o projeto, e/ou que foram capturados ao longo do desenvolvimento. Conclui-se que nos projetos de satélites das missões CBERS, o impacto no Gerenciamento da Configuração de projetos, especialmente a quantidade de ECRs, teve grande relação com os riscos/incertezas mapeados; e nota-se também que esta variável possui maior sensibilidade com as dimensões Tecnologia e Novidade, tendo aumentado quando uma ou ambas aumentaram e vice-versa.

***Agradecimentos:** Agradeço ao M. Sc Sérgio Norio Itami pela contribuição com os dados da seção 2.3.*

## **Referências**

ALBUQUERQUE, I. S.; PERONDI, L. F. Gerenciamento da configuração em projetos da área espacial. São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: [http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/03.02.13.18/doc/CSE\\_gmpe\\_1052-pt.pdf](http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/03.02.13.18/doc/CSE_gmpe_1052-pt.pdf). Acesso em: 10/10/2022.

ALBUQUERQUE, I. S. Modelo para o gerenciamento da configuração e gerenciamento da informação e documentação do programa espacial brasileiro. 2012. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ASHBPL>. Acesso em: 10/10/2022.

BANDECCHI, M.; MELTON, B.; ONGARO, F. Concurrent engineering applied to space mission assessment and design. ESA Bulletin, vol.99, Journal Article, 1999.

CARVALHO, M. M.; RABECHINI, R. Fundamentos em gestão de projetos, construindo competências para gerenciar projetos. 3 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2011. 422 p.

JESUS, G. T.; ITAMI, S. N.; SEGANTINE, T. Y. F.; CHAGAS JUNIOR, M. F. Innovation path and contingencies in the China-Brazil Earth Resources Satellite program, Acta Astronautica, v. 178, p. 382-391, 2021. ISSN 0094-5765, Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.09.019>. Acesso em: 10/10/2022.

ITAMI, S. N. Mapeamento de quantidade de ECRS do Programa CBERS [comunicação pessoal]. Mensagem recebida por Flávio de Souza Ferreira em 30 set. 2022.

PMI. A guide to project management body of knowledge and standard for project management. 7 ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc, Jul 2021.

Oliveira, J. C. de. Método de avaliação de custos da não qualidade em projetos espaciais - caso do programa CBERS. São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3AD3278>. Acesso em: 10/10/2022.

SHENHAR, A. J.; DVIR, D. Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation. Boston: Harvard Business Press, 2007.

STSC. Configuration management fundamentals. Salt Lake City: Software Technology Support Center/Crosstalk, 2005.

YASSUDA, I. S.; PERONDI, L. F. Ciclo de vida de projetos na área espacial. São José dos Campos: INPE, 2010. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3746NA8>. Acesso em: 10/10/2022.