



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/08.13.04.48-TDI

ARTEFATOS DE CATEGORIZAÇÃO DE PROJETOS ESPACIAIS E SELEÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO

Irineu dos Santos Yassuda

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelos Drs. Leonel Fernando Perondi, e Milton de Freitas Chagas Junior aprovada em 18 de setembro de 2013.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3EKT272>>

INPE
São José dos Campos
2013

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/08.13.04.48-TDI

ARTEFATOS DE CATEGORIZAÇÃO DE PROJETOS ESPACIAIS E SELEÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO

Irineu dos Santos Yassuda

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelos Drs. Leonel Fernando Perondi, e Milton de Freitas Chagas Junior aprovada em 18 de setembro de 2013.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3EKT272>>

INPE
São José dos Campos
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Yassuda, Irineu dos Santos.

Y26a Artefatos de categorização de projetos espaciais e seleção de metodologias de gestão / Irineu dos Santos Yassuda. – São José dos Campos : INPE, 2013.

xxiv + 122 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/08.13.04.48-TDI)

Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

Orientadores : Drs. Leonel Fernando Perondi, e Milton de Freitas Chagas Junior.

1. gestão de projetos. 2. teoria contingencial. 3. categorização de projetos. 4. metodologias de gestão. I.Título.

CDU 629.7:004.413



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Doutor(a)** em

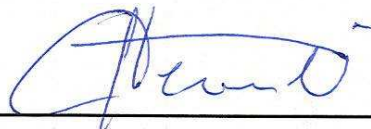
**Engenharia e Tecnologia
Espaciais/Gerenciamento de Sistemas
Espaciais**

Dr. Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira



Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dr. Leonel Fernando Perondi



Orientador(a) / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Milton de Freitas Chagas Junior



Orientador(a) / ITA / São José dos Campos - SP

Dr. Valdeci Donizete Gonçalves



Convidado(a) / IFSP. / São José dos Campos - SP

Dr. Francisco Cristóvão Lourenço de
Melo



Convidado(a) / IAE/DCTA / SJCampos - SP

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

Aluno (a): **Irineu dos Santos Yassuda**

São José dos Campos, 18 de Setembro de 2013

“A necessidade é a mãe da invenção e tem agitado violentamente a sagacidade dos homens atualmente, não sendo de todo impróprio como forma de distinção, chamar a época atual de Era dos Projetos... pois em nenhuma época passada houve o volume de invenções e projetos como nesta época em que vivemos”

Daniel Defoe, 1697.

“Uma boa gestão pode não garantir o sucesso, no entanto, uma má gestão geralmente resulta em falha do projeto.”

Ian Sommerville, 2011

*A meus pais,
Lourdes dos Santos Yassuda,
Tadahiro Yassuda
e a minha esposa
Míriam Kasumi Hwang Yassuda.*

AGRADECIMENTOS

Durante todo trabalho necessitei do apoio e ajuda de muitas pessoas, por isso meus sinceros agradecimentos:

ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e à Coordenação de Engenharia e Tecnologias Espaciais (ETE), pela oportunidade de realização deste estudo e apoio de suas equipes em todos os aspectos do trabalho;

ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), pela infraestrutura, laboratórios e os recursos para a realização dos estudos dentro do âmbito do Projeto SIA;

à Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (Fundep), pela bolsa de estudo;

ao Dr. Leonel Fernando Perondi, pela orientação e apoio na realização deste trabalho, um exemplo de vida tanto profissional quanto pessoal;

ao Dr. Milton de Freitas Chagas Junior pela orientação, correção e apoio;

aos Prof. Dr. Waldemar de Castro Leite Filho, e à Maria Teresa Medeiros de Sousa, pela ajuda e paciência.

Aos professores da Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais, pelos ensinamentos e apoio que permitiram que este trabalho fosse realizado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo por disponibilizar o tempo e o apoio nas etapas finais da elaboração do trabalho.

A meus pais, Lourdes dos Santos Yassuda e Tadahiro Yassuda por sempre acreditarem em mim e a minha esposa Míriam Kasumi Hwang Yassuda pelo incentivo, amor e carinho.

Aos meus colegas que apoiaram e incentivaram, Suely Mitsuko Hirakawa Gondo, Inaldo Soares de Albuquerque, Mônica Elizabeth Rocha de Oliveira, Hadler Egidio da Silva e tantos outros.

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram de forma direta e indireta a vencer mais esta etapa da vida.

A todos, o meu muito obrigado.

RESUMO

O primeiro objetivo desta pesquisa é propor um artefato para Categorização de Projetos Espaciais, adequado ao ambiente contingencial dos projetos espaciais brasileiros. Para fornecer esse artefato de categorização é proposta uma adequação do diagrama NTCR, desenvolvido por Shenhar e Dvir, considerando as especificidades do ambiente em que se inserem os projetos espaciais desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial e o nível de qualificação de seus fornecedores. De modo a capturar as diferentes incertezas associadas ao executor e aos seus subcontratados em um projeto, é proposto que a dimensão Tecnologia, do diagrama NTCR, seja desdobrada em duas novas dimensões: a) Tecnologia de Projeto, Verificação e Integração, relativa às principais atividades desenvolvidas pelo executor (Design, gestão e integração) e b) Tecnologia de Fabricação, associada às principais atividades desenvolvidas pelos fornecedores subcontratados (fabricação). O artefato para Categorização proposta, designada por NTCR-F, teve sua aplicabilidade verificada através da análise de arquitetura utilizando os projetos do programa CBERS e dos Sistemas Inerciais de Aplicação Espacial. O segundo objetivo é apresentar uma proposta de artefato para seleção de metodologias de Gestão de Projetos Espaciais. Este artefato adapta-se às especificidades sócio técnicas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e tem caráter integrador. Isto é, se constitui de duas referências principais: A primeira referência é o digrama UC que visa à seleção de metodologias de gestão adequadas às contingências dos desafios do projeto, considerando as variáveis incerteza e impacto. A segunda referência é o padrão em Gestão de Projetos desenvolvido pelo *European Cooperation for Space Standardization*, ECSS, e adotado pelo INPE na realização de seus projetos. A metodologia de trabalho escolhida para a realização desta pesquisa é a abordagem *Design Science*. Essa abordagem objetiva desenvolver conhecimento que possa ser usado por profissionais em seus campos de atuação para resolução de problemas. O termo *Design Science* foi escolhido para destacar a orientação do novo conhecimento ao *design* (de soluções de problemas do mundo real) e aos artefatos necessários para ações adequadas no domínio dos profissionais. Tomando por base o trabalho Hevner et al, que sistematizaram um conjunto de sete diretrizes que descrevem como a metodologia permite o desenvolvimento e a avaliação de um artefato, neste trabalho, o diagrama NCTR-F e o diagrama UC-E serão considerados os artefatos desta pesquisa.

ARTIFACTS FOR CLASSIFICATION OF SPACE PROJECTS AND SELECTION OF MANAGEMENT METHODOLOGIES

ABSTRACT

The first objective of this work is to propose an appropriate categorization system for space projects within the Brazilian particular environment, in conformity with the contingency theory. To provide this analysis instrument, this thesis proposes an adaptation of the NTCR diagram, proposed by Shenhar and Dvir, considering the inherent specificities to the Brazilian industrial policy and the level of technological capability of the supply chain of this industry. In order to capture the uncertainty associated with the performer and subcontractors on a project, it is proposed that the technology dimension, of the diagram NTCR, is split into two new dimensions: Technology Design, Verification and Integration, on the main activities developed by the executor (design, management and integration) and Manufacturing Technology, associated with the main activities developed by supplier (manufacturing). The proposed classification instrument, called NTCR-F, was applied to China-Brazil Earth-Resources Satellite (CBERS) project and the Inertial Systems for Space Application (SIA) project. The second purpose of this work is to present a proposal for artifact for project management methodologies selection for space projects. The proposed artifact adapts to the specific socio-technical characteristics of National Institute for Space Research (INPE) and has an inclusive nature. That is, is constituted of two main references: The first reference is the UC diagram, which has the objective of selecting appropriate management methodologies to the contingencies of the challenges of the project, considering the uncertainty and impact variables. The second reference is the standard of Project Management developed by the European Space Industry and adopted by the Brazil. The methodology selected to this work is the *Design Science* approach. This approach aims to develop knowledge that can be used by professionals in their fields for troubleshooting. The term “*Design Science*” was chosen to highlight the orientation of new knowledge in *design* (solutions for real-world problems) and artifacts necessary for appropriate action in the field of professionals (HEVNER et al, 2004). Building on the work of Hevner, who systematized a set of seven guidelines that describe how the methodology allows for the development and evaluation of an artifact. In this work, the diagram NCTR-F and the diagram UC-E are considered artifacts of the research.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 – Principais elementos constituintes do ciclo de vida de um projeto na área espacial, conforme diretrizes do padrão ECSS-M-ST-10C, Fonte: (ECSS, 2009). | 9 |
| Figura 3.1 – Categorização no artefato NTCR do projeto do Orbitador Climático de Marte Fonte: SAUSER et al. (2009). | 22 |
| Figura 4.1 - Estrutura do <i>Design Science</i> em Gestão de Projetos. Fonte Autores. | 39 |
| Figura 5.1 - Comparação entre a categorização do Projeto SIA e aquela de projetos correntes do INPE, conforme o artefato NTCR-F. Fonte autores. | 57 |
| Figura 5.2 - Comparação entre a categorização do Projeto SIA e projetos correntes do INPE com respeito às dimensões Tecnologia de Projeto (Design), Verificação e Integração e Tecnologia de Fabricação. | 58 |
| Figura 5.3 - Artefato NTCR-F para a CBERS-3/4. | 60 |
| Figura 5.4- Artefato NTCR-F para o Subsistema Gravador de Dados Digitais e para o Sistema de Coleta de Dados. | 61 |
| Figura 5.5 - Artefato NTCR-F para Câmeras Multiespectral MUX e Multiespectral WFI. | 63 |
| Figura 5.6 - Artefato NTCR-F para o Gerador Solar e para a Estrutura Mecânica | 64 |
| Figura 5.7: Diagrama representando da estrutura hierárquica do projeto genérico. | 67 |
| Figura 5.8: Diagrama representando da estrutura hierárquica do projeto exemplificado. | 68 |
| Figura 6.1 - Evolução dos impactos ao longo do ciclo de vida dos projetos espaciais. | 73 |
| Figura 6.2 - Evolução do nível de incerteza e riscos ao longo do ciclo de vida dos projetos espaciais. Fonte Autores..... | 74 |
| Figura 6.3 - Risco e incertezas se reduzem ao logo do ciclo de vida do projeto, ao passo que os impactos de eventos negativos aumentam. | 75 |
| Figura 6.4 - Artefato UC- Localização dos modelos de Gestão Plan Driven (HOWELL, 2010). | 78 |
| Figura 6.5 - Artefato UC- Localização dos modelos de Problem Structuring (HOWELL, 2010). | 79 |
| Figura 6.6- Artefato UC- Localização dos modelos de Problem Structuring (HOWELL, 2010). | 80 |
| Figura 6.7 - Modelo de Gestão e o Artefato UC (HOWELL, 2010). | 81 |
| Figura 6.8- Projetos Espaciais com inicio com elevado nível de incerteza. | 82 |
| Figura 6.9 - Projetos Espaciais com inicio com nível de incerteza moderado. Fonte Autores. | 83 |

| | |
|--|-----|
| Figura 6.10 - Projetos Espaciais com inicio com nível de incerteza baixo. | 84 |
| Figura 6.11 - Fases e Processos do Ciclo de Vida do Software (INPE, 2011). | 86 |
| Figura 6.12 - Fluxo de Atividades de Desenvolvimento de Software (INPE, 2011). | 87 |
| Figura 6.13 - Artefato UC-E para o desenvolvimento do projeto SIA-DVT-SW. . | 88 |
| Figura B1 - Ciclo de vida de Projetos Espaciais. Fonte: ECSS..... | 112 |
| Figura B2 - Mapeamento dos Grupos de Processo de Gerenciamento de Projeto (PMI, 2008)..... | 113 |
| Figura B3 - Diagrama com entradas e saídas deste processo de Gerenciamento da Configuração e da Informação (ECSS, 2009b), (Albuquerque, 2010)..... | 117 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 3.1 - Artefatos de categorização, categorização e estrutura de gerenciamento de projetos. | 17 |
| Tabela 3. 2 – Escalas para Novidade, Tecnologia, Complexidade e Ritmo, no diagrama NTCR. | 28 |
| Tabela 3.3 – Principais características que afetam o gerenciamento de um projeto, conforme cada dimensão do artefato NTCR. | 31 |
| Tabela 4.1 – Métodos de avaliação utilizáveis em <i>Design Science</i> | 38 |
| Tabela 5.1– Desdobramento proposto para o artefato NTCR, adaptando-o ao modelo de desenvolvimento de projetos no âmbito da área de plataformas orbitais, no programa espacial brasileiro. | 48 |
| Tabela 5.2 – Escalas propostas para as dimensões Tecnologia de Projeto, Design, Verificação e Integração e Tecnologia de Fabricação | 50 |
| Tabela 5.3 – Possíveis classificações de projetos nas dimensões Tecnologia de Projeto (Design), Verificação e Integração e Tecnologia de Fabricação, desdobradas da dimensão Tecnologia do artefato NTCR. | 54 |
| Tabela 5.4– Categorização do Projeto SIA no artefato NTCR-F. | 55 |
| Tabela 5.5 - Escala NTCR-F. | 57 |
| Tabela 5.5 – Categorização dos produtos do Projeto SIA, área de satélites, e do projeto como um todo, conforme o artefato NTCR-F. | 59 |
| Tabela 5.6 - Categorização dos produtos do Projeto SIA, área de satélites, e do projeto como um todo, conforme o artefato NTCR-F. | 65 |
| Tabela 5.7- mostrando os valores dos diagramas NTCR-F de M1, M2, S2 e S3. | 68 |
| Tabela 5.8: mostrando os valores dos diagramas NTCR-F de M1, M2, S2 e S3. | 69 |
| Tabela 5.9: Valores de ST resultantes de S1, S2 e S3. | 69 |
| Tabela B1 - Comparação Requisitos dos Padrões ECSS em relação às Áreas de Conhecimento do PMI. | 114 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|--------|---|
| AEB | Agência Espacial Brasileira |
| AR | <i>Acceptance review</i> |
| CDR | <i>Critical Design review</i> |
| CBERS | Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres |
| DCTA | Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial |
| DoD | <i>U.S. Department of Defense</i> |
| DVT | Dispositivo de validação e testes |
| ECSS | <i>European Cooperation for Space Standardization</i> |
| EDT | Estrutura de Divisão do Trabalho |
| EEE | <i>Elétricos, Eletrônicos, Eletromecânicos</i> |
| ESA | <i>European Space Agency</i> |
| ETE | Engenharia e Tecnologia Espaciais |
| FRR | <i>Flight readiness review</i> |
| GCD | Gestão da Configuração e Documentação |
| GSE | <i>Ground Support Equipment</i> |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| MDR | <i>Mission definition review</i> |
| MECB | Missão Espacial Completa Brasileira |
| NASA | <i>National Air Space Agency</i> |
| NTCR | Novidade, Tecnologia, Complexidade e Ritmo |
| NTCR-F | Novidade, Tecnologia, Complexidade, Ritmo e Fabricação |
| ORR | <i>Operational readiness review</i> |
| PCE | Prazos, custo e escopo |
| PDR | <i>Preliminary Design review</i> |
| PMbok | <i>Project Management Book of Knowledge</i> |
| PMI | <i>Project Management Institute</i> |
| PRD | <i>Project requirements documents</i> |
| PRR | <i>Preliminary requirements review</i> |
| PSPCM | <i>Practice Standard for Project Configuration Management</i> |
| QR | <i>Qualification review</i> |
| SIA | Sistemas Inerciais para Aplicação Aeroespacial |
| SID | Serviço de Informação e Documentação |
| SISCAO | Sistema de controle de atitude e órbita |
| SPG | Serviço de Pós-Graduação |
| SRR | <i>System requirements review</i> |

| | |
|------|---|
| TDI | Teses e Dissertações Internas |
| UC | <i>Uncertainty X Consequences</i> |
| UC-E | <i>Uncertainty X Consequences – Para Projetos Espaciais</i> |
| WBS | <i>Work Breakdown Structure</i> |
| WFI | <i>Wide Field Imagem</i> |

LISTA DE SÍMBOLOS

IT= Valor da dimensão NTCR-F do sistema em estudo.

FP N= Fator de Ponderação do subsistema N.

I N= Valor da incerteza na dimensão NTCR-F do subsistema

SN = Subsistema N

ST= Sistema Completo.

SUMÁRIO

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 | SISTEMAS ESPACIAIS..... | 5 |
| 2.1. | Ciclo de Vida de Projetos Espaciais..... | 8 |
| 2.2. | Modelos..... | 9 |
| 2.3. | Projetos de Sistemas Espaciais no INPE..... | 11 |
| 3 | ABORDAGEM CONTINGENCIAL..... | 13 |
| 3.1. | Abordagem Contingencial da Administração..... | 13 |
| 3.2. | Gestão Contingencial de Projetos..... | 14 |
| 3.3. | Aplicação do artefato NTCR..... | 20 |
| 3.4. | A avaliação NTCR e o estilo gerencial..... | 24 |
| 3.4.1. | Novidade..... | 24 |
| 3.4.2. | Tecnologia..... | 25 |
| 3.4.3. | Complexidade..... | 26 |
| 3.4.4. | Ritmo..... | 27 |
| 4 | METODOLOGIA: <i>DESIGN SCIENCE</i> | 35 |
| 4.1. | Diretrizes da abordagem <i>Design Science</i> | 36 |
| 4.2. | Verificação da Aplicação das Diretrizes do <i>Design Science</i> | 38 |
| 5 | DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO PARA CARACTERIZAÇÃO DE PROJETOS ESPACIAIS..... | 45 |
| 5.1. | Dimensão Fabricação..... | 45 |
| 5.2. | Complexidade..... | 51 |
| 5.3. | Exemplo de Aplicação da Categorização NTCR-F..... | 54 |
| 5.3.1. | Projeto SIA..... | 54 |
| 5.3.2. | Projeto CBERS 3/4..... | 59 |
| 5.4. | Aplicação ao Projeto SIA..... | 64 |
| 5.5. | Composição de valores NTCR-F..... | 65 |
| 5.6. | Resultados do artefato NTCR-F..... | 70 |
| 6 | ARTEFATO PARA SELEÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO DE PROJETOS ESPACIAIS..... | 71 |
| 6.1. | Desenvolvimento do Artefato UC-E..... | 71 |

| | |
|--|-----|
| 6.2. Evolução do Impacto e da Incerteza Durante o Ciclo de Vida do Projeto | 72 |
| 6.3. Seleção de Metodologias de Gestão de Projetos..... | 75 |
| 6.4. Aplicação do artefato UC-E para projetos espaciais. | 82 |
| 6.5. Aplicação no Projeto SIA-DVT-SW..... | 84 |
| 6.6. Resultados do artefato UC-E..... | 89 |
| 7 CONCLUSÃO | 91 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 93 |
| GLOSSÁRIO | 101 |
| APENDICE A: QUESTIONÁRIO DE CLASSIFICAÇÃO DE PROJETOS AEROSPACIAIS | 103 |
| APENDICE B: COMPARAÇÃO ENTRE A DOCUMENTAÇÃO DO PMI E ECSS. | 109 |
| B1 - Comparação Entre a Documentação do PMI e ECSS..... | 110 |
| B2- Controle da Configuração..... | 115 |
| B3-Gerenciamento da Configuração e da Informação. | 116 |
| B4- Os objetivos do Gerenciamento de Configuração são:..... | 117 |
| B5- Gerenciamento da Informação e Documentação: | 118 |
| B5- Conclusão..... | 122 |

1 INTRODUÇÃO

Com a missão de “produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil”, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), desde sua fundação, vem desenvolvendo sua metodologia de Gestão de Projetos, tendo como referência inicial sua experiência no desenvolvimento da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), obtida em treinamento no exterior e através de consultoria especificamente contratada para auxiliar na montagem e condução de um programa espacial. Ao longo dos anos, a metodologia inicial foi se moldando ao modelo de gestão adotado pela Agência Espacial Europeia – ESA (BARBOSA; PERONDI, 2012), o qual se encontra documentado como padrões do *European Cooperation for Space Standardization (ECSS)*.

Porém, “existe um forte corpo emergente de evidências e pesquisas acadêmicas que indica que as ferramentas e técnicas de gerenciamento tradicional de projetos, ainda que necessárias, são insuficientes para gerenciar a maioria dos projetos complexos atuais” (SCHEIBLICH, 2008, p.16).

A teoria da contingência na gestão de projetos preconiza que a gestão de um projeto necessita ser flexível e adaptável às diferentes condições do ambiente em que o projeto se desenvolve e às diretrizes específicas de desenvolvimento organizacional.

Com base na teoria da contingência aplicada a projetos e em pesquisa sobre a evolução recente do gerenciamento de projetos, o primeiro objetivo deste trabalho é apresentar um sistema de categorização de projetos aderente às especificidades do ambiente em que se inserem os projetos espaciais desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) e do nível de qualificação de seus fornecedores.

A categorização de projetos surge como uma resposta à necessidade de identificar variáveis comuns, as quais possam ser utilizadas de forma

suficientemente genérica em projetos para a identificação de subgrupos, com características comuns no que tange ao esforço de seu gerenciamento. O desenvolvimento de sistemas de categorização visa a fornecer um artefato que permita a comparação entre diferentes projetos, tomando como base a visibilidade das suas características e a forma de aplicação (CRAWFORD et al., 2005). Também, permite analisar qual a melhor sistemática de gestão a ser implementada, uma vez que diferentes condições requerem diferentes características da organização do projeto (HOWELL et al., 2009) e diferentes estilos gerenciais para a condução do projeto (SHENHAR; DVIR, 2007).

Uma forma de se realizar a categorização de projetos, notadamente aqueles que apresentam forte caráter inovador, é a de associar ao gerenciamento de projetos variáveis derivadas da teoria da contingência. A razão principal desta associação é a consistência conceitual provida por esta teoria.

De forma especial, esta pesquisa baseia-se na categorização de projetos proposta por Shenhar (2007, 2010), que faz uso dos domínios clássicos da teoria da contingência e propõe que as variáveis relevantes para determinar a ação gerencial realizada por uma organização sejam: a incerteza, a complexidade e o ritmo. Posteriormente, a dimensão incerteza foi subdividida em Tecnológica, relacionada à incerteza quanto à tecnologia a ser empregada, e Novidade, relacionada à incerteza quanto ao conhecimento sobre os requisitos do projeto. Esta caracterização tem sido denominada de NTCR.

Tomando como referência o PNAE 2012-2021 (AEB, 2012), principalmente quando descreve como compromisso do Estado “utilizar seu poder de compra para mobilizar a indústria para o desenvolvimento de sistemas espaciais completos e estimular a criação de empresas integradoras na indústria espacial”, o INPE busca em atuar junto à indústria nacional de forma a capacitá-la e a qualificá-la para a realização de Sistemas Espaciais. Em função dos diferentes níveis de qualificação, existem incertezas tecnológicas relacionadas à capacidade destas empresas em atender aos requisitos de

projeto. Conforme Crawford (CRAWFORD, et al, 2005), estas incertezas ganham maior visibilidade quando explicitadas na forma de parâmetros de categorização de projetos.

Assim, no presente trabalho, propõe-se desdobrar a variável Tecnologia do artefato NTCR em duas dimensões. A primeira dimensão, propõe-se que seja denominada Tecnologia, refere-se ao grau de incerteza relativo aos aspectos técnicos do desenvolvimento do produto. A segunda dimensão, propõe-se que seja denominada Fabricação, refere-se ao grau de incerteza relativo à execução do produto.

Também, propõe-se que a dimensão Complexidade tenha sua escala correlacionada ao nível de dificuldade no controle de configuração do produto, diferentemente da escala proposta por Shenhar, que se correlaciona com o nível hierárquico da estrutura do produto.

No artefato proposto no presente trabalho, propõe-se que as demais dimensões sejam mantidas como no artefato de Shenhar, a dimensão Novidade, associada à dificuldade de estabelecimento de requisitos de produto e a dimensão Ritmo, variável que se refere ao nível de urgência necessário à realização do esforço organizacional para a consecução do objetivo do projeto.

O segundo objetivo desta pesquisa é apresentar uma proposta de artefato para a seleção de metodologias de gestão de projetos espaciais. Um aspecto decorrente da visão tradicional de Gestão de Projetos é o fato de que os gerentes de projetos, frequentemente, falham em considerar seriamente suas alternativas de metodologias de gestão (SHENHAR, 2001). Isto pode ser em parte porque eles não consideram essa análise como parte do gerenciamento de projetos, mas, também, devido à falta de ferramentas de apoio à decisão, que desencoraja tal consideração (HOWELL, 2010).

Howell (2010), a partir do estudo de um amplo conjunto de projetos, agrupa as metodologias de Gestão de Projetos em três categorias, definidas em função

das variáveis “nível de impacto” no caso de insucesso do projeto e a “probabilidade de insucesso do projeto”. Sobrepondo os resultados deste estudo com a evolução da incerteza e do impacto durante o ciclo de vida dos projetos espaciais, foi elaborado um artefato denominado UC-E.

Este estudo propõe a utilização do artefato UC-E para a seleção de Metodologias de Gestão e a análise da aplicação de diferentes metodologias para as diferentes fases do projeto, em função das suas características de impacto e incerteza.

Esta pesquisa está dividida da seguinte forma. Na **Seção 2**, são apresentados conceitos básicos, descrevendo os sistemas espaciais e o ciclo de vida descrito nos padrões ECSS. Na **Seção 3**, é apresentado o referencial teórico no qual se aborda a questão da teoria da contingência associada à categorização de projetos. Na **Seção 4**, é apresentado o método da pesquisa, *Design Science* e o enquadramento do trabalho desenvolvido em seu arcabouço. Na **Seção 5**, é desenvolvido o artefato NTCR-F, com a descrição das especificidades da organização usada como base para a sua validação, o INPE. Nesta seção, também, se faz a aplicação deste artefato a diferentes projetos e subprojetos desta organização, comparando-os entre si e com o artefato de Shenhar e Dvir (2007, 2010). Na **Seção 6**, é desenvolvido o artefato UC-E focado no ciclo de vida de projetos espaciais. Na **Seção 7**, **são apresentadas** as conclusões finais e as propostas de novos estudos.

2 SISTEMAS ESPACIAIS

Um Sistema Espacial pode ser definido como um conjunto de componentes que interagem de forma organizada para atingir objetivos de caráter técnico, científico ou de aplicação, através da operação de ao menos uma das suas partes em ambiente espacial. Seus componentes podem ser bastante diversos, tais como pessoas, organizações, procedimentos, softwares, equipamentos e instalações.

Um projeto de sistema espacial no INPE pode referir-se ao desenvolvimento de um satélite como um todo (ex. programa SCD), o desenvolvimento de parte de um satélite em parceria com outra nação (ex. programa CBERS) ou o desenvolvimento de um subsistema que poderá ser utilizado em vários satélites futuros (ex. Projeto SIA). Projetos complexos, como o de desenvolvimento, construção e lançamento de satélites, precisam de um alto nível de controle para que o produto final atenda plenamente aos requisitos de suas respectivas Missões.

O desenvolvimento deste tipo de projeto é caracterizado por:

- a) lidar com sistemas complexos;
- b) ter custos elevados;
- c) em muitos casos aplicar tecnologias recentes;
- d) desenvolver equipamentos que devem operar num ambiente específico;
- e) precisar de alta confiabilidade: uma vez que, até recentemente, e mesmo agora em apenas algumas aplicações limitadas, trabalhos de "manutenção" podem ser realizados no espaço. Assim, cada componente (quer eletrônico, óptico, mecânico, etc.), e cada sistema ou subsistema deve fornecer segurança de estar livre de problemas de funcionamento (BRENDLE, 1986).

Dentre as características do ambiente espacial, que tornam o desenvolvimento de equipamentos que nele operaram muito específicos, podem-se citar:

- a) vibração e ruído: No instante do lançamento e durante o período de injeção do equipamento em órbita, os equipamentos são sujeitos aos impactos de ondas sonoras e vibrações intensas. Esses fatores podem levar desde a perda de eficiência até a perda total da missão;
- b) ciclos térmicos: Oscilações cíclicas de temperatura da ordem de dezenas de graus, causadas por períodos alternados de exposição ao Sol e à sombra. Isso leva à necessidade de sistemas de controle térmico para evitar prejuízos aos instrumentos e equipamentos necessários à missão;
- c) radiação: Causada pela atividade solar, raios cósmicos e pelas interações destes com o campo magnético da Terra. Essa condição expõe os equipamentos a radiações que causam a degradação de componentes, geração de erros nos instrumentos e falhas nos softwares armazenados nos dispositivos de memória;
- d) vácuo: Essa condição, agravada pelas condições térmicas, causa a sublimação de materiais que na superfície da Terra são estáveis, como vários polímeros e metais leves. Esse processo leva ao desgaste dos componentes fabricados a partir desses materiais e, também, à possível contaminação de lentes e sensores pelos gases gerados. O vácuo, também, afeta o contato entre superfícies, podendo gerar micro soldas e o travamento do movimento entre elementos mecânicos.

O uso das aplicações espaciais no cotidiano vem aumentando ao longo dos anos. Facilidades, hoje cotidianas, como as previsões meteorológicas, coleta de dados ambientais, controle de desmatamento, uso do GPS e mesmo a utilização de mapas como os do Google, dependem em grande medida da utilização dos Sistemas Espaciais. Isso faz com que os Sistemas Espaciais se

tornem cada vez mais complexos em decorrência de missões e aplicações cada vez mais arrojadas, lembrando que os primeiros satélites pesavam algumas dezenas de quilos e levavam apenas alguns circuitos simples e, hoje, podem apresentar dezenas de toneladas em equipamentos. Um exemplo do conseqüente aumento de custos que esse progresso gera é o impacto nos valores de lançamento, estimados na ordem de US\$ 11.000,00 por quilo para órbita baixa e de US\$ 66.000,00 por quilo para a colocação em uma órbita geoestacionária (DASCH, 2002).

Entretanto, a exploração espacial também envolve enormes riscos e suscita grandes desafios científicos, de engenharia e de gerenciamento. Muitas missões possuem características únicas e podem resultar em graves perdas em termos financeiros, vidas humanas e imagem para nações e organizações envolvidas (SAUSER et al., 2009). Este setor tem o potencial de criar em torno de si vasta atividade econômica, com valores típicos de uma missão espacial situando-se na ordem de centenas de milhões de dólares. A indústria associada à aplicação de tecnologias espaciais é considerada como uma fonte altamente dinâmica de inovação, promovendo o desenvolvimento de outros setores econômicos através da geração de externalidades positivas (“*spin-off*”) (LELOGLU, 2008; BRENDLE, 1986).

Todos esses elementos reunidos fazem com que os Projetos de Sistemas Espaciais priorizem a robustez dos equipamentos, mesmo respeitando outros parâmetros, como tempo e custo (BRENDLE, 1986). Desta forma, todos os processos de desenvolvimento devem ser guiados por padrões que estabeleçam diretrizes para a compreensão, a coordenação e o controle de cada etapa do desenvolvimento do sistema.

Em função do tamanho, complexidade e criticidade do produto, o projeto pode ser segmentado em subconjuntos, que em geral, correspondem aos subsistemas lógicos do satélite. Cada um destes subconjuntos pode ser tratado como um projeto individual, realizado por equipes separadas, mas que se

reportam para uma mesma gerência central, que cuida do projeto como um todo.

Cada um destes subprojetos colabora o para resultado final do projeto. O projeto como um todo, por sua vez, se subdivide em fases, que devem ser adaptadas às características do produto, organizações envolvidas e outros elementos do projeto.

2.1. Ciclo de Vida de Projetos Espaciais

Conforme Turner (TURNER, 2009) há cinco etapas no ciclo de vida de um projeto, a saber: concepção, análise de viabilidade, projeto (Design), execução e comissionamento do produto. Os projetos desenvolvidos no INPE enquadram-se nesta estrutura geral, com definições especiais para cada uma destas etapas, principalmente as de projeto e execução.

A Cooperação Europeia para a Normalização Espacial (*European Cooperation for Space Standardization – ECSS*) constitui-se em uma iniciativa de países europeus, através da Agência Espacial Europeia (ESA), agências espaciais nacionais e associações empresariais, para o estabelecimento de normalização na área espacial. Os padrões ECSS são aplicáveis ao gerenciamento, ao projeto e à garantia do produto de programas/projetos na área espacial e buscam promover, além do estabelecimento de padrões comuns, a interoperacionalidade da infraestrutura espacial existente nos países participantes da iniciativa (ECSS, 2009).

A **Figura 2.1** apresenta a sequência de fases, conforme diretrizes do padrão ECSS (ECSS, 2009), indicando quando cada modelo é produzido e o posicionamento das revisões de projeto, reuniões em que o desenvolvimento do trabalho é avaliado. No total, são sete fases, contemplando desde a transformação das necessidades do usuário em requisitos, na Fase 0, até a fase de descarte final do sistema, na Fase F.

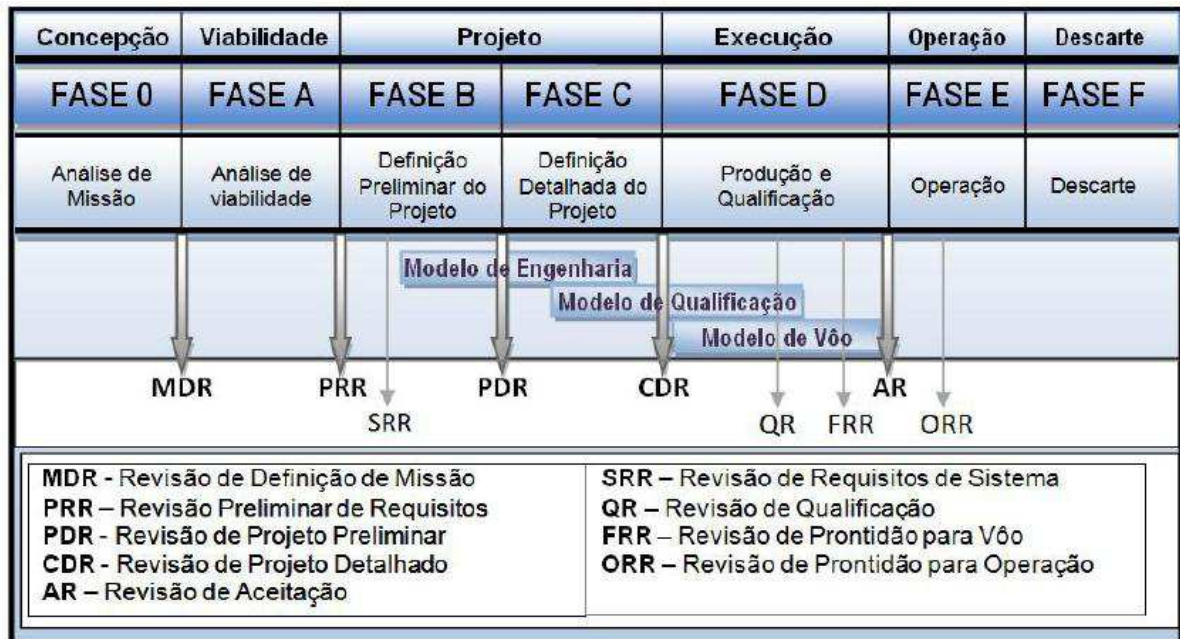


Figura 2.1 – Principais elementos constituintes do ciclo de vida de um projeto na área espacial, conforme diretrizes do padrão ECSS-M-ST-10C, Fonte: ECSS (2009).

É importante observar que as fases do ciclo de vida ocorrem para o projeto como um todo e podem se repetir para cada um dos subsistemas e equipamentos definidos na Estrutura de Divisão do Trabalho (EDT) (ECSS, 2009).

2.2. Modelos.

A estratégia de verificação implementada em projetos varia conforme a natureza do projeto e do produto. Em projetos da área espacial são utilizadas estratégias que buscam a confiabilidade do produto final. Esta estratégia contempla, minimamente, os seguintes modelos: Modelo de Engenharia, Modelo de Qualificação e Modelo de Voo. Dependendo de particularidades do projeto, estes modelos são desenvolvidos para equipamentos, subsistemas e, somente em situações muito especiais, para o sistema como um todo (GONDO, 2012). O processo pode ser dividido em duas etapas: primeiramente, desenvolve-se um modelo para a verificação das soluções de técnicas propostas, o Modelo de Engenharia. Este é fabricado a partir de partes e materiais funcionalmente equivalentes àqueles qualificados para aplicação

espacial e é representativo do modelo de voo quanto à funcionalidade e desempenho. É utilizado, essencialmente, para a qualificação funcional do projeto do produto, exceto no que tange às verificações de redundância, demonstração de tolerância a falhas e checagem da “deriva” de parâmetros. O modelo de engenharia é também utilizado para a validação final das instalações de teste e do *Ground Support Equipment* GSE, bem como de procedimentos correlatos (ECSS, 1998).

No Modelo de Qualificação tanto as soluções de engenharia quanto as de fabricação são verificadas. Este modelo é fabricado para auxiliar na qualificação dos processos de fabricação e utiliza partes e materiais com qualificação espacial, sempre respeitando as restrições de custo e prazo.

“Como forma de minimizar a possibilidade de falhas, a filosofia implementada pela garantia da qualidade, em projetos da área espacial, exige que a fabricação de equipamentos de voo se dê, exclusivamente, através de processos verificados ou qualificados, ou seja, processos que, realizados por meio de um conjunto de instruções sequenciais previamente definidas, apresentam o mesmo resultado com confiabilidade” (GONDO, 2012).

O Modelo de Qualificação é, então, submetido a testes funcionais e ambientais com parâmetros em níveis superiores aos que o equipamento de voo experimentará em operação, de modo a demonstrar que as soluções propostas atendem aos requisitos ambientais e de operação definidos.

O Modelo de Voo é, então, fabricado a partir de versões consolidadas tanto dos processos quanto das listas de partes mecânicas, componentes EEE e materiais, através de mão-de-obra certificada. Estes modelos são submetidos a testes funcionais e ambientais em nível de aceitação com valores menos rigorosos do que nos ensaios do Modelo de Qualificação (GONDO, 2012).

Concluindo, de forma sintética, tem-se:

- a) Modelo de Engenharia: Tem objetivo validar os conceitos a serem utilizados pelo projeto; é fabricado a partir de partes e materiais funcionalmente equivalentes àqueles qualificados para aplicação espacial;
- b) Modelo de Qualificação: Tem por objetivo principal qualificar os processos de fabricação; fazendo uso por de partes e materiais com qualificação espacial;
- c) Modelo de Voo: É fabricado exclusivamente através de processos qualificados e de partes e materiais com qualificação espacial, e é submetido a testes funcionais e ambientais em nível de aceitação.

Essa sistemática de modelos surgiu da necessidade de eliminar as incertezas e gerenciar os riscos do projeto. A cada modelo as incertezas e riscos do projeto são reduzidos, atendendo a seguinte filosofia:

- a) no modelo de engenharia procura-se reduzir os riscos e incertezas associados à arquitetura e concepção do produto;
- b) no modelo de qualificação procura-se reduzir os riscos e incertezas associadas aos processos de fabricação que serão utilizados para a realização do produto;
- c) no modelo de Voo são realizados testes para se verificar a adequação do produto final realizado.

2.3. Projetos de Sistemas Espaciais no INPE.

Partindo do exposto no PNAE 2012-2021 (AEB 2012), todo projeto na área de satélites, em que o INPE é o executor principal, tem como um dos objetivos a subcontratação de fornecedores na indústria nacional, a fim de capacitá-los para a fabricação de produtos com aplicação na área espacial. Portanto, em

todo projeto, existe, além do objetivo de cumprimento da meta física do projeto, em geral um sistema espacial, o objetivo subsidiário de qualificação de fornecedores nacionais.

No estágio corrente do programa espacial, esta diretriz tem se traduzido em uma divisão de trabalho para a execução de projetos em que a fabricação de equipamentos é efetuada, majoritariamente, na indústria, enquanto que o projeto (*Design*), a gestão do projeto, incluindo a gestão da qualidade e a integração são efetuadas, majoritariamente, no INPE (GONDO, 2010).

3 ABORDAGEM CONTINGENCIAL

3.1. Abordagem Contingencial da Administração.

Na abordagem clássica da administração, a organização é vista como um sistema fechado no qual os administradores tem por objetivo melhorar a produtividade e a eficiência dos processos. As influências externas ao sistema são barradas. Nas abordagens como a contingencial a organização é vista como um sistema aberto, onde as funções da organização ocorrem em conjunção com o ambiente externo, interagindo com outros sistemas (KALISKI, 2001).

A Teoria das Contingências foi sendo gradualmente desenvolvida desde o final da década de 1950. Esta teoria advoga que a eficácia de uma organização depende da habilidade desta em se ajustar e adaptar ao ambiente em que atua (LAWRENCE E LORSCH, 1967; DVIR, 2003; CHIAVENATO, 2008; SAUSER et al., 2009; HANNISCH, 2013). Para isso necessita que seja mantida uma coerência entre sua estrutura e seu ambiente (DONALDSON, 2001; SAUSER et al., 2009; HANISCH, 2012). Essa adaptação envolve tanto em seu caráter mais geral (representado pelas condições tecnológicas, políticas, sociais e econômicas), quanto em seu caráter mais específico, (representado pelos seus clientes, fornecedores, concorrentes e agentes reguladores), (CHIAVENATO, 2008). Desta forma não existe uma forma única de estrutura organizacional que seja adequada a todas as organizações. Contrariamente, a estrutura mais eficaz de uma organização depende de fatores contingenciais, e precisa, assim, se ajustar continuamente às condições ambientais mutantes (DONALDSON, 2001).

Portanto, não se pode dizer que existe uma melhor estrutura organizacional que garanta um alto desempenho em qualquer ambiente, ao contrário, o ambiente que força a estrutura da organização a se adaptar. Por exemplo, uma organização muito grande possui um alto grau de burocracia, uma organização que precisa lidar com incertezas tende a ter uma burocracia menor e uma

organização com clientes e negócios diversificados exigem que se subdivida ou tenha uma estrutura matricial (DONALDSON, 2001; HANISCH, 2012).

Uma organização eficaz possui uma estrutura organizacional que gera condições para que seus membros trabalhem de forma coordenada, permitindo, assim, que as tarefas sejam cumpridas com um desempenho de alto nível. A teoria da contingência advoga que não existe uma forma única de estrutura organizacional, que seja adequada a todas as organizações. Contrariamente, a estrutura mais eficaz de uma organização dependeria de fatores contingenciais, e precisaria, assim, se ajustar continuamente a condições ambientais mutáveis (LAWRENCE AND LORSCH, 1967; PERROW, 1967; DONALDSON, 2001; COLLYER, 2009; DVIR, 2003; SAUSER et al., 2009; HANISCH, 2012).

3.2. Gestão Contingencial de Projetos.

Estudos demonstraram que a maioria dos projetos não cumprem os prazos, metas de orçamento, ou ainda, deixam de satisfazer as expectativas dos clientes e/ou da organização (STANDISH GROUP, 2012). Num estudo envolvendo em torno de 600 exemplos de projetos em diversos setores, coletados ao longo de uma década e meia, aproximadamente 85% falharam em cumprir metas de tempo e orçamento (SHENHAR; DVIR, 2007. P. 17).

A visão tradicional de gerenciamento de projetos apresenta argumentos relativos à possibilidade de se considerar a realização de projetos seguindo uma única abordagem. Tal visão fica bem caracterizada pelas seguintes expressões largamente difundidas por aqueles que a seguem: “one size fits all”; “project-is-a-project-is-a-project”; “paint all projects with one brush”. Estudos recentes (DVIR, et al., 1998; SHENHAR, 2001; DONALDSON, 2001; CRAWFORD, HOBBS E TURNER, 2005; SHENHAR; DVIR, 2007; SAUSER et al., REILLY E SHENHAR, 2009; HOWELL, WINDAHL, SEIDEL, 2009;

ABDULLAH, 2010; HANISCH, 2012) demonstram a necessidade e a pertinência de se questionar esta visão tradicional acerca da abordagem única do gerenciamento de projetos.

O enfoque de uma teoria universal de Gerenciamento de Projetos tem se demonstrado inadequado para explicar a razão do sucesso ou da falha de projetos. Sobretudo os que fogem aos padrões tradicionais devido a diferenças em seu ambiente de execução, diretrizes que os balizam ou outras características desafiadoras que vão além do seu desempenho com relação às clássicas restrições de prazo, custo e escopo, (SAUSER et al., 2009, DVIR, 1998, SHENHAR, 2010, COLLYER, 2009, SAUSER et al., 2009A, ARAUJO, 2007).

A despeito de ser conhecida há algum tempo, somente recentemente a Teoria das Contingências passou a ser aplicada à Gestão de Projetos. A aplicação da teoria da contingência na gestão de projetos preconiza que a gestão de um projeto deva ser flexível e adaptável às diferentes condições do ambiente em que o projeto se desenvolve e a diretrizes específicas de desenvolvimento organizacional (DONALDSON, 2001; SAUSER et al., 2009; HOWELL, 2010). Assim, a abordagem contingencial se contrapõe à abordagem tradicional, advogando que o sucesso de um projeto deva ser avaliado de forma mais abrangente, que vá além do seu desempenho com relação às clássicas restrições de prazo, custo e escopo (ATKINSON, 1999; PINTO, 1988). Esta teoria preconiza que as estruturas estabelecidas para a gestão dos projetos devem ser flexíveis e adaptáveis às diferentes condições do ambiente e às suas diretrizes específicas. Assim, como no caso das organizações, não existiria uma forma única de gerenciamento, que fosse adequada a todos os projetos (SHENHAR, 2001).

Os projetos se distinguem entre si por diversos aspectos como complexidade, tamanho, risco, geografia, tecnologia requerida, restrições comerciais e legais entre outros. Por outro lado, alguns aspectos aparecem frequentemente,

permitindo a criação de artefatos de categorização de projetos (SHENHAR, 2007).

A categorização de projetos surge como uma necessidade de identificar variáveis comuns que possam ser aplicadas de forma suficientemente genérica em projetos visando à identificação de subgrupos com características comuns no que tange ao esforço de seu gerenciamento. O desenvolvimento de sistemas de categorização visa a fornecer um artefato que permita a comparação entre diferentes projetos, a visibilidade das suas características e a forma de aplicação (CRAWFORD ET AL., 2005). Também permite analisar qual a melhor sistemática de gestão a ser implementada, uma vez que diferentes condições requerem diferentes características da organização do projeto (HOWELL et al., 2009) e diferentes estilos gerenciais para a condução do projeto (SHENHAR; DVIR, 2007).

Conforme Crawford (CRAWFORD et al, 2005), o desenvolvimento de um artefato de categorização de projetos envolve a três desafios:

Comparabilidade: É necessário que o artefato permita aos gestores comparar os projetos entre si de forma a auxiliar na utilização de experiências acumuladas em projetos passados e dentre projetos diferentes de forma a auxiliar no gerenciamento dos mesmos. O número de características a serem utilizadas não pode ser tão reduzido a ponto de simplificar demais a realidade e nem tão extenso a ponto dificultar a tomada de decisões. Também é necessário que alguns termos sejam estabelecidos de forma a tornar o artefato coerente com linguagem usada na organização;

Visibilidade: A seleção de alguns aspectos dos projetos faz com que estes se tornem mais visíveis aos gestores em detrimento de outros quando da utilização da categorização. A seleção de aspectos deve levar em conta a natureza da organização, seu ambiente e as características dos projetos que esta realiza;

Controle: O desenvolvimento de um artefato de categorização envolve algum julgamento, seja na identificação dos aspectos realmente relevantes, no estabelecimento das regras de avaliação de categorização e na forma de aplicação do artefato (CRAWFORD et al., 2005).

Correntemente, existe uma grande variedade de artefatos para a categorização de projetos e de correspondentes propostas de abordagem para o seu gerenciamento, de modo que se pode afirmar que não existe uma forma consensual para a análise contingencial de projetos. Porém, poucos destes sistemas estão calcados em evidência empírica substancial (CRAWFORD et al., 2005; HOWELL et al., 2009). SAUSER et al. (2009) resumiu alguns artefatos de categorização, categorização e estrutura de gerenciamento de projetos onde apresenta uma coleção de estudos notáveis na área, com a ressalva que alguns são específicos para seu particular ambiente, **Tabela 3.1**.

Tabela 3.1 - Artefatos de categorização, categorização e estrutura de gerenciamento de projetos.

| Autor , ano | Descrição do Estudo | Resultados |
|-------------------------|--|--|
| Peart, 1971 | Estudaram diversas organizações, a fim de compreender a sua comunicação e forma avaliação das informações sobre projetos passados. | Informaram que a maioria dos projetos usam sistemas únicos de numeração. A Categorização pode ser feita por tipo de tipo de contrato, ou subcategorias semelhantes, |
| Henderson e Clark, 1990 | Demonstraram que a categorização tradicional de inovação como incremental ou radical é incompleta e potencialmente enganosa. | Apresentaram uma Matriz 2X2, que indica quatro categorias de inovação, que distingue entre os componentes de um do produto e a forma como eles são integrados dentro de um sistema que é a arquitetura do produto. |
| Bubshait e Selen, 1992. | Desenvolveram uma relação entre o número de técnicas de gestão de projetos utilizadas e as cara Tabela 3.1 - Continuação projetos. | Indicaram que existe uma relação positiva entre o número de técnicas de gestão projetos utilizadas e nível de complexidade envolvida nos projetos. |
| Clark e Fujimoto, 1991. | Descreveram as várias justificativas para a organização de projetos e estruturas. | Especificaram o significado das pesadas estruturas de gerenciamento de projetos da |

Continua

Tabela 3.1 Continuação

| | | |
|-----------------------------|--|--|
| | | indústria automotiva. |
| Turner e Cochrane, 1993. | Agruparam os Projetos com base em quão bem definidos são seus objetivos e os métodos para a sua realização. | Propôs que os projetos sejam classificados de acordo com uma matriz 2X2, definindo quatro categorias e três tipos de estruturas. |
| Lindkvist et al. 1998. | Utilizaram uma metodologia de estudo de caso para demonstrar como um modelo de tipologia projeto pode detectar erros em um contexto de complexidade sistemática. | Sugeriram um modelo identificado por quatro diferentes lógicas organizacionais relacionadas com a importância do aspecto "tecnológica" no contexto do projeto. |
| Payne e Turner, 1999. | Testaram a hipótese de que é melhor usar uma única abordagem de gestão de todos os projetos. | Demonstram uma frequência maior de pessoas relatando melhores resultados para a seus projetos quando adequam os procedimentos em função do tipo de projeto que está sendo executado, adequando os procedimentos para o tamanho do projeto e o tipo de recursos disponíveis. |
| Florice e Miller, 2001. | Descrevem um quadro conceitual para sistemas de estratégia de projetos. | Demonstraram que um alto desempenho do projeto requer sistemas estratégicos que sejam robustos em relação aos riscos previstos e governável em face de eventos imprevistos. |
| Shenhav e Dvir, 2007, 2010. | Apresentaram como diferentes projetos devem ser gerenciados de maneiras diferentes e propôs um artefato de categorização multidimensional para projetos. | Propuseram uma ferramenta de categorização com quatro dimensões baseadas na Novidade, Tecnologia, Complexidade e Ritmo (NCTR) para adaptar o estilo gerencial adequado às necessidades específicas de um projeto. |
| Lewis et al, 2002. | Exploram a natureza, a dinâmica e os impactos de contrastantes estilos de gerenciamento de projetos com uma estrutura conceitual. | Descobriram que os estilos podem ser diferentes, mas estão interligados ao monitoramento, avaliação e controle das atividades; o uso dessas atividades varia ao longo do tempo; a mistura de estilos melhora o desempenho e a relação com as incertezas da gestão de projetos. |
| Youker, 2002. | Afirma que a classe mais importante e útil de tipos de | Sugeriu que os projetos agrupados de acordo com as |

Tabela 3.1 Conclusão

| | | |
|---------------------------|---|---|
| | projeto é baseada no produto ou no resultado do projeto | características do seu produto final; características muito semelhantes exigem abordagens semelhantes. |
| Terwiesch et al. 2002. | Demonstraram um modelo de categorização para determinar estratégias alternativas com base na adequação das informações em atividades de engenharia simultânea. | Apresentaram um modelo que permite determinar melhor abordagem de planejamento de projeto distinguindo as estratégias e as razões para escolhê-las. |
| Pich et al. 2002. | Identificaram três estratégias fundamentais de gerenciamento de projetos relacionadas à adequação da informação (incerteza): instrucionismo, aprendizagem, e selecionismo | Apresentaram um modelo de quatro quadrantes com base nestes três estratégias que determina o estilo e a abordagem de um projeto |
| Archibald Voropaev, 2003. | Desenvolveram um artefato prático para categorização de projetos com fases do ciclo de vida semelhantes e um único processo de gerenciamento de processos. | Propuseram uma categorização e subcategorização de projetos com base sobre o produto ou serviço final do projeto. |
| Crawford et al. 2005. | Identificaram um sistema de categorização de projetos para determinar a seus efeitos e atributos | Duas representações hierarquicamente ordenadas semelhantes a árvores de decisão. A primeira representa os múltiplos propósitos organizacionais servidos por tais sistemas e a segunda representa diferentes atributos ou características que as organizações usam para dividir os projetos em grupos ou categorias. |

Fonte: SAUSER et al. (2009).

Uma significativa contribuição para a área de caracterização de projetos foi realizada pelos trabalhos de Shenhar e Dvir (2007, 2010) que baseados em um estudo envolvendo em torno de 600 exemplos de projetos, coletados ao longo de uma década e meia, desenvolveram um modelo de categorização calçado em boa fundamentação empírica (SAUSER et al., 2009). Estes autores buscaram desenvolver um modelo para a categorização de projetos, com três finalidades:

- a) identificar diferenças e similaridades entre projetos;

b) classificar os projetos em categorias;

c) selecionar uma abordagem de gerenciamento adequada para cada categoria de projeto.

Foram, inicialmente, propostos três elementos direcionadores para a categorização de um projeto, que são a meta, a tarefa e o ambiente onde o projeto será realizado.

Posteriormente, durante a aplicação desta categorização ao banco de projetos, estes autores concluíram que o modelo de categorização poderia ser aprimorado através de seu desdobramento em indicadores ainda mais representativos. A análise dos projetos catalogados na base de dados sugeria que o indicador Incerteza possuía duas fontes principais: incerteza de mercado, relacionada à meta e ao ambiente, e incerteza tecnológica, relacionada à tarefa e ao ambiente. Assim, desdobrando o indicador Incerteza em Novidade e Tecnologia, correspondentes à incerteza de mercado e à incerteza tecnológica, respectivamente. Desta forma, chega-se ao artefato referido por NTCR, onde os indicadores Novidade, Tecnologia, Complexidade e Ritmo são utilizados para a categorização de projetos.

Notar que, conforme Shenhar (2010) as dimensões do artefato NTCR estão ligadas à incerteza, mas a área no interior do diamante (delimitada pelas linhas que interligam os valores da novidade, tecnologia, complexidade e ritmo) apresenta uma correlação positiva ao risco do projeto.

3.3. Aplicação do artefato NTCR

A seguir, a título de ilustração, é reproduzida uma aplicação do artefato NTCR para a avaliação de uma missão espacial, desenvolvida por Sauser e colaboradores (SAUSER et al., 2009), em que houve falha da missão. Trata-se da missão Mars Climate Orbiter da NASA (MCO), que envolvia o projeto de

uma sonda para orbitar o planeta Marte e coletar dados referentes ao clima do planeta, bem como para retransmitir dados vindos de outros equipamentos sobre sua superfície. Em sua fase de aproximação do planeta, a sonda se perdeu nos últimos momentos antes de sua entrada em órbita. Estudos da falha mostraram que houve uma falha na integração dos sistemas que compunham a nave. O trabalho de avaliação desenvolvido por Sauser e colaboradores se propunha a investigar se a causa última da falha seria de natureza técnica ou gerencial. Essencialmente, a aplicação do artefato NTCR a este projeto destinava-se a avaliar se o modelo de gestão empregado estaria compatível com o desafio representado pela missão.

Partindo de dados sobre a meta, a estrutura e o ambiente em que se desenvolveu o projeto, e efetuando uma avaliação a *posteriori*, através de depoimentos de especialistas, foram obtidos os artefatos NTCR ilustrados na **Figura 3.1**. No gráfico com linha tracejada apresenta a categorização do projeto como realizado, enquanto que o gráfico com linha contínua apresenta a categorização efetuada a *posteriori*, baseada nas declarações de especialistas.

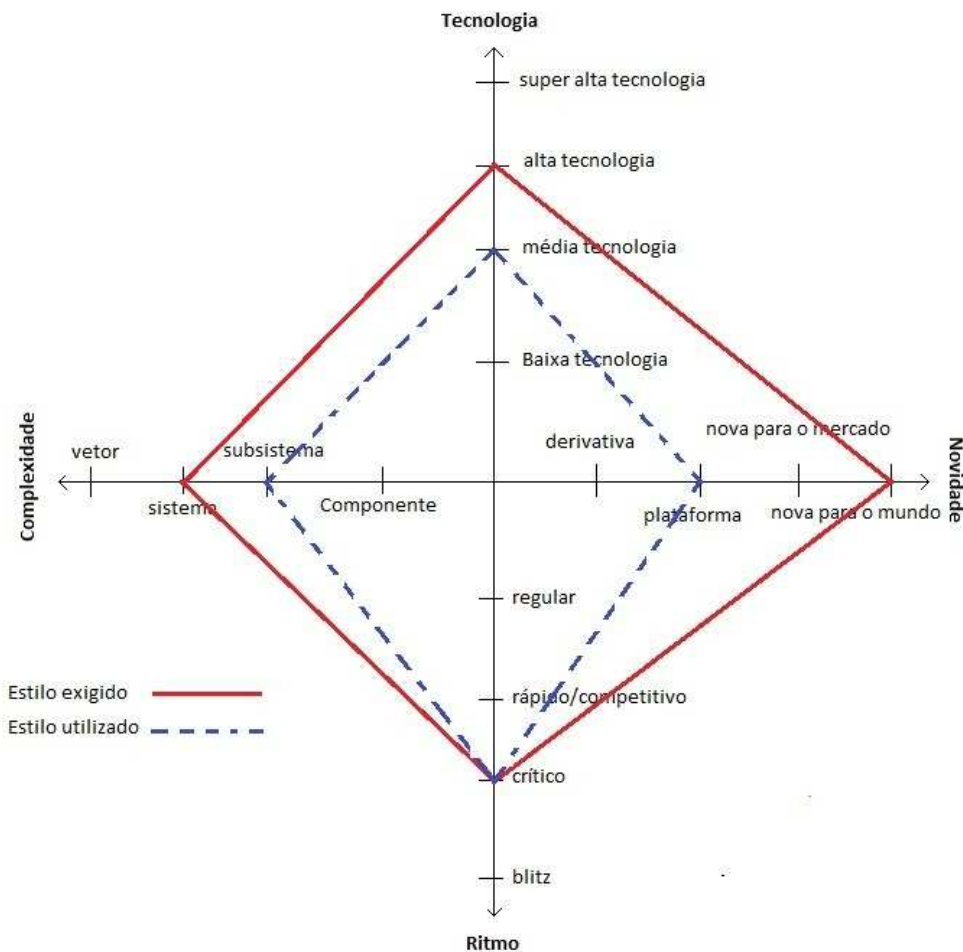


Figura 3.1 – Categorização no artefato NTCR do projeto do Orbitador Climático de Marte.

Fonte: Sauser et al. (2009).

O estudo mostra com base na categorização NTCR, que há diferenças entre a abordagem gerencial empregada e aquela que seria a mais indicada, segundo a opinião a *posteriori* de especialistas. Sugere que o projeto MCO deveria ter sido gerenciado como um projeto caracterizado como Novidade para o Mundo, Alta Tecnologia, Sistema e Tempo Crítico. Segundo esta análise, observa-se que a abordagem gerencial empregada colocou ênfase apropriada na restrição de prazo (havia uma janela para o lançamento), mas não nas demais dimensões de Novidade, Tecnologia e Complexidade. Nestas dimensões, segundo este estudo, a abordagem gerencial colocada em prática teria subestimado:

a) as incertezas associadas à definição dos requisitos de missão e à maturidade das tecnologias disponíveis e;

b) o nível de complexidade da missão, o qual afetaria o conteúdo da árvore do produto, do diagrama de atividades e da estrutura da divisão de trabalho.

Em particular, nota-se a discrepância na dimensão Novidade, sugerindo que maior esforço deveria ter sido dedicado à definição dos requisitos e especificações da nave.

Substanciado por duas outras avaliações, providas por artefatos alternativos ao artefato NTCR, Sauser e colaboradores concluem que a falha da Missão Mars Climate Orbiter poderia ser atribuída a fatores gerenciais e não técnicos. Resumidamente, o gerenciamento não teria apreciado corretamente, ou não teria tido condições de apreciar, os níveis de incerteza e complexidade da missão.

Concluindo esta seção, observa-se que o artefato, ou modelo de avaliação, NTCR foi proposto como uma ferramenta para que gerentes identifiquem os riscos associados à meta, à tarefa e ao ambiente na execução de um dado projeto e que, assim, possam definir uma abordagem gerencial apropriada, com foco naqueles processos de gestão do projeto que a análise indique requererem maior atenção. Permite também, como mostrado no exemplo anterior, que se avalie o quanto a gestão implementada para um dado projeto se distancia daquela considerada mais apropriada, face a incertezas e características do projeto.

Na próxima seção, será discutida a relação entre a avaliação NTCR e a abordagem gerencial. Procurar-se-á avaliar como cada uma das dimensões do artefato de avaliação NTCR afeta os processos de gestão de projeto.

3.4. A avaliação NTCR e o estilo gerencial

Uma vez definido um projeto e efetuada a sua avaliação, o próximo passo consiste em definir a abordagem gerencial apropriada para o projeto, conforme os fatores de incerteza e risco inferidos a partir da avaliação. No que se segue, procurar discutir como a categorização NTCR atribuída a um projeto em uma dada dimensão pode ajudar o gerente do projeto a distinguir processos gerenciais que, segundo a avaliação, poderão ter grande impacto sobre a execução do projeto e, assim, colocar foco na implementação destes processos.

Para cada parâmetro do artefato de categorização NTCR, é possível identificar, heurísticamente, um ou mais processos gerenciais que deverão receber atenção crescente na gestão de um projeto, à medida que a categorização deste projeto avance para o extremo superior na escala da dimensão em questão.

3.4.1. Novidade

Com respeito à Novidade, os projetos que apresentem um grande nível de novidade do produto deverão receber atenção especial em sua fase de definição de requisitos do produto - para produtos comerciais, quando a novidade for extrema (Inovação para o Mundo), haverá, normalmente, a necessidade de estudo piloto junto ao mercado antes da definição do produto final.

A Novidade afeta, também, a escolha da equipe para a execução do projeto e o estilo gerencial a ser implementado. Normalmente, à medida que se aumenta o nível de novidade, a necessidade de criatividade na equipe cresce e o estilo gerencial torna-se mais rigoroso nos níveis mais baixos da estrutura da divisão do trabalho (EDT) e mais flexível nos níveis mais altos.

3.4.2. Tecnologia

Relativamente à Tecnologia (incerteza tecnológica), trata-se da dimensão que mais afeta o planejamento, o Design, o custo e os riscos de um projeto. O nível de incerteza tecnológica do projeto não é absoluto, e sim relativo, pois depende do know-how tecnológico existente ou que seja acessível à equipe (ou organização) executora do projeto.

Projetos, em geral, empregam uma variedade de tecnologias, algumas novas no sentido apresentado, outras não. A categorização, portanto, se aplica somente às tecnologias, do produto ou processo, novas para o executor do projeto. Um projeto será classificado como de tecnologia super-alta quando uma ou mais tecnologias críticas para o sucesso do projeto não estiverem disponíveis, ou ainda não forem conhecidas, no início do projeto. O desenvolvimento destas tecnologias ocorre ao longo do desenvolvimento do projeto (tecnologias emergentes). Assim, a Tecnologia afeta diretamente a definição das fases do ciclo de vida do projeto e, conseqüentemente, o detalhamento do seu plano de desenvolvimento, incluindo o número e conteúdo das reuniões técnicas de revisão.

Em projetos classificados como baixa-tecnologia é inexistente, ou muito limitada, a necessidade de atividades de desenvolvimento e testes, uma vez que o produto é fabricado a partir de tecnologias já utilizadas em outros projetos e bem conhecida e disponível à equipe. Já em projetos classificados como super-alta-tecnologia, as atividades de desenvolvimento e testes estender-se-ão por quase todo o ciclo de vida do projeto, minimamente até a revisão de qualificação, que precede o início da fabricação do produto final.

A categorização na Tecnologia afeta, também, a escolha da equipe e do estilo gerencial. À medida que cresce a incerteza tecnológica, aumenta a necessidade de qualificação técnica da equipe do projeto e o estilo gerencial torna-se mais flexível com relação a prazos, custo e escopo (PCE). No extremo inferior da escala, o estilo gerencial deve ser rígido e inflexível relativamente às

metas PCE. Em projetos de média tecnologia, podem ser aceitas mudanças ainda nas fases iniciais do projeto, mas após o congelamento do *design* deve haver grande perseverança no cumprimento das metas PCE. Finalmente, nos níveis mais altos de categorização, poderá haver tolerância a mudanças, mesmo após o congelamento do *Design*.

3.4.3. Complexidade

O desenvolvimento aqui descrito se refere à complexidade do projeto, embora a complexidade do projeto dependa, em grande parte, da complexidade do produto, desta forma, Shenhar utilizou o nível de complexidade do produto para definir o nível de complexidade do projeto (SHENHAR, DVIR, 2007, pg 115). Em seus estudos concluiu que vários níveis de complexidade de produto são gerenciados de maneiras similares, ou seja, a complexidade do projeto representa menos variabilidade do que a complexidade do produto. Desta forma, projetos que lidam com componentes tem similaridade entre si, da mesma forma que projetos que lidam com sistemas e os que lidam com projetos tipo vetor.

Posteriormente Shenhar acrescentou à sua escala o valor montagem, que se refere a um projeto mais complexo que o de um componente e mais simples que um sistema (SHENHAR, 2010, 2012)

- a) Projeto de Componente/material: lidam com o desenvolvimento de apenas um componente ou dispositivo, sendo pela escala de Shenhar o elemento mais simples. É o caso do processamento de um material, produção de um elemento mecânico ou um componente elétrico.
- b) Projetos de montagem/subsistema: ou um conjunto completo bem definido. Ele deve desempenhar uma função bem definida dentro de um sistema maior ou é um produto independente e auto-suficiente que desempenha uma única função por conta própria. É o caso de um monitor ou uma transmissão de um carro.

- c) Projetos de sistema: são aqueles cujo produto é um sistema, isso implica na integração de várias partes, que integradas desempenham uma ou mais funções para determinada necessidade operacional que extrapola a capacidade de cada parte separada. Esse tipo de projeto produzem produtos como carros, prédios, aviões, etc.

- d) Projetos de Vetor (matriz): são projetos de sistemas de sistemas, que consistem num grupo de sistemas independentes entre si, mas que atuam em conjunto com um único propósito. Seus principais desafios são o gerenciamento das diferentes equipes e o nível de burocracia exigida para se manter o controle sobre o projeto. Projetos de matriz também são conhecidos como programas. Por exemplo, um projeto de uma rede nacional de previsão do tempo.

3.4.4. Ritmo

A última dimensão, Ritmo, por fim, relaciona-se à urgência e à criticidade do cumprimento das metas de tempo estabelecidas para o projeto. Projetos que deixam de ter sentido se terminados além de uma data pré-estabelecida, i.e, ficam impossibilitados de cumprir a meta, são classificados como tempo crítico, enquanto que projetos em que atrasos relativamente grandes não impossibilitem o cumprimento da meta são classificados como regulares, no extremo inferior da escala.

No extremo superior, encontram-se os projetos classificados como Blitz, que, em geral, são projetos emergenciais que devem ser concluídos no menor espaço de tempo possível. Um mesmo escopo a ser executado em um prazo relativamente curto ou em um prazo relativamente longo origina projetos totalmente distintos, ou seja, o tempo disponível para execução afeta sobremaneira a forma e o estilo como um projeto é gerenciado. Em projetos em que o tempo constitui-se da restrição mais crítica, por exemplo, na área espacial quando há uma janela de lançamento, as demais restrições, como custo, disponibilidade de pessoal, uso de instalações, e outras, passam a se

subordinar a esta. As incertezas sobre a meta e a tarefa devem ser minimizadas ao máximo, de modo que o diagrama de atividades e o cronograma sejam definidos com a maior precisão possível.

A **Tabela 3. 2**, está sintetizando as escalas do artefato NTCR de Shenhar e Dvir.

Tabela 3. 2 – Escalas para Novidade, Tecnologia, Complexidade e Ritmo, no diagrama NTCR.

| Dimensão | Escala |
|--|---|
| <p>Novidade:</p> <p>Mede o quão novos são os produtos do projeto para os envolvidos e consequentemente, quão claros e bem definidos são os requisitos iniciais.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Derivativa: Melhoria em um produto existente, como exemplo, um recurso de busca em um <i>Software</i>. Enquadram-se aqui projetos cujos requisitos são claros e bem conhecidos. 2. Plataforma: Uma nova geração de uma linha de produto já existente. Formam a base para projetos derivativos. Novas linhas de automóveis ou aviões constituem em exemplos típicos de produtos classificados como plataforma. Podem ocorrer alterações em requisitos após o início do projeto 3. Inovação de Mercado: Um novo produto para o mercado e a equipe. Aqui, os requisitos em grande maioria não são claros ou podem sofrer mudanças durante a execução e representam incertezas para o sucesso do projeto. 4. Inovação Mundial: Um novo produto para o mundo. Aqui, os requisitos não são claros ou podem sofrer mudanças durante os processos e representam incertezas para o sucesso do projeto. |
| <p>Tecnologia:</p> <p>Representa o nível de incerteza tecnológica do projeto. Procura mensurar a incerteza no conhecimento das tecnologias de projeto e fabricação necessárias ao desenvolvimento e fabricação do produto.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Baixa-tecnologia: Não são necessárias novas tecnologias; trata-se de projetos em que as tecnologias aplicadas são maduras e conhecidas e, portanto, não representam uma fonte de incerteza para o projeto. 2. Média-tecnologia: Alguma nova tecnologia é necessária para o projeto, usa diversas tecnologias maduras e conhecidas, mas algumas tecnologias necessárias ainda são novas e pouco dominadas. 3. Alta-tecnologia: Todas ou a maioria das tecnologias são novas, mas já existentes. 4. Super-alta-tecnologia: Necessita de tecnologias críticas (para o sucesso do projeto) não disponíveis no início do projeto e que, portanto, devem ser desenvolvidas ao longo da execução do projeto. |

Tabela 3.2 - Conclusão

| | |
|--|--|
| <p>Complexidade: Representa a complexidade do produto, da tarefa e da organização do projeto. Busca prover uma medida da complexidade da estrutura hierárquica que representa o produto (árvore do produto), a tarefa (diagrama de atividades) e da organização (estrutura da divisão de trabalho).</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Componente: Trata-se de um produto que pode ser caracterizado como um componente ou material que irá compor um subsistema. 2. Montagem: Trata-se de um produto que pode ser caracterizado como uma coleção de elementos, componentes e módulos que desempenha uma função simples, ou que se constitui em um subsistema de um sistema maior. Exemplo: o subsistema estrutura de um satélite. 3. Sistema: Trata-se de um produto que pode ser caracterizado como uma coleção complexa de elementos ou subsistemas, que, juntos, desempenham várias funções no atendimento de uma necessidade operacional específica. Exemplo: conjunto de subsistemas, realizando múltiplas funções, como o módulo de serviço ou de carga útil de um satélite, ou ainda o próprio satélite. 4. Vetor: Trata-se de um produto que pode ser caracterizado como uma coleção de sistemas com uma missão em comum. Exemplo: rede nacional de comunicações por satélite, sistema de coleta de dados. |
| <p>Ritmo: Representa a velocidade (ou urgência) com que a tarefa terá de ser executada para cumprir a meta especificada.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Regular: Projeto em que o tempo de execução não é crítico para o cumprimento da meta. 2. Rápido/Competitivo: Projeto em que o tempo de execução é importante, mas em que pequenos atrasos podem ser absorvidos com facilidade. 3. Tempo crítico: Projeto em que existe uma data de término bem definida, não havendo quaisquer margens para atrasos. 4. Blitz: Projeto que deve ser executado no menor tempo possível. |

Fonte: Shenhar e Dvir (2007, 2010).

O gerenciamento de risco deve, igualmente, ser o mais completo possível, notadamente no que se refere aos processos de identificação e respostas a riscos. No diagrama de atividades, deve ser identificado o caminho crítico, bem como os caminhos próximos a este. As tarefas no caminho crítico, bem como aquelas com folga mínima (quase críticas), devem ser monitoradas, e ações de contingência devem ser colocadas em prática prontamente, assim que um dado nível de risco de atraso for atingido. Ainda no diagrama de atividades, torna-se mandatório divisar caminhos contingenciais, ou seja, caminhos alternativos a serem seguidos no caso em que uma dada condição, assumida como premissa, não se concretize. Por exemplo, caso a falha de um fornecedor

em prover uma parte ou material, em data especificada, seja crítica, deve ser considerada a possibilidade de redundância neste fornecimento, ou seja, a contratação simultânea de duas organizações para o mesmo fornecimento, mediante uma análise de custo-benefício. O estilo gerencial deve ser formal e burocrático, com grande esforço de todas as disciplinas envolvidas na execução do projeto. A **Tabela 3.3** sintetiza as principais características que afetam o gerenciamento de um projeto, conforme cada dimensão e áreas de conhecimento típicas. A tabela procura, também, relacionar as principais características gerenciais associadas a cada dimensão.

Tabela 3.3 – Principais características que afetam o gerenciamento de um projeto, conforme cada dimensão do artefato NTCR.

| | Novidade | Tecnologia | Complexidade | Ritmo |
|---|---|---|--|---|
| Gerenciamento de Risco | Quanto maior a novidade, maior o risco de insucesso do projeto por falta do atendimento a requisitos do projeto. | Quanto maior a tecnologia a ser desenvolvida, maiores são os riscos inerentes a esse desenvolvimento | Quanto maior a complexidade, maiores os risco no desenvolvimento e gerenciamento do projeto. | Quanto mais rápido o ritmo, menor o tempo de detecção da falha e de reação |
| Plano de Recursos Humanos | Quanto mais inovador o projeto, mais criativa deve ser a equipe. | Quanto maior o número de novas tecnologias, maiores serão as necessidades de qualificação técnica da equipe executora. | Quanto maior a complexidade, maior a necessidade de disciplina, organização e comunicação. | Quanto mais rápido o ritmo, maior a necessidade de equipes ágeis, proativa e com resistência a pressão; |
| Plano de Infraestrutura | Quanto mais inovador o projeto, mais a Infraestrutura deve ser flexível que facilite a comunicação e a troca de idéias. | Quanto maior o número de novas tecnologias, mais a Infraestrutura deve permitir a comunicação, capacitação e desenvolvimento de ensaios e testes. | Quanto maior a complexidade, mais a Infraestrutura deve permitir controle administrativo dinâmico, facilitar as comunicações e armazenamento e acesso a informações. | Quanto mais rápido o ritmo, mais a Infraestrutura deve facilitar a comunicação e uma logística muito dinâmica |
| Especificação (definição) do produto | Quanto maior a novidade, maior o esforço para a definição do produto. | Quanto maior o número de novas tecnologias melhor deve ser a definição requisitos e o WBS do produto | Quanto maior a complexidade melhor deve ser a definição dos requisitos e dos processos envolvidos na realização | Quanto mais rápido o ritmo, maior o foco em como otimizar os tempos na realização dos processos envolvidos |
| Feedback de usuários | Quanto maior a novidade, menos o projeto dependerá de pesquisas de mercado | Quanto maior o número de novas tecnologias melhor deve ser a definição dos requisitos e a comunicação com os usuários. | Quanto maior a complexidade melhor deve ser a comunicação com os usuários. | Quanto mais rápido o ritmo, mais ágil deve ser a comunicação com o usuário. |

Tabela 3.3 - Continuação

| | | | | |
|-----------------------------------|---|---|--|---|
| Perfil do gerente | Quanto maior a novidade o gerente deve ser mais criativo, comunicador e com capacidade de negociação, mais tolerante a mudanças. | Quanto maior o número de novas tecnologias, maior a necessidade de qualificação técnica do gerente do projeto | Quanto maior a complexidade o gerente deve ser mais organizador, burocrático e menos tolerante a mudanças. | Quanto mais urgente o projeto, maior a experiência exigida do gerente. |
| Estilo gerencial | O estilo gerencial deve ser mais rigoroso nos níveis mais baixos da EDT e mais flexível nos níveis mais altos | Quanto maior o número de novas tecnologias, mais flexível e tolerante (prazos e custos) até a qualificação. | Quanto maior a complexidade, mais rigoroso deverá ser o estilo gerencial com respeito ao gerenciamento de mudanças e sua implementação. | Quanto mais urgente o projeto, maior autonomia deverá ser concedida às equipes (subsistemas e pacotes de trabalho) |
| Esforço de desenvolvimento | Há necessidade de muita criatividade à medida que aumenta o nível de novidade | Quanto maior o número de novas tecnologias, mais intensas serão as atividades técnicas de: especificação, engenharia, construção, montagem, teste, revisão e aprovação. Há necessidade de construção de protótipos, em menor escala, para testar as tecnologias recém desenvolvidas, antes da seleção final de tecnologias. | Quanto maior a complexidade, maior o esforço na coordenação do desenvolvimento dos processos e nos controle de configuração. | Quanto mais urgente o projeto, mais ágil deve ser o processo e com o maior número possível de etapas em paralelo. |
| Revisões técnicas | Quanto maior a novidade, as revisões técnicas devem focar a comunicação e o entendimento dos desenvolvimentos e a adequação dos mesmos. | Quanto maior o número de novas tecnologias, maior a necessidade de revisões gerenciais e técnicas com especialistas externos. | Quanto maior a complexidade, mais as revisões técnicas devem ser abrangentes, focando no controle da configuração e na integração dos subsistemas. | Quanto mais urgente o projeto, mais dinâmicas as reuniões devem ser, além de focadas na agilidade e na conquista dos objetivos. |

Continuação

Tabela 3.3 - Conclusão

| | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|---|
| EDT | | | Quanto maior a complexidade, maior esforço deverá ser dedicado à elaboração da EDT – necessidade de maior detalhamento da EDT. | |
| Diagrama de atividades | Quanto maior a novidade, menos detalhado deve ser o diagrama de atividades no início do projeto e esse detalhamento progride em função do tempo. | Quanto maior a tecnologia o artefato mais diagrama de atividades foca em atividades de desenvolvimento, qualificação e testes. | Quanto maior a complexidade, maior o número de atividades e, conseqüentemente, maior o detalhamento do diagrama de atividades | Quanto mais urgente o projeto, maior o detalhamento do diagrama de atividades – PERT/COM. |
| Cronograma | Quanto maior a novidade, maior o risco do não cumprimento de prazos. | 5 – 50 % de contingência para atrasos | Quanto maior a complexidade mais tempo para atividades de coordenação. | Quanto mais urgente o projeto, maior o esforço que deverá ser dedicado ao cumprimento de prazos |
| Controle da Configuração | Quanto maior a novidade, maior a necessidade de controle de configuração devido a mudanças no projeto. | Quanto maior a tecnologia maior a necessidade do controle de configuração em decorrência a modificações durante os desenvolvimentos | Quanto maior a complexidade, mais crítico para o sucesso do projeto será o gerenciamento da configuração | Quanto mais urgente o projeto, maiores as restrições para mudanças |
| Plano de Testes | Quanto mais inovador o projeto, menor o detalhamento do plano de testes. | Quanto maior o número de novas tecnologias, maior o detalhamento do plano de testes | Quanto mais complexo o produto, maior o número de testes de integração | Quanto mais urgente o projeto, menor o número de testes. |
| Garantia do Produto | Quanto mais inovador o projeto, menor o esforço da garantia do produto. | Quanto maior o número de novas tecnologias, maior o esforço de garantia do produto. | Quanto mais complexo o produto, mais esforço da qualidade na prevenção de falhas. | Quanto mais urgente o projeto, maior o esforço da garantia do produto na prevenção de falhas e na otimização dos processos. |

Fonte: Shenhar e Dvir (2007)

4 METODOLOGIA: *DESIGN SCIENCE*

Histórica e tradicionalmente, tem sido a tarefa das disciplinas científicas ensinar sobre as coisas naturais: como elas são e como elas funcionam. Tem sido uma tarefa de escolas de engenharia ensinar sobre as coisas artificiais: como criar artefatos que possuam propriedades e características desejadas (SIMON, 1996).

O termo *Design Science* foi escolhido para destacar a Diretriz no conhecimento para solução de problemas do mundo real (*design*) e os artefatos necessários para tomada de ações adequadas, que são de domínio dos profissionais de determinada área do conhecimento. Pela sua natureza pragmática ela tem maior difusão em áreas da ciência com forte vínculo prático, direcionadas para resolução de problemas de campo, como a administração, a medicina e a engenharia (SIMON, 1996), focando assim no conjunto de disciplinas voltadas nos problemas relativos aos objetos artificiais.

O artificial no caso são os artefatos que:

- a) não são dados pela natureza (como os objetos estudados nas ciências naturais, como a Biologia, Astronomia, etc.);
- b) não são abstratos (como os objetos estudados pelas ciências formais, como a Matemática);
- c) não resultam de uma construção histórica (como os estudados pelas ciências sociais);
- d) não são fundamentalmente simbólicos (como os estudados pela Estética, em geral, ou seja, um objeto literário ou artístico).

A abordagem *Design Science* orienta a solução de problemas em organizações e de estudos da Gestão, através da produção de conhecimento que é voltado para a solução de problemas de campo. Também pode servir para desenvolver

uma compreensão mais fundamental das organizações, levando em conta que elas não são apenas sistemas naturais, mas também de ação sistemas projetados para combinar e coordenar ação humana para realizar objetivos comuns (VAN AKEN; ROMME, 2009).

O processo de usar conhecimento para planejar e criar um artefato, quando é analisado sobre a efetividade com que atinge a sua meta pode ser chamado de pesquisa. Esta forma de pesquisa é chamada de *Design Research* (HEVNER et al., 2010), (DE SORDI, 2010).

É importante destacar a diferença entre a abordagem *Design Science*, com as práticas de *Design* de produtos, abordadas nos outros capítulos deste trabalho, envolvendo protótipos com a função de pré-teste para averiguação da aceitação de inovações tecnológicas. Na abordagem *Design Science*, fundamentada em teorias epistemológicas, o objetivo é desenvolver corpo de conhecimentos orientados pelas práticas de implementação, gerenciamento e uso de artefatos (DE SORDI, 2010).

Hevner et al. (2004) baseados no trabalho de Simon (SIMON, 1996) sistematizaram um conjunto de sete diretrizes que se tornaram referência para pesquisadores, revisores, editores e leitores no que concerne a compreender e avaliar o método de pesquisa *Design Science*. Tais diretrizes devem ser observadas em pesquisas que adotem a abordagem, as quais serão apresentadas a seguir.

4.1. Diretrizes da abordagem *Design Science*.

Como discutido anteriormente, o *Design Science* é inerentemente um processo de resolução de problemas. Princípio fundamental do projeto de pesquisa científica é que o conhecimento, a compreensão e a solução de um problema são adquiridos na construção e aplicação de um artefato. Ou seja:

- a) Diretriz 1: a pesquisa com o uso do *Design Science* exige a criação proposital de um artefato¹;
- b) Diretriz 2: a pesquisa deve ser relevante e útil para os profissionais na solução de problemas ² em um determinado domínio do conhecimento;
- c) Diretriz 3: deve ser realizada a avaliação do artefato. A sua utilidade, qualidade e eficácia devem ser demonstradas através de métodos de avaliação;
- d) Diretriz 4: o artefato deve gerar uma contribuição para o ambiente de negócios, seja através de novas ideias, práticas, capacidades técnicas ou produtos, seja resolvendo um problema até então sem solução ou resolvendo um problema conhecido de uma forma mais efetiva;
- e) Diretriz 5: o artefato em si deve ser definido, formalmente representado, coerente e internamente consistente. Uma metodologia de análise deve ser utilizada;
- f) Diretriz 6: empregar recursos disponíveis para se alcançar os fins satisfazendo as leis do ambiente pertinente ao problema;
- g) Diretriz 7: os resultados da pesquisa científica devem ser comunicados efetivamente tanto para uma audiência de pesquisadores que vão estudá-los e como para profissionais que vão decidir se devem ser implementados dentro de suas organizações (HEVNER et al, 2004).

A avaliação de artefatos projetados tipicamente é feita por meio de metodologias disponíveis na área científica sumarizada na **Tabela 4.1**.

¹ Artefato é, para o Design Science, tudo o que não é natural, é algo construído pelo homem (De Sordi, 2011).

² A solução de problemas é um processo de busca usando ações para reduzir ou eliminar a diferenças entre o estado atual e um estado meta [27].

Tabela 4.1 – Métodos de avaliação utilizáveis em *Design Science*.

| Métodos de Avaliação | |
|-----------------------------|--|
| Observação | Estudo de caso: estudo do artefato no ambiente da empresa |
| | Estudo de campo: monitorar o uso do artefato em múltiplos projetos |
| Analítica | Análise estática: exame da estrutura do artefato referente a qualidades estáticas (por exemplo: complexidade) |
| | Análise da arquitetura: estudo do ajuste do artefato à organização. |
| | Otimização: demonstração da otimização das propriedades do artefato |
| | Análise dinâmica: estudo da qualidade dinâmicas do artefato em uso (exemplo: performance) |
| Experimental | Experimento controlado: estudo do artefato em ambiente controlado para análise das suas propriedades, como por exemplo: usabilidade |
| | Simulação: análise do artefato com dados artificiais |
| Testes | Teste funcional (Black Box): execução do artefato para descobrir falhas e identificar defeitos por meio de dispositivos específicos. |
| | Teste estrutural (White Box): teste de desempenho em relação a métricas na implementação do artefato (por exemplo: teste de endereços) |
| Argumentação | Argumentação: uso de informação com base científica para construir um argumento convincente da utilidade do artefato |
| | Cenários: construção detalhada de cenários em torno do artefato para demonstrar sua utilidade |

Fonte: De Sordi (2011 e Hevner et al. (2004).

A utilidade, qualidade e eficácia do *Design Science* devem ser demonstradas por meio de métodos de avaliação dos resultados produzidos. Esta avaliação é um componente do processo de pesquisa e é frequentemente fundamentada nas exigências empresariais, dentro do contexto da utilidade, qualidade, beleza (estilo) do artefato produzido. Inclui-se também a integração do artefato com a infraestrutura técnica do ambiente do negócio (DE SORDI, 2011).

4.2. Verificação da Aplicação das Diretrizes do *Design Science*.

Segundo Stephen B. Johnson (JOHNSON, 1997) a Gestão de Projetos, assim como a Engenharia de Sistemas e a Pesquisa Operacional, a despeito das contribuições tecnológicas relevantes, representam conhecimento processual

“não-científico”, sendo relativamente estéril de conteúdo matemático original, assim possuem relativamente pouca legitimidade do ponto de vista acadêmico.

A aplicação da metodologia *Design Science* à Gestão de Projetos, no entanto, mostrou-se coerente (**Figura 4.1**), indicando assim que a Gestão de Projetos como uma ciência do artificial, se enquadrando nesta nova classificação de ciência, como representado no diagrama da figura.

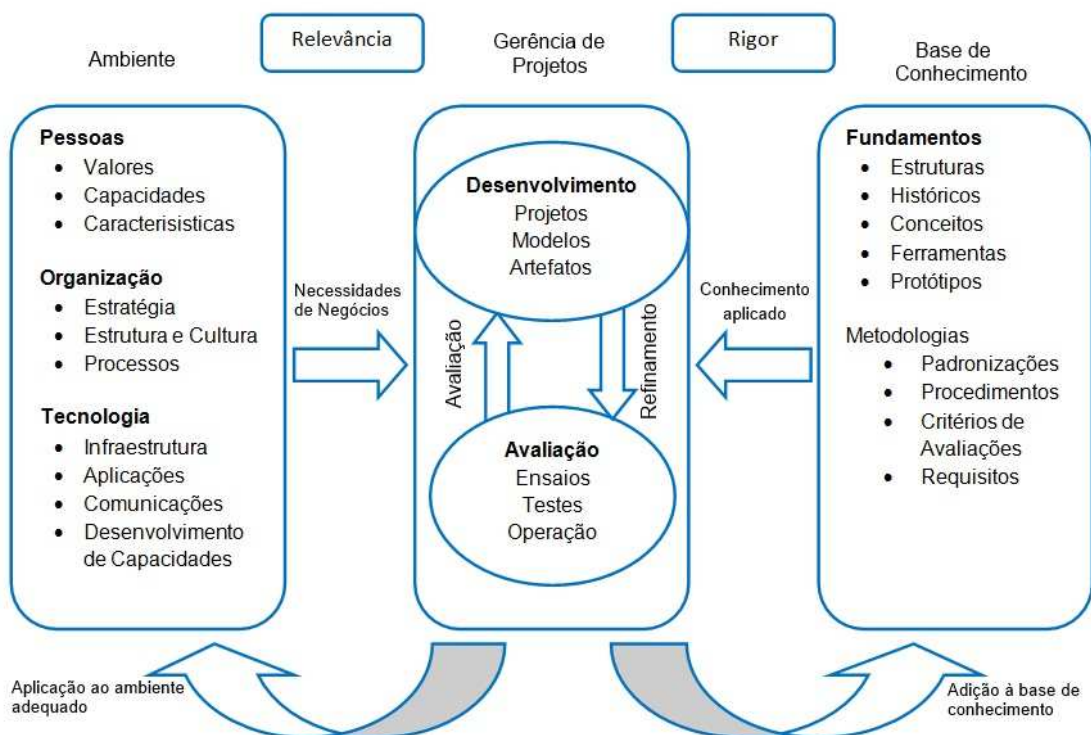


Figura 4.1 - Estrutura do *Design Science* em Gestão de Projetos.

Nesta estrutura, à esquerda está representado o ambiente da organização com os seus elementos principais, que são as pessoas, a organização e a tecnologia que dispõem para realização de sua missão. Este ambiente gera necessidades de negócios que determina a forma como a Gerência de Projetos vai atuar. Os resultados da Gerencia de Projetos vai realimentar a Ambiente, seja no incremento de valores e capacidades das pessoas, na melhoria de sua organização ou da sua tecnologia. Quanto mais relevantes são

as necessidade de negocio, mais relevante pode ser a aplicação da Gerencia de Projetos na Organização.

As atividades da Gerencia de Projetos podem gerar um processo de melhoria continua, onde a realização de projetos gera resultados que são avaliados, os resultados destas avaliações geram refinamentos no processo de desenvolvimento, estes darão origem a novos resultados e novas avaliações e assim continuamente.

Estes processos entre a Gerência de Projetos e o Ambiente em ciclos alimenta continuamente uma base de conhecimento que é aplicada na realização de novos projetos.

No entanto, para se demonstrar rigorosamente a Gestão de Projetos como uma Ciência do Artificial, seria necessário trabalho extenso e detalhado desta estrutura em diversos tipos de Ambientes e Organizações, o que foge do escopo deste trabalho.

Para a aplicação da Metodologia *Design Science* neste trabalho, cada uma das Diretrizes descritas por Hevner et al. (2004) será atendida da seguinte forma:

Diretriz 1: a pesquisa com o uso do *Design Science* exige a criação proposital de um artefato.

Os artefatos criados nesta pesquisa são:

- a) “Artefato NTCR-F para caracterização dos projetos através da avaliação das incertezas referentes às dimensões “Novidade”, “Complexidade”, “Tecnologia de Projeto, Verificação e Integração”, Ritmo e “Tecnologia de Fabricação”.
- b) Artefato UC-E, que propõe a análise de aplicação de diferentes metodologias em diferentes fases do projeto, frente às características de impacto e incerteza de cada projeto.

Diretriz 2: a pesquisa deve ser relevante e útil para os profissionais na solução de problemas em um determinado domínio do conhecimento.

O desenvolvimento do artefato de categorização de projetos NTCR-F permite dar ao Gestor do Projeto a visibilidade de que cada projeto possui características distintas, portanto, a forma de gestão para cada um deles deve ser também distinta e assim procurar a redução dos riscos ao sucesso dos projetos.

A aplicação do artefato UC-E poderá permitir a redução de custos, o dispêndio de tempo no desenvolvimento inicial dos projetos, uma vez que permite adequar o tipo de metodologia de gestão a ser empregada às características de impacto e incerteza encontradas nos fatores ambientais, permitindo, assim, a contínua adequação da gestão dos projetos ao caráter dinâmico do ambiente organizacional.

Diretriz 3: deve ser realizada a avaliação do artefato. A sua utilidade, qualidade e eficácia devem ser demonstradas através de métodos de avaliação.

A avaliação de artefatos projetados tipicamente é feita por meio de metodologias disponíveis na área científica. Neste caso foi adotada a Análise Arquitetura, que se constitui no estudo do ajuste do artefato à organização.

Em ambos os artefatos a análise de arquitetura foi a *posteriori*, no caso do artefato NTCR-F foi utilizado para a análise em projetos dos subsistemas do CBERS, e do Projeto SIA e no caso do artefato UC-E foi focada no Projeto SIA-DVT-SW.

Diretriz 4: o artefato deve gerar uma contribuição para o ambiente de negócios, seja através de novas ideias, práticas, capacidades técnicas ou produtos, seja resolvendo um problema até então sem solução ou resolvendo um problema conhecido de uma forma mais efetiva.

A maioria das contribuições do Design Science é a criação do próprio artefato, neste trabalho os artefatos criados são o artefato NTCR-F a partir dos trabalhos

de Shenhar e Dvir, adequando às características contingenciais dos projetos espaciais no Brasil e o artefato UC-E para a seleção de metodologias de Gestão Espacial a partir do trabalho de Howell e do ECSS.

Diretriz 5: o artefato em si deve ser definido, formalmente representado, coerente e internamente consistente. Uma metodologia de análise deve ser utilizada.

Na seção 5 será apresentado o desenvolvimento referente ao artefato NTCR-F e na seção 6 o desenvolvimento do artefato UC-E, onde se apresentará a evolução dos mesmos a partir de estudos anteriores, suas características e sua consistência serão avaliadas por meio de análise de arquitetura utilizando projetos desenvolvidos no INPE.

Diretriz 6: empregar recursos disponíveis para se alcançar os fins satisfazendo as leis do ambiente pertinente ao problema.

Essa pesquisa se desenvolveu em parte no âmbito no INPE, utilizando-se de documentação e dados disponíveis dos projetos, documentação da ECSS, do projeto SIA e dos recursos do SID. Foi elaborada uma pesquisa com Gestores do Projeto CBERS.

Diretriz 7: os resultados da pesquisa científica devem ser comunicados efetivamente tanto para uma audiência de pesquisadores que vão estudá-los e como para profissionais que vão decidir se devem ser implementados dentro de suas organizações.

Os resultados parciais deste trabalho foram publicados em congressos dentro dos institutos envolvidos com a pesquisa, ou seja, no INPE e no PMI.

No INPE foram apresentados via exposição oral, banner em workshop e publicação dos artigos apresentados a seguir:

- YASSUDA, I. S. Ciclo de vida de projetos na área espacial. São José dos Campos: INPE, 2010. 32 p. (sid.inpe.br/mtc-

m19@80/2010/03.02.19.04-PUD IPV). Disponível em:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3746NA8>>. Acesso em: 20 out. 2011.

- YASSUDA, I. S.; PERONDI, L. F. Estudo para a aplicação da ferramenta de caracterização de projetos NTCR-F aos projetos desenvolvidos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 3. (WETE), 2012, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2012.

No PMI foi apresentado o artefato UC-E para uma platéia composta por profissionais de Gestão de Projetos, sendo alguns fornecedores do INPE.

- Yassuda, I. S., Perondi, L. F., Chagas, M. F., Aplicação de análise de impacto e incerteza para seleção de modelo de gestão para projetos espaciais. 12ª Edição do Seminário Internacional de Gerenciamento de Projetos, **Anais**, São Paulo, 2012.

A própria difusão do trabalho por meio de uma tese já é uma demonstração parcial do atendimento a esta diretriz.

5 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO PARA CARACTERIZAÇÃO DE PROJETOS ESPACIAIS

Conforme já abordado por diversos autores, cada empresa ou grupo de empresas encontra-se imerso em um ambiente específico, o qual pode variar muito de uma área de atuação para outra (SHENHAR; DVIR, 2004,). Assim, é natural que uma empresa ou grupo de empresas procure desenvolver uma tipologia (categorização) específica, que singularize as incertezas que rotineiramente incidem sobre seus projetos, bem como seus impactos (CRAWFORD et al., 2005). Como exemplo desta abordagem Stretton (2011) e Ahn et al. (2010) listam, em adição às dimensões NTCR, uma variedade de dimensões identificadas na literatura para a categorização de projetos.

5.1. Dimensão Fabricação

Um dos objetivos do Programa Espacial Brasileiro é que este atue como um instrumento de política industrial promovendo a capacitação da indústria nacional em novas tecnologias de projeto e fabricação, e em novos métodos, como garantia da qualidade e processos de fabricação de equipamentos de aplicação crítica. Assim, todo projeto na área de satélites, em que o INPE é o executor principal, tem como um dos objetivos a subcontratação de fornecedores na indústria nacional, com o objetivo de capacitá-los para a fabricação de produtos com aplicação na área espacial. Portanto, em todo projeto, existe, além do objetivo de cumprimento da meta física do projeto, em geral um sistema espacial, o objetivo subsidiário de qualificação de fornecedores nacionais (PNAE, 2012; GONDO, 2012).

No início de um dado projeto, há duas categorias de incertezas tecnológicas a serem consideradas:

- a) uma relativa ao trabalho técnico a ser desenvolvido no âmbito do executor e;

- b) outra associada aos subcontratados industriais, que, como exposto anteriormente, tratam-se, em geral, de organizações em fase de capacitação.

De modo a capturar esta diversidade na categorização da incerteza tecnológica em um projeto, o presente trabalho propõe que a dimensão Tecnologia, no artefato NTCR, seja desdobrada em duas novas dimensões: uma relativa às principais atividades desenvolvidas pelo executor – coordenação do projeto, design, verificação e integração – e outra associada às principais atividades desenvolvidas pelas organizações subcontratadas – fabricação, que pode incluir o design de subsistemas, componentes, desenvolvimento de dispositivos de auxílio e processos de fabricação.

Estas possuem níveis de incerteza distintos devido a diferentes atributos que podem impactar na realização do projeto, entre os atributos listados em Crawford (2005) estão:

- a) Experiência: Cada uma destas atividades é desenvolvida por equipes diferentes, uma ligada ao executor do projeto e outra ao fornecedor, desta forma encontramos níveis diferentes de experiência associados a cada uma delas.
- b) Estilo e Experiência Gerencial: Cada atividade é executada por equipes diferentes inseridas em organizações diferentes, essas diferenças geram incertezas diferentes no que tange ao estilo e experiência gerencial para a realização do projeto.
- c) Dimensão da Organização: A organização executora e a fornecedora possuem, em geral, dimensões diferentes o que gera níveis diferentes de incerteza associada à continuidade do negocio, importância estratégica para a organização e disponibilidade de recursos.
- d) Natureza do trabalho: A natureza das tarefas se serem realizadas são distintas, uma vez que uma organização se foca nas atividades de coordenação do projeto, design, verificação e integração e a outra nas

atividades ligadas à fabricação, que pode incluir o design de subsistemas, componentes, desenvolvimento de dispositivos de auxílio e processos de fabricação. Desta forma as incertezas associadas a estas atividades também se tornam distintas.

- e) Ambiente da Organização: Enquanto o INPE é um órgão federal, seus fornecedores, em via de regra, são empresas privadas, desta maneira estão inseridos em diferentes estruturas comerciais e jurídicas, o que pode gerar diferentes ambientes de realização do projeto e, portanto, diferenças nas incertezas associada a esses fatores.
- f) Ritmo: Como o fornecedor está desenvolvendo um subsistema, este possui um tempo de realização subordinado aos prazos de outros subsistemas desenvolvidos pelo executor e pelos prazos do projeto como um todo. Desta forma a incerteza gerada por ritmos de projeto diferentes impacta de forma diferente.

Além destes atributos existem a atuação em fases distintas do projeto, o gerenciamento de riscos, os produtos do projeto, o tipo de contrato entre executor e fornecedor, clareza de objetivos, fatores chave de sucesso, localização geográfica, familiaridade com o tipo de projeto, entre outros.

Propõe-se, assim, que a dimensão Tecnologia seja desdobrada em Tecnologia de Projeto, Design, Verificação e Integração, correspondente ao know-how disponível para as atividades de design, verificação e integração, e Tecnologia de Fabricação, correspondente ao know-how disponível para as atividades de fabricação de equipamentos espaciais. A **Tabela 5.1** sintetiza este desdobramento, sendo o artefato aqui proposto designado por NTCR-F.

Tabela 5.1– Desdobramento proposto para o artefato NTCR, adaptando-o ao modelo de desenvolvimento de projetos no âmbito da área de plataformas orbitais, no programa espacial brasileiro.

| NTCR | | NTCR-F | |
|------------------|---|---|--|
| <i>Indicador</i> | <i>Descrição</i> | <i>Indicador</i> | <i>Descrição</i> |
| Novidade | Procura capturar o quão novo o produto é para o mercado a que se destina. Mensura a incerteza na meta do projeto, advinda, principalmente, da incerteza no conhecimento dos requisitos dos usuários. | Novidade | Procura capturar o quão novo o produto é para o mercado a que se destina. Mensura a incerteza na meta do Projeto, advinda, principalmente, da incerteza no conhecimento dos requisitos dos usuários. |
| Tecnologia | Procura capturar o nível de maturidade das tecnologias a serem utilizadas no projeto. Mensura a incerteza na tarefa do projeto, advinda, principalmente, da incerteza no conhecimento das tecnologias de projeto e fabricação do produto. Outras fontes relacionadas ao ambiente: experiência da equipe executora, competência do gerente e restrições orçamentárias. | Tecnologia de Projeto, Design, Verificação e Integração | Procura capturar o nível de maturidade das tecnologias a serem utilizadas no Projeto, no que se refere a atividades de design, verificação e integração realizadas pelo executor do projeto. |
| | | Tecnologia de Fabricação | Procura capturar o nível de maturidade das tecnologias a serem utilizadas no Projeto, no que se refere a atividades de fabricação executada pela organização subcontratada. |
| Complexidade | Busca prover uma medida da complexidade da estrutura hierárquica que representa o produto (árvore do produto), a tarefa (diagrama de atividades) e da organização (estrutura da divisão de trabalho). Relaciona-se aos direcionadores tarefa e ambiente. | Complexidade | Busca prover uma medida da complexidade do relacionado ao esforço no Controle de Configuração, que representa o produto (árvore do produto), a tarefa (diagrama de atividades) e das organizações (estrutura da divisão de trabalho). Relaciona-se aos direcionadores tarefa e ambiente. |
| Ritmo | Busca prover uma medida para a velocidade com que a tarefa será realizada, frente às facilidades disponíveis. | Ritmo | Busca prover uma medida para a velocidade com que a tarefa será realizada, frente às facilidades disponíveis. |

Relativamente às escalas para as dimensões propostas, considera-se que a escala relativa à dimensão Tecnologia, no artefato NCTR, possa ser transposta quase que integralmente para a dimensão Tecnologia de Projeto, Design, Verificação e Integração, com a única adaptação de que a categorização atribuída agora se refira exclusivamente às atividades de design, verificação e integração.

Propõe-se, neste trabalho, que esta mesma abordagem seja utilizada para definir a escala da dimensão Tecnologia de Fabricação, seguindo metodologia proposta por Gondo (2012). A partir da lista de processos disponibilizada por um fornecedor, efetua-se um levantamento dos processos qualificados e não-qualificados junto ao “banco de processos qualificados” do contratante (no caso, o INPE). Para os processos não-qualificados, efetua-se uma avaliação do nível de criticidade do processo, segundo descrito por Gondo (2012). Nesta avaliação, o nível de criticidade do processo é avaliado em função do efeito de falhas do processo sobre variáveis, tais como: desempenho técnico, cronograma, custo e impacto sobre outras partes do sistema. Um nível de criticidade é, então, atribuído ao processo, fazendo uso de uma métrica previamente definida. Os processos classificados como críticos são, então, comparados com processos de referência, considerados como melhores práticas da indústria, e avaliados em quanto se desviam destes, segundo uma dada escala (tal como, mínimo, pequeno, aceitável, grande e significativo). A partir de uma ponderação entre os resultados destas avaliações, e da definição de métricas apropriadas, define-se o grau de incerteza associado a cada processo não qualificado, e, finalmente, compondose e ponderando-se estes resultados, do fornecedor como um todo para a fabricação de cada subsistema. A partir do grau de incerteza apurado, propõe-se que o projeto seja classificado na dimensão Tecnologia de Fabricação segundo a escala apresentada na **Tabela 5.2**, que resume as propostas de escala para as duas dimensões discutidas nesta seção.

Projetos em que a fabricação de equipamentos representa um grande desafio serão classificados como projetos com tecnologia de fabricação não

qualificada, enquanto que projetos que envolvam, por exemplo, a repetição da fabricação de sistemas anteriormente desenvolvidos, com mínimas ou pequenas adaptações de processos, serão classificados como projetos com tecnologia de fabricação qualificada.

Tabela 5.2 – Escalas propostas para as dimensões Tecnologia de Projeto, Design, Verificação e Integração e Tecnologia de Fabricação

| Dimensão | Escala |
|--|---|
| <p>Tecnologia de Projeto, Design, Verificação e Integração: Representa o nível de incerteza tecnológica do Projeto, no que se refere a atividades de design, verificação e integração.</p> | <p>Baixa-tecnologia: Não são necessárias novas tecnologias de Projeto, Design, Verificação e integração; trata-se de projetos em que as tecnologias aplicadas são maduras e conhecidas e, portanto, não representam uma fonte de incerteza para o projeto.</p> <p>Média-tecnologia: Alguma nova tecnologia é necessária para o projeto, usa diversas tecnologias maduras e conhecidas, mas algumas tecnologias necessárias ainda são novas e pouco dominadas.</p> <p>Alta-tecnologia: Todas ou a maioria das tecnologias são novas, mas já existentes.</p> <p>Super alta-tecnologia: Necessita de tecnologias críticas (para o sucesso do projeto) não disponíveis no início do projeto e que, portanto, devem ser desenvolvidas ao longo da execução do projeto.</p> |
| <p>Tecnologia de Fabricação: Representa o nível de incerteza tecnológica do Projeto, no que se refere a atividades de fabricação.</p> | <p>Qualificado: Todos os processos de fabricação necessários encontram-se já qualificados; trata-se de projetos em que os processos de fabricação empregados são maduros e qualificados e, portanto, não representam uma fonte de incerteza para o projeto.</p> <p>Parcialmente Qualificado: Alguns processos de fabricação necessitam ser qualificados. Tais processos são conhecidos, porém, novos e pouco dominados pelo fabricante.</p> <p>Pouco Qualificado: Todos ou a maioria dos processos são novos. Apesar de já existentes, não são dominados pelo fabricante.</p> <p>Não Qualificado: Há a necessidade de qualificação de processos críticos (para o sucesso do projeto) não disponíveis no início do projeto e que, portanto, devem ser desenvolvidas ao longo da execução do projeto.</p> |

5.2. Complexidade

A Complexidade relaciona-se com a estrutura do produto e da organização necessária para a sua produção. Definido o escopo de um projeto, procede-se à sua decomposição em uma estrutura hierárquica, denominada de estrutura da divisão do trabalho (EDT), até o nível de pacotes de trabalho. Cada pacote de trabalho é gerido como um projeto, porém sujeito a restrições de interface, além de suas próprias restrições de custo, prazo e escopo. A EDT é, normalmente, derivada da árvore do produto. Produtos com decomposição extensa em termos de subconjuntos, peças e matéria-prima (sistema, subsistema, conjunto, montagem, partes e materiais) originam estruturas de divisão do trabalho igualmente extensas. Para o sucesso de um projeto, é fundamental que o produto tenha uma configuração definida unicamente, ao longo de toda a execução do projeto, de modo que todos os pacotes de trabalho estejam sempre sintonizados com respeito à versão do produto. Falhas neste requisito podem gerar grande volume de retrabalho, podendo resultar, até mesmo, na inviabilização total de um projeto.

A garantia que mudanças sejam implementadas unicamente e divulgadas corretamente, sempre mantendo uma versão atualizada e definida do produto, constitui-se em atribuição da Gestão da Configuração e Documentação (GCD) do projeto (ECSS, 2009), (ALBUQUERQUE; PERONDI, 2012). O esforço de GCD é, normalmente, proporcional ao número de interfaces a serem controladas.

Assim, a dimensão complexidade possui uma correlação positiva com a medida do esforço de GCD em um dado projeto – quanto maior a complexidade do produto/EDT, maior o esforço necessário para manter o GCD e maior a dimensão complexidade.

Neste trabalho é proposto a alteração das denominações da escala usada por Shenhar e Dvir (2007) alterando os termos Componente para Baixa-complexidade, Montagem para Média-complexidade, Sistema para Alta-complexidade e Vetor para Super-alta-complexidade. A razão de ser destas

denominações decorre de estar-se referindo a elementos com diferentes graus de complexidade.

Diferentemente da proposta do trabalho de Shenhar cujo objetivo era encontrar uma maneira simples e universal de conceitualizar complexidade em uma estrutura livre de contextos, independente do setor ou da tecnologia envolvida (SHENHAR, 2007), esta proposta objetiva ser aderente à realidade da indústria espacial brasileira. Um componente espacial, dado às restrições comerciais e tecnológicas pode envolver uma alta complexidade na sua aplicação. Essa distinção também permite melhor clareza na comunicação evitando confundir a escala de medida com o objeto que está sendo analisado. Desta forma possui similaridades às proposições de Crawford (2005) no que se refere à coerência à comunicação usada na organização.

Projetos classificados como baixa-complexidade, no extremo inferior da escala da dimensão complexidade, são, normalmente, desenvolvidos dentro de uma organização sob um ramo funcional desta. O estilo gerencial pode ser caracterizado como informal com baixo esforço de GCD e com foco no cumprimento das metas PCE. Já os projetos classificados como Média Complexidade são, normalmente, desenvolvidos no âmbito de uma estrutura de projeto maior (classificado como sistema), possivelmente como um dos produtos de um pacote de trabalho. Requerem uma maior formalização de procedimentos e um maior esforço de GCD decorrente do nível de integração requerido das equipes de especialistas. Há necessidade, também, de foco no alinhamento com as metas PCE do projeto maior.

Os projetos classificados como Alta-complexidade são, normalmente, geridos por um escritório, estabelecidos exclusivamente para esta finalidade, ou por um contratante principal (*main contractor*). A estrutura de divisão do trabalho (EDT) é extensa, apresentando muitas subdivisões e grande número de interfaces. As atividades gerenciais vão além do acompanhamento técnico do projeto, envolvendo a implementação e o acompanhamento de subcontratos internos e externos à organização. Há necessidade de extenso e cuidadoso planejamento para cumprimento das metas relacionadas à tripla restrição. O estilo gerencial

deve, normalmente, ser formal e burocrático, com grande esforço de garantia da qualidade. Há grande foco em questões de sistema, como a especificação, o projeto, a integração, a verificação e a fabricação do sistema.

Finalmente, os projetos classificados como Super-alta-complexidade são geridos por estruturas formais, como organizações estabelecidas especificamente para esta finalidade. Valem as observações já efetuadas para os de Alta-complexidade, mas com esforços muito mais acentuados de visão sistêmica, planejamento, garantia da qualidade e GCD.

A **Tabela 5.3** apresenta as classificações de projetos em termos das duas dimensões do artefato NTCR-F. As combinações correspondentes às células hachuradas são consideradas pouco plausíveis na prática, devido à interdependência entre projeto e fabricação. Por exemplo, um produto que não tenha sido fabricado anteriormente requererá, normalmente, o desenvolvimento e qualificação de novos processos e, portanto, o projeto que prevê o seu fornecimento poderá receber uma categorização entre Parcialmente Qualificado e Não Qualificado, mas nunca Qualificado.

Tabela 5.3 – Possíveis classificações de projetos nas dimensões Tecnologia de Projeto (Design), Verificação e Integração e Tecnologia de Fabricação, desdobradas da dimensão Tecnologia do artefato NTCR.

| | Qualificado | Parcialmente Qualificado | Pouco Qualificado | Não Qualificado |
|-----------------------|--|--|--|--|
| Super-Alta-Tecnologia | | | Produto inédito. Fornecedor com experiência na área espacial. | Produto inédito. Fornecedor sem experiência na área espacial. |
| Alta-Tecnologia | | Produto inédito, mas derivativo ³ . Fornecedor com experiência na área espacial. | Produto inédito, mas derivativo. Fornecedor com pouca experiência na área espacial. | Produto inédito, mas derivativo. Fornecedor sem experiência na área espacial. |
| Média-Tecnologia | | Produto convencional, mas ainda não fabricado no país. Fornecedor com experiência na área espacial. | Produto convencional, mas ainda não fabricado no país. Fornecedor com pouca experiência na área espacial. | Produto convencional, mas ainda não fabricado no país. Fornecedor sem experiência na área espacial. |
| Baixa-tecnologia | Produto recorrente. Mesmo fornecedor. | Produto recorrente. Fornecedor com experiência na área espacial. | Produto recorrente. Fornecedor com pouca experiência na área espacial. | Produto recorrente. Fornecedor sem experiência na área espacial. |

5.3. Exemplo de Aplicação da Categorização NTCR-F.

Como o objetivo de analisar a aplicabilidade do artefato de categorização de projetos proposta pelo artefato NTCR-F, este foi aplicado ao projeto SIA e ao Projeto do CBERS3/4.

5.3.1. Projeto SIA

³ Produto Inédito mas Derivativo: Produto inédito ao mercado, mas construído com tecnologias já conhecidas.

O projeto Sistemas Inerciais para Aplicação Aeroespacial (SIA), desenvolvido conjuntamente pelo Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) e o INPE, objetiva o desenvolvimento de produtos para o subsistema de controle, tanto de plataformas orbitais, quanto de veículos lançadores de satélites. Especificamente para plataformas orbitais, encontram-se previstos os desenvolvimentos de um bloco girométrico, de um sensor de estrelas, de um computador de bordo e de um ambiente de simulação de controle de atitude e órbita. O projeto objetiva qualificação de fornecedores para produção dos diferentes produtos do projeto.

Analisando ao Projeto SIA com as dimensões do artefato NTCR-F, obtém-se, de forma heurística, as classificações apresentadas na **Tabela 5.4**.

Tabela 5.4– Categorização do Projeto SIA no artefato NTCR-F.

| Dimensão | Categorização |
|---|--|
| Novidade | <p>Nenhum dos produtos do projeto constitui-se uma inovação radical do ponto de vista de sua aplicação, mas todos são inovações no âmbito do programa espacial brasileiro. Portanto, todos os produtos podem ser classificados como Novidade para o Mercado.</p> <p>Esta categorização é coerente com os critérios para categorização expostos por Shenhar e Dvir, quando propõem que um projeto com esta categorização não gere apenas um produto novo, mas também a infra-estrutura para projetos futuros (SHENHAR, 2007).</p> |
| Tecnologia de Projeto, Verificação e Integração | <p>Todos os produtos requerem tecnologias de projeto e integração, bem como conhecimentos de partes e materiais, que não se encontram disponíveis no âmbito do programa espacial brasileiro. Essas tecnologias e conhecimentos necessitam ser desenvolvidas durante o projeto. Portanto, todos os produtos se enquadram no nível de Super-alta-tecnologia.</p> |
| Tecnologia de Fabricação | <p>Neste projeto, a fabricação de todos os produtos constitui-se em um fator crítico para o sucesso do projeto. Para alguns dos produtos, inexistente uma rede fornecedora capacitada, necessitando a maioria dos processos de fabricação ser desenvolvidos e qualificados no decorrer do Projeto. Para outros produtos, como o computador de bordo, já existe uma rede de fornecedores com algum nível de qualificação. Assim,</p> |

5.4 Conclusão

| | |
|--------------|--|
| | considera-se que o projeto como um todo possa ser classificado como Pouco-qualificado. |
| Complexidade | O objetivo principal do projeto está voltado para o desenvolvimento de capacitação nacional em sistemas de controle de plataformas orbitais e de guiagem e controle de veículos lançadores de satélites. Neste escopo incluem-se o desenvolvimento de laboratórios, vários subsistemas como computador de bordo, sensor estelar, girômetro a fibra óptica, além de uma rede de fornecedores com processos qualificados. Apesar de apresentar características coerentes com categorização Vetor, o fato de que os produtos finais não sejam integrados em um único produto, sugere a categorização nesta dimensão como Sistema. |
| Ritmo | Neste projeto, em particular, a entrega do produto numa data determinada data não se constitui em um fator crítico de sucesso, apesar da existência de cronograma e prazos definidos. Como é normal em projetos de desenvolvimento de novas tecnologias, extensões de prazo não representam um fracasso do projeto. Portanto, o projeto pode ser enquadrado no nível Regular. |

Apresentando esta categorização em um artefato semelhante ao utilizado por Shenhar e Dvir para o artefato NTCR, com a dimensão Tecnologia agora desdobrada, obtém-se o artefato ilustrado na **Figura 5.1**, onde é, também, apresentada a categorização para projetos correntes do INPE, baseada em um exercício a ser apresentado brevemente.

A escala dos gráficos é apresentada na **Tabela 5.5**.

Tabela 5.5 - Escala NTCR-F.

| Dimensão | Escala | | | |
|--|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Novidade | 1- Derivativa | 2-Plataforma | 3-Inovação de Mercado | 4- Inovação Mundial |
| Tecnologia Projeto, Verificação e Integração | 1- Baixa-tecnologia | 2- Média-tecnologia | 3- Alta-tecnologia | 4- Super-alta-tecnologia |
| Complexidade | 1- Baixa-complexidade | 2- Média-complexidade | 3-Alta-complexidade | 4- Super-alta-complexidade |
| Ritmo | 1 - Regular | 2- Rápido/ Competitivo | 3- Tempo crítico | 4- Blitz |
| Tecnologia de Fabricação | 1 -Qualificado | 2- Parcialmente Qualificado | 3- Pouco Qualificado | 4- Não Qualificado |

A **Figura 5.1** apresenta uma comparação entre a categorização do Projeto SIA e a de projetos correntes do INPE, nas referidas dimensões.

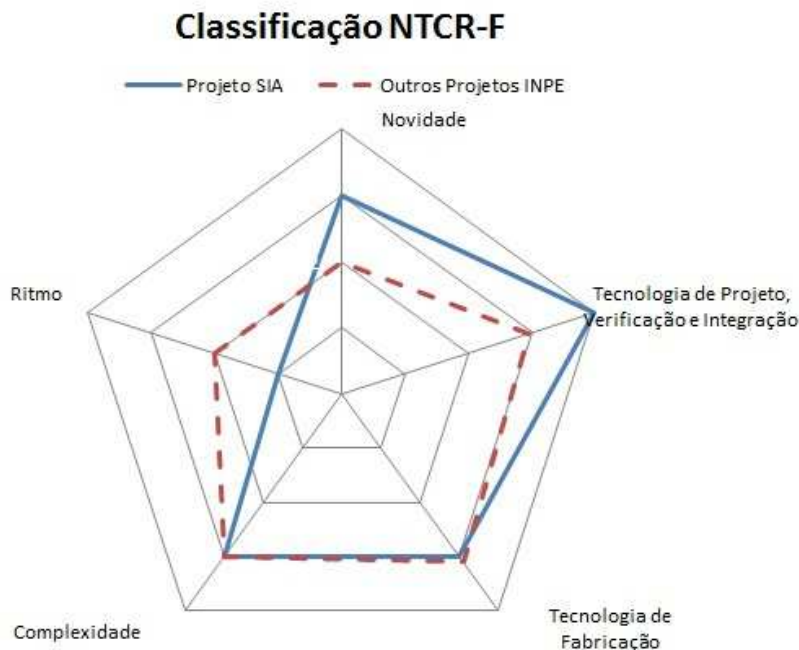


Figura 5.1 - Comparação entre a categorização do Projeto SIA e aquela de projetos correntes do INPE, conforme o artefato NTCR-F.

Coerentemente com o caráter de desenvolvimento tecnológico do Projeto SIA, observa-se que este apresenta classificações de Novidade e Tecnologia de Projeto (Design), Verificação e Integração em nível superior à média dos projetos correntes do INPE, porém com prazos mais flexíveis.

A partir da **Figura 5.2**, observa-se que, conforme os resultados do presente exercício, o Projeto SIA apresenta um caráter mais desafiador em termos de projeto (*Design*) do que programas correntes, porém menos desafiador que estes no que se refere à fabricação. Enfatiza-se, porém, o caráter relativo desta conclusão, que se baseia em um exercício livre de categorização dos projetos aqui tratados, desenvolvido a título de ilustração de aplicação do artefato NTCR-F.



Figura 5.2 - Comparação entre a categorização do Projeto SIA e projetos correntes do INPE com respeito às dimensões Tecnologia de Projeto (Design), Verificação e Integração e Tecnologia de Fabricação.

A **Tabela 5.5** apresenta um detalhamento da categorização dos produtos do Projeto SIA e do Projeto como um todo, relacionados a plataformas orbitais, nas duas dimensões introduzidas no presente trabalho.

Tabela 5.5 – Categorização dos produtos do Projeto SIA, área de satélites, e do projeto como um todo, conforme o artefato NTCR-F.

| | Tecnologia Projeto, Verificação e Integração. | Tecnologia de Fabricação |
|-----------------------|---|--------------------------|
| Computador de bordo | Super-alta-tecnologia | Parcialmente qualificado |
| Bloco Girométrico | Super-alta-tecnologia | Não qualificado |
| Sensor de Estrelas | Super-alta-tecnologia | Pouco qualificado |
| Ambiente de Simulação | Super-alta-tecnologia | Pouco qualificado |
| Projeto SIA | Super-alta-tecnologia | Pouco qualificado |

5.3.2. Projeto CBERS 3/4.

Foram realizadas entrevistas com o gestor do projeto CBERS-3/4 (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) e com os gestores dos projetos de alguns subsistemas para coleta de informações e assim caracterizar esse projeto e alguns de seus subsistemas dentro das dimensões do artefato NTCR-F.

Cada projeto foi então analisado e comparado com os demais, com intuito de se ter uma visão da aplicabilidade e utilização prática da ferramenta. Os subsistemas analisados foram o Gravador de Dados Digitais (DDR); Estrutura mecânica; Câmera Multiespectral MUX; Gerador Solar; Câmera Multiespectral WFI (*Wide Field Image*) ; Sistema de Coleta de Dados.

Estes foram combinados, num exercício livre, para verificar as diferenças entre eles.

As principais características da plataforma do CBERS-3/4 podem ser sintetizadas como tendo massa total de 2.000kg; potência elétrica de 2.500 w; 2 baterias de NiCd de 50 Ah cada; dimensões de 1,8 x 2,0 x 2,2 m; painéis solares com dimensões de 6,3 m x 2,6 m; 16 propulsores de hidrazina de 1 N e 2 de 20 N; vida útil de 3 anos para uma confiabilidade de 60%; controle de atitude baseado em três eixos estabilizados apontando para a Terra; e serviço de comunicação em banda S (SCADUTO, 2008). O artefato NTCR-F para a CBERS-3/4 é apresentado na **Figura 5.3**.

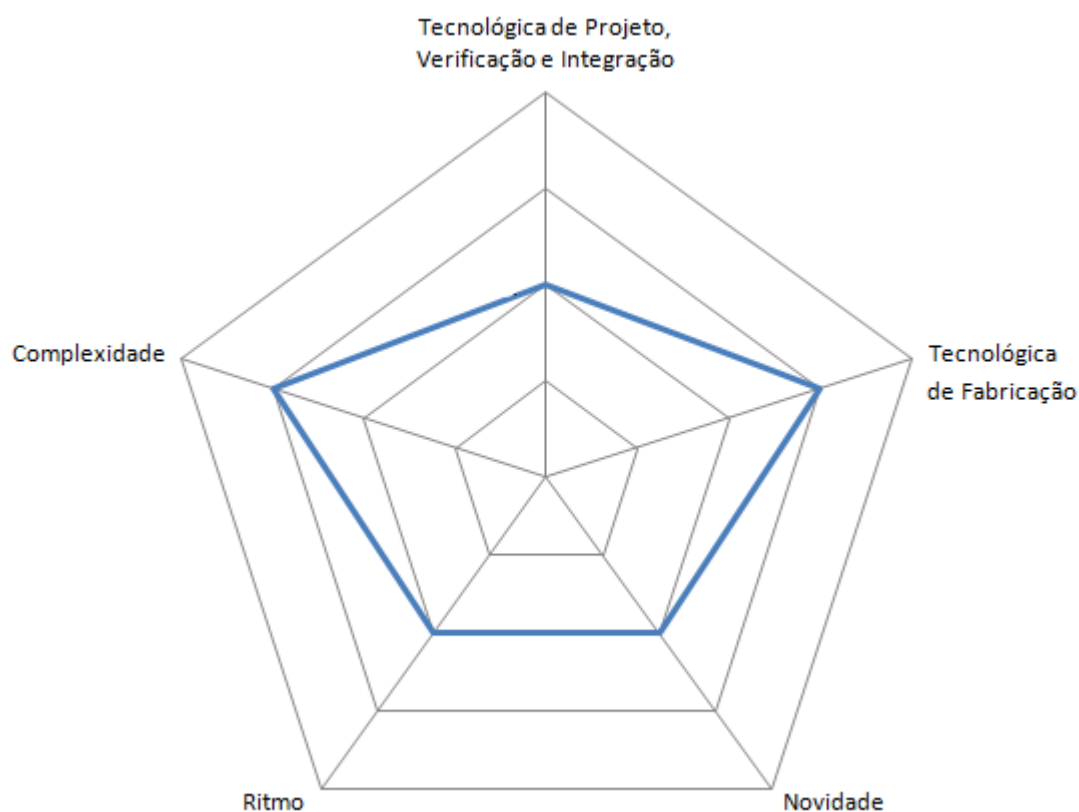


Figura 5.3 - Artefato NTCR-F para a CBERS-3/4.

5.3.2.1. Gravador de Dados Digitais (DDR) e o Sistema de Coleta de Dados do CBERS.

O Gravador de Dados Digitais DDR do CBERS 3/4 é responsável pela gravação das imagens dos subsistemas das câmeras do satélite (IRS, MUX, PAN e WFI) durante o período de não visibilidade das estações terrenas e pela reprodução dos dados gravados durante o período de visibilidade. O Sistema de Coleta de Dados (DCS) irá integrar o Sistema de Coleta de Dados do Brasil, que coleta dados ambientais adquiridos por plataformas distribuídas no território nacional (EPIPHANIO, 2011).

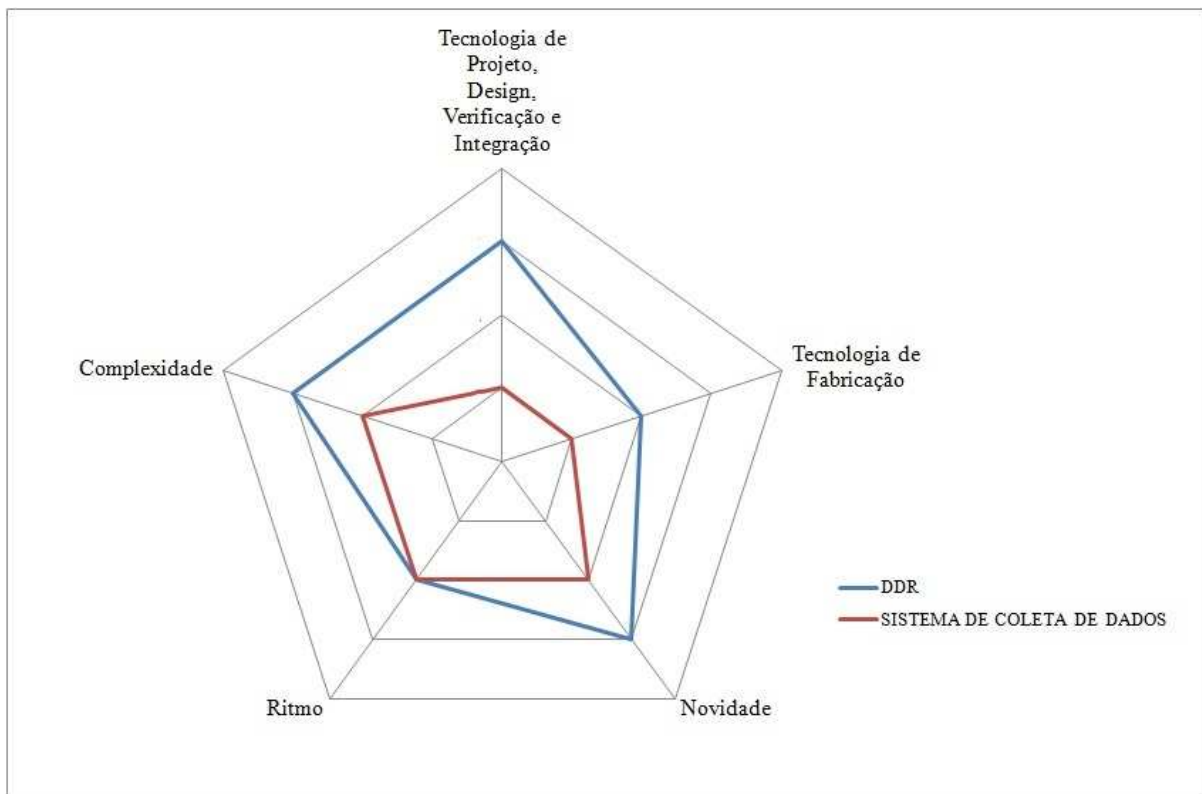


Figura 5.4- Artefato NTCR-F para o Subsistema Gravador de Dados Digitais e para o Sistema de Coleta de Dados.

5.3.2.2. Câmeras Multiespectral MUX e Multiespectral WFI.

A câmera multiespectral MUX é uma câmera com visão angular de aproximadamente 4.4° de semiabertura, com resolução angular de $27\mu\text{rad}$, quatro bandas espectrais que operam no visível e no infravermelho próximo do espectro eletromagnético. O desempenho óptico requerido, em termos de qualidade e estabilidade de imagem é classificado como de alto desempenho. Este requisito impõe a condição da câmera ser desenhada próxima ao limite teórico de desempenho, estabelecido pelo limite de difração, exigindo assim condições de manufatura mecânica e óptica de nível elevado. A câmera WFI possui as mesmas bandas espectrais da câmera MUX. Embora sua resolução espacial seja baixa, foi melhorada em relação às câmeras anteriores do CBERS. Possui também uma alta resolução temporal permitindo que no período aproximado de cinco dias, obtém-se uma cobertura completa da Terra (EPIPHANIO, 2011).

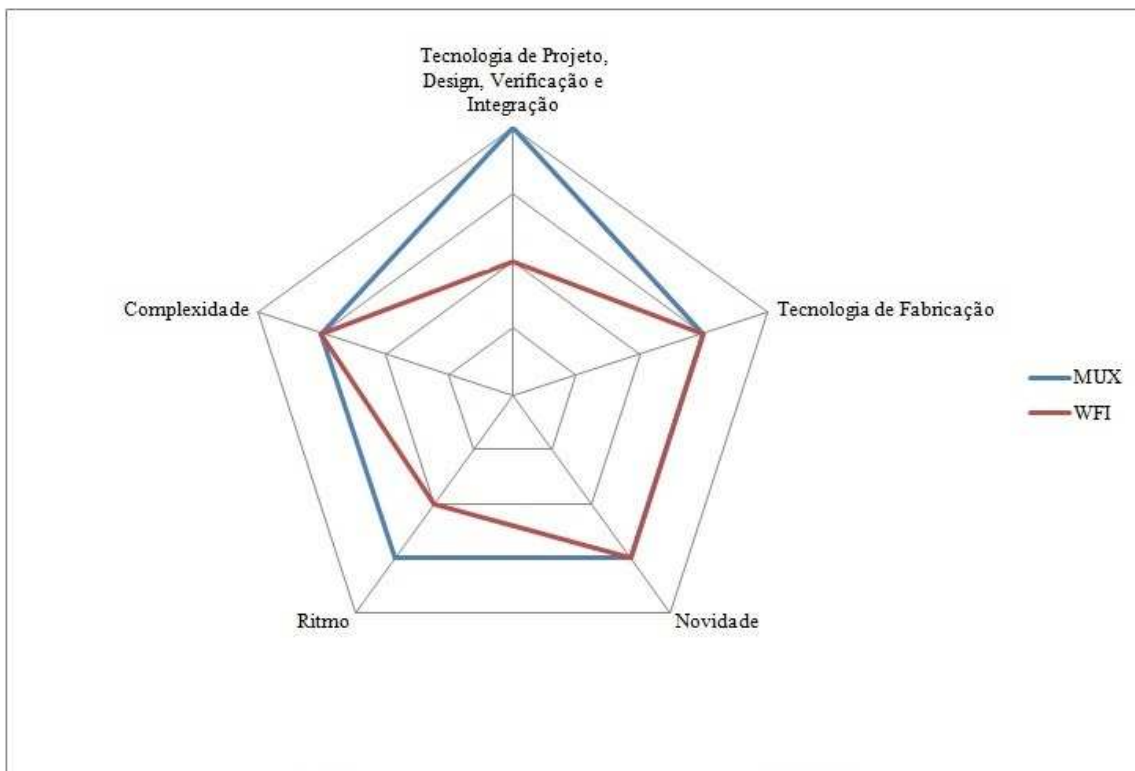


Figura 5.5 - Artefato NTCR-F para Câmeras Multiespectral MUX e Multiespectral WFI.

5.3.2.3. Gerador Solar e Estrutura Mecânica

O projeto do Gerador Solar consiste na fabricação dos painéis solares do CBRES-3 e os equipamentos para o suporte do conjunto durante as etapas de transporte, integração e testes.

O painel solar do CBERS-3/4 se constitui de três conjuntos de módulos que podem se fechar entre si para permitir a colocação em órbita, onde se abre através de um dispositivo pirotécnico.

O projeto da estrutura mecânica do CBERS-3 pode ser dividida em duas partes, a de Payload com 45 partes e a do Módulo de Serviço com 25 partes principais. Este subsistema tem por função, entre outras prover suporte mecânico estrutural aos demais subsistemas e respectivos equipamentos de

bordo e acessórios atendendo aos requisitos de projeto e em todas as fases da missão (EPIPHANIO, 2011).

Aplicando do artefato NTCR-F para esses subsistemas se obtém a **Figura 5.6**.

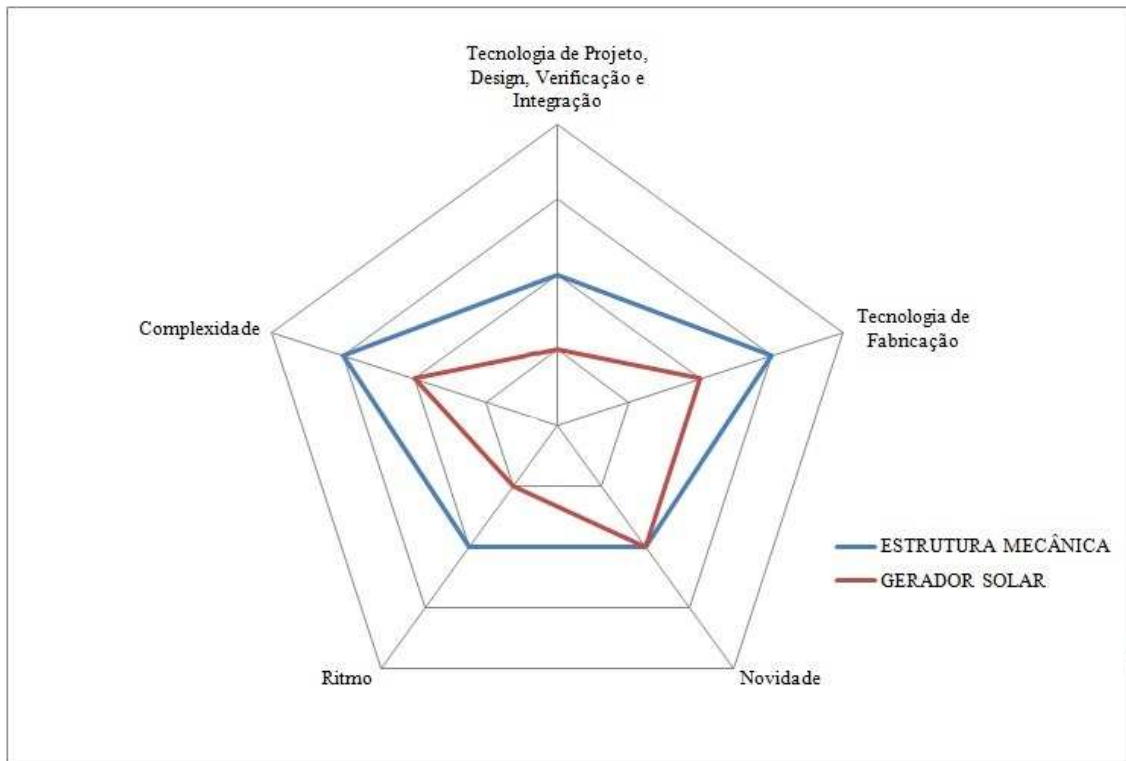


Figura 5.6 - Artefato NTCR-F para o Gerador Solar e para a Estrutura Mecânica.

5.4. Aplicação ao Projeto SIA.

A **Tabela 5.6** apresenta um detalhamento da categorização dos produtos do Projeto SIA relacionados a plataformas orbitais, nas duas dimensões introduzidas no presente trabalho.

Tabela 5.6 - Categorização dos produtos do Projeto SIA, área de satélites, e do projeto como um todo, conforme o artefato NTCR-F.

| | Tecnologia Projeto, Verificação e Integração. | Tecnologia de Fabricação |
|-----------------------|---|--------------------------|
| Computador de bordo | 4 | 2 |
| Bloco Girométrico | 4 | 4 |
| Sensor de Estrelas | 4 | 3 |
| Ambiente de Simulação | 4 | 3 |
| Projeto SIA | 4 | 3 |

5.5. Composição de valores NTCR-F

Partindo dos valores das dimensões dos diagramas NTCR-F dos subsistemas a decisão dos valores a serem atribuídos às dimensões do NTCR-F do sistema pode ser realizada através do seguinte processo:

O primeiro passo é definir um Fator de Ponderação do Subsistema N (FPN) em relação ao projeto do sistema como um todo. Este fator tem a função de ponderar o peso do projeto do subsistema em relação ao projeto do sistema do qual ele fará parte. Um só fator pode valer para todas as dimensões ou pode ser selecionado um para cada dimensão em conformidade com os parâmetros do projeto.

Entre outros, podem ser utilizados para o cálculo do Fator Ponderação:

- a) Valor financeiro do subsistema em relação ao valor financeiro do sistema como um todo.
- b) Quantidade de componentes do subsistema em relação à quantidade de componentes do sistema como um todo.
- c) Homem/hora necessário à realização do subsistema em relação Homem/hora total necessário à realização do sistema como um todo.

- d) Quantidade de pessoas ligadas ao subsistema em relação à quantidade de pessoas ligadas ao sistema como um todo.

Ou seja:

$$FPN = \frac{\text{PARÂMETRO DO SUBSISTEMA N}}{\text{PARÂMETRO DO SISTEMA}}$$

Muitos dos fatores de ponderação podem ser obtidos pelo Gestor do Projeto a partir dos documentos do projeto como o cronograma e o planejamento econômico/financeiro.

O valor da soma dos valores dos Fatores de Ponderação de todos os subsistemas (FPT) deve ser igual a 1.

$$FPT = FS1 + FS2 + FS3 + \dots + FSN = 1 \quad (5.2.1)$$

Para atender essa relação, os valores referentes à integração do subsistema no sistema devem ser imputados ao próprio subsistema, de forma o valor do projeto do sistema ser o valor da soma dos projetos de suas partes.

O segundo passo é estabelecer diagrama como ilustrado na **Figura 5.7** com estrutura hierárquica do projeto, esse diagrama é baseado no WBS do projeto.

Onde:

IT= Valor da dimensão NTCR-F do sistema em estudo.

FP N= Fator de Ponderação do subsistema.

I N= Valor da incerteza na dimensão NTCR-F do subsistema

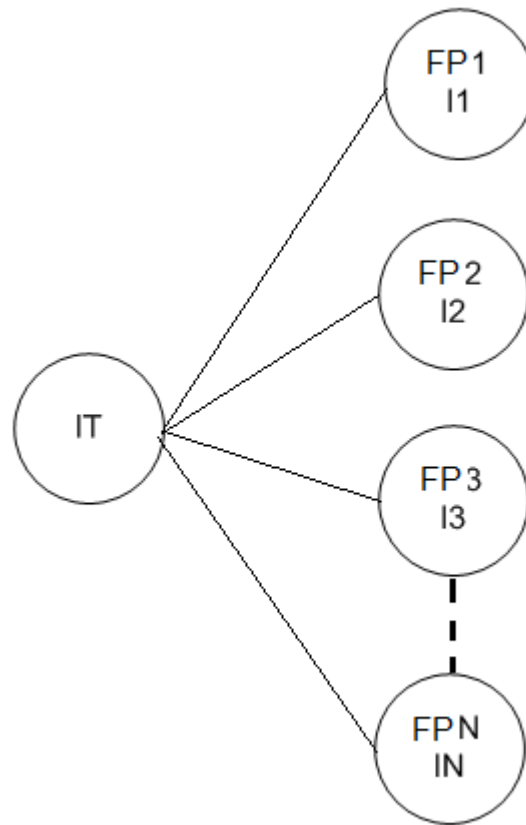


Figura 5.7: Diagrama representando da estrutura hierárquica do projeto genérico.

Para o calculo de IT é realizado por ⁴:

$$IT=I1.FP1+I2.FP2+I3.FP3+...+IN.FPN \quad (5.2.2)$$

$$IT= \sum_1^N \cdot IN.FPN \quad (5.2.3)$$

O mesmo processo pode ser repetido para outros níveis hierárquicos, permitindo a combinação de vários diagramas.

Exemplificando a aplicação do processo foi realizado o exercício a seguir:

Tendo um projeto de um sistema composto por três subsistemas, sendo que o subsistema 1 é composto por duas montagens. O gestor do projeto possui os artefatos NTCR-F dos subsistemas 2 e 3 e das montagens 1 e 2 (**Figura 5.8**).

⁴ O valor de IT deve arredondado de forma a possuir um valor inteiro entre 1 e 4.

Para estabelecer o artefato NTCR-F do projeto como um todo realizamos o processo descrito anteriormente para cada nível da estrutura:

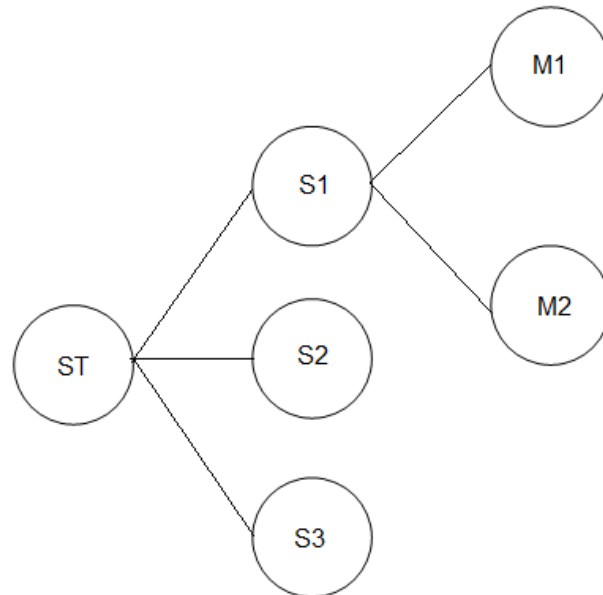


Figura 5.8: Diagrama representando da estrutura hierárquica do projeto exemplificado.

Primeiro passo

O valor de ponderação selecionado para as dimensões Novidade, Tecnologia de Projeto, Verificação e Integração, Complexidade e Fabricação será o valor financeiro relativo ao projeto. Para a dimensão Ritmo será o homem/hora.

Os valores ficam conforme **Tabela 5.7**:

Tabela 5.7 mostrando os valores dos diagramas NTCR-F de M1, M2, S2 e S3.

| | incerteza | | | | Valor financeiro | FP (\$) | R | H/H Necessário | FP (tempo) |
|----|-----------|---|---|---|------------------|---------|---|----------------|------------|
| | N | T | C | F | | | | | |
| M1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 70000 | 0,7 | 2 | 100 | 0,75 |
| M2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 30000 | 0,3 | 4 | 50 | 0,25 |
| S1 | | | | | 100000 | 0,5 | | 150 | 0,652 |
| S2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 60000 | 0,3 | 4 | 50 | 0,217 |
| S3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 40000 | 0,2 | 2 | 30 | 0,131 |
| ST | | | | | 200000 | | | 230 | |

Segundo passo

Calcular os valores para o subsistema S1, usando os parâmetros das montagens M1 e M2.

$$N: 3.0,7+2.0,3=3 \quad (5.2.4)$$

$$T: 4.0,7+3.0,3=4 \quad (5.2.5)$$

$$C: 4.0,7+2.0,3=3 \quad (5.2.6)$$

$$F: 2.0,7+3.0,3=2 \quad (5.2.7)$$

$$R: 2.0,75+4.0,25=3 \quad (5.2.8)$$

Apresentando os resultados na **Tabela 5.8** obtém-se:

Tabela 5.8: mostrando os valores dos diagramas NTCR-F de M1, M2, S2 e S3.

| | N | T | C | F | Valor financeiro | FP (\$) | R | H/H Necessário | FP (tempo) |
|----|----------|----------|----------|----------|------------------|---------|----------|----------------|------------|
| M1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 70000 | 0,7 | 2 | 100 | 0,75 |
| M2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 30000 | 0,3 | 4 | 50 | 0,25 |
| S1 | 3 | 4 | 3 | 2 | 100000 | 0,5 | 3 | 150 | 0,652 |
| S2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 60000 | 0,3 | 4 | 50 | 0,217 |
| S3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 40000 | 0,2 | 2 | 30 | 0,131 |
| ST | | | | | 200000 | | | 230 | |

Repetindo o processo para os subsistemas S1, S2 e S3 obtém-se como resultado a **Tabela 5.9** com os valores de para ST.

Tabela 5.9: Valores de ST resultantes de S1, S2 e S3.

| | incerteza | | | | | | incerteza | | |
|----|-----------|----------|----------|----------|------------------|---------|-----------|----------------|------------|
| | N | T | C | F | Valor financeiro | FP (\$) | R | H/H Necessário | FP (tempo) |
| M1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 70000 | 0,7 | 2 | 100 | 0,75 |
| M2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 30000 | 0,3 | 4 | 50 | 0,25 |
| S1 | 3 | 4 | 3 | 2 | 100000 | 0,5 | 3 | 150 | 0,652 |
| S2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 60000 | 0,3 | 4 | 50 | 0,217 |
| S3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 40000 | 0,2 | 2 | 30 | 0,131 |
| ST | 3 | 3 | 3 | 2 | 200000 | | 3 | 230 | |

Com os valores de ST é possível montar do diagrama NTCR-F do projeto como um todo.

5.6. Resultados do artefato NTCR-F

As Figuras 5.1, 5.4, 5.5 e 5.6 a tabela 5.6 mostram que as incertezas associadas à Tecnologia de Projeto, Verificação e Integração e as incertezas associadas à Tecnologia de Fabricação variam entre si dentro de um mesmo subsistema, e também de um subsistema para outro. Isto demonstra que as incertezas destes projetos são distintas em relação às tarefas realizadas pelo executor principal e as diversas organizações envolvidas na fabricação de cada um dos subsistemas. A forma de gestão para cada um deles deve ser também distinta e assim permitir a redução de riscos ao sucesso do projeto como um todo. Essas diferenças nos níveis incerteza não perceptíveis sem a divisão da dimensão Tecnologia nas duas novas dimensões aqui propostas.

As análises anteriores também demonstram níveis de complexidade diferente para os diferentes subsistemas, ou seja, mesmo que dois projetos sejam relacionados hierarquicamente a subsistema, eles podem ter diferentes níveis de complexidade diferentes, demonstrando a pertinência da alteração na escala do artefato NTCR-F em relação do NTCR.

6 ARTEFATO PARA SELEÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO DE PROJETOS ESPACIAIS.

Para atender às expectativas do país, o INPE vem aprimorando sua metodologia de Gestão de Projetos, que ao longo dos anos foi se moldando ao padrão de gestão documentado no conjunto de padrões do Comitê Europeu de Padrões Espaciais – ECSS (ARAUJO, 2007). Essa metodologia de gestão, que se caracteriza por dividir o ciclo de vida do projeto em fases e realização de modelos até se chegar ao modelo de voo, é uma resposta ao perfil de incertezas e impactos característico dos projetos espaciais. Essa dinâmica representa o estilo Plan Driven, ou seja, foca no planejamento seguido da realização. No entanto, nas etapas iniciais dos projetos, quando as incertezas tendem a ser elevadas, e o planejamento realizado de forma canônica pode se tornar contraproducente.

O objetivo desta seção é apresentar uma proposta de artefato para seleção de metodologias de gestão de projetos espaciais. O artefato proposto adapta-se às especificidades sócio-técnicas do INPE e tem caráter integrador. Isto é, se constitui de duas referências principais: A primeira referência é o Artefato UC que visa a seleção de metodologias de gestão adequado às contingências dos desafios do projeto, considerando as variáveis incerteza e impacto. A segunda referência é o padrão em Gestão de Projetos desenvolvido pela indústria espacial europeia, o ECSS, e adotado no Brasil.

6.1. Desenvolvimento do Artefato UC-E

Conforme a teoria contingencial em Administração, o sucesso dos projetos desenvolvidos por uma organização está diretamente relacionado à adequação do modelo de gestão utilizado para a sua realização (DONALDSON, 2001), no entanto gerentes de projetos frequentemente falham em considerar seriamente suas alternativas de metodologias de gestão (SHENHAR, 2001). Isto pode ser em parte porque eles não consideram essa análise como parte do gerenciamento de projetos, e também devido à falta de ferramentas de apoio à decisão que desencoraja tal consideração (HOWELL, 2010).

Howell (2010) compara o uso de metodologias de Gestão diferentes, que são divididas em três categorias: as *Plan Driven*, as *Agile* e as *Problem Structuring*, para diferentes níveis de incerteza e impacto. Comparando esse estudo com a evolução da incerteza e dos impactos durante o ciclo de vida dos projetos espaciais, foi elaborado um artefato denominado UC-E.

6.2. Evolução do Impacto e da Incerteza Durante o Ciclo de Vida do Projeto

A execução de um projeto consiste em um processo no qual progressivamente se agrega valor ao resultado final, seja decorrente de tempo despendido em planejamento, com comunicações, aquisições e na própria realização do produto. A ocorrência de uma falha ou outro evento indesejável ao resultado final de projeto terá impacto menor e ações de contenção mais simples se forem detectadas cedo no processo. Desta forma o impacto de uma falha no projeto cresce com o andamento do mesmo, de forma como esquematizado na **Figura 6.1.**

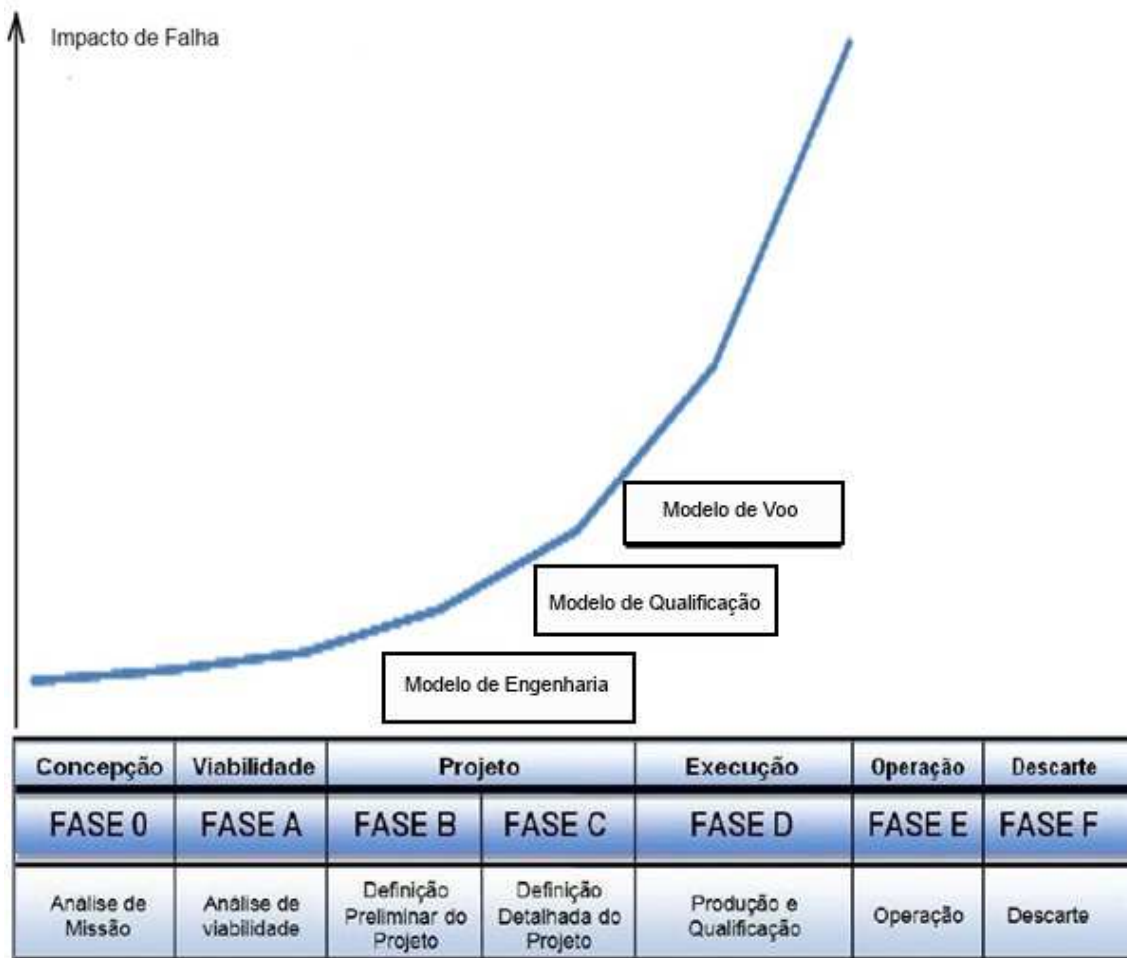


Figura 6.1 - Evolução dos impactos ao longo do ciclo de vida dos projetos espaciais. Visando reduzir o impacto de uma falha durante a realização do projeto, a construção e teste dos modelos são gerados informações que validam os conceitos e processos, isso tem por efeito a redução progressiva no nível de incerteza e dos riscos ao longo do ciclo de vida dos projetos. A evolução do nível de incerteza e risco adquiridos com a construção dos modelos de satélite e seus subsistemas são ilustrados na **Figura 6.2**.

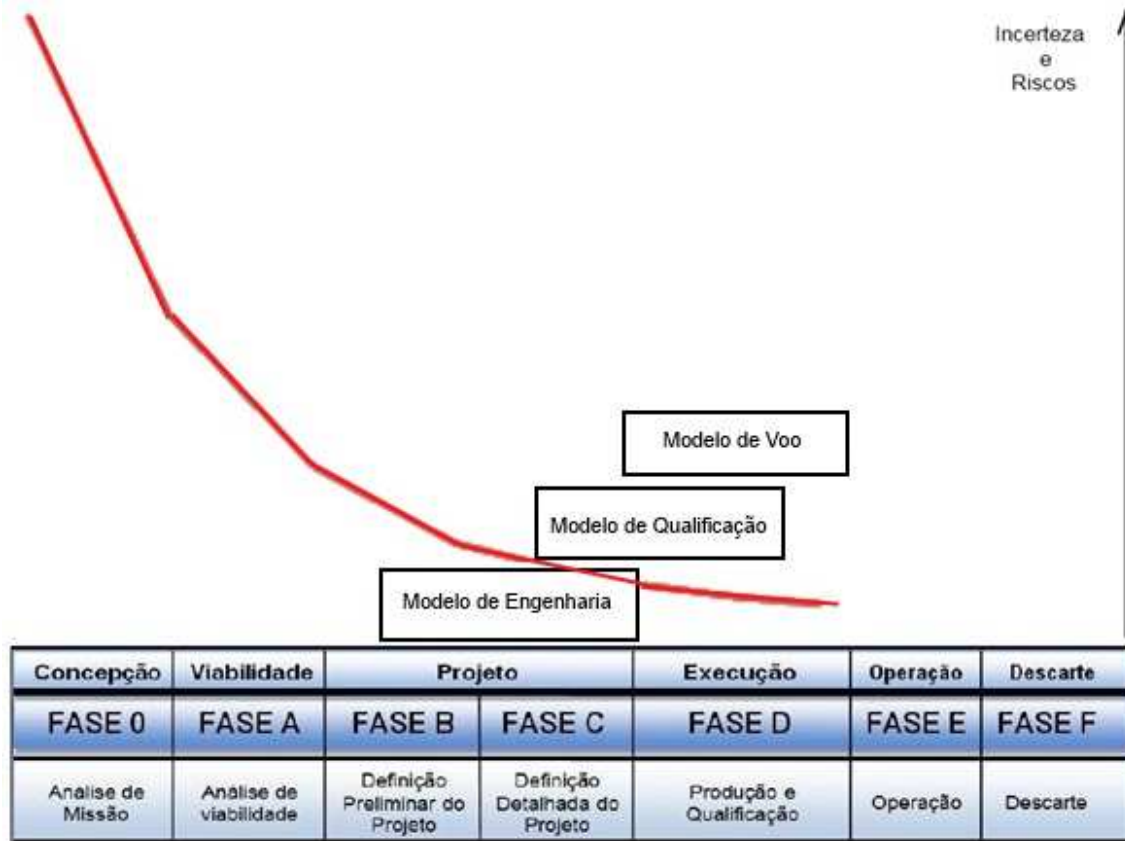


Figura 6.2 - Evolução do nível de incerteza e riscos ao longo do ciclo de vida dos projetos espaciais.

Desta forma, a gestão de projetos, tal como se encontra estruturada atualmente, faz com que os riscos e as incertezas sejam reduzidos antes que eventos negativos possam produzir maiores impactos, ou seja, a relação entre impacto e incerteza, apresentada na **Figura 6.3**, é resultado da forma como a gestão de projetos foi estruturada.

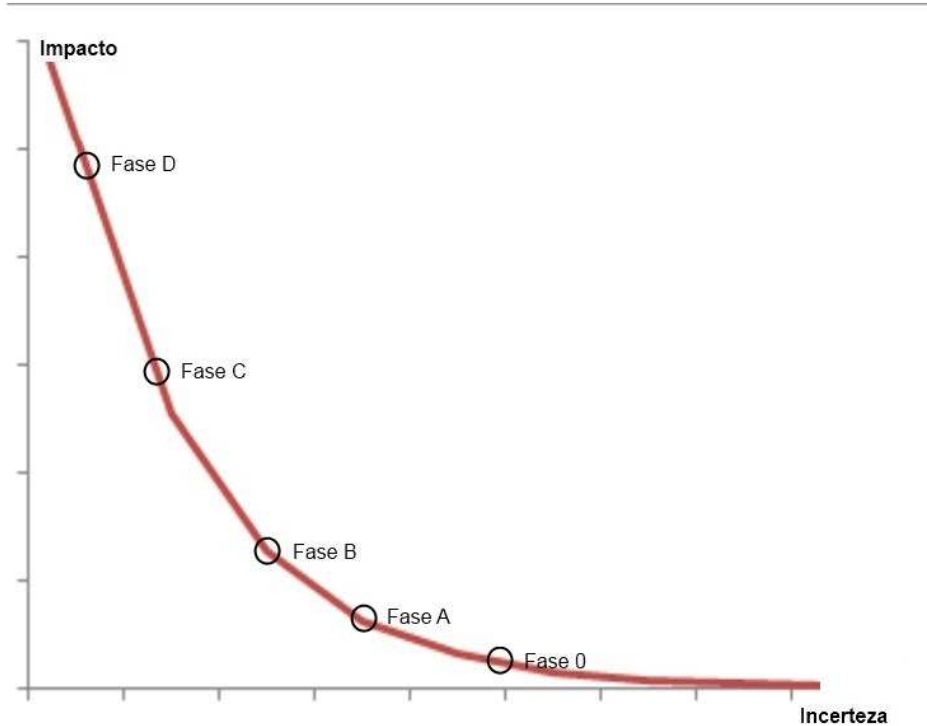


Figura 6.3 - Risco e incertezas se reduzem ao longo do ciclo de vida do projeto, ao passo que os impactos de eventos negativos aumentam.

6.3. Seleção de Metodologias de Gestão de Projetos

Num trabalho analisando as diferentes Metodologias de Gestão de Projeto e Gestão Contingencial de Projetos realizado por Howell (2010) foram selecionados os trabalhos mais relevantes de acordo com os critérios seguintes:

- a. Reunir os autores ou grupo de autores que possuem ligações óbvias entre as metodologias que estão proponto, como o artefato NTCR de Shenhar ou Métodos ASD, ou Soft Projects.
- b. Excluir trabalhos com argumentação falha, exceto naqueles em que a argumentação está em trabalhos relacionados.
- c. Excluir trabalhos em um caso único ou que não proveem fatores que sustente as argumentações.

- d. Excluir trabalhos que não adicionam nada aos trabalhos anteriores.

Como resultados foram selecionados 21 trabalhos dos quais foram levantados os fatores contingenciais que atendam aos seguintes requisitos:

- a) A variável seja principalmente ambiental (isto é, externa ao projeto).
- b) Potencialmente podem requerer características diferentes no projeto para se atingir um desempenho ótimo.

Os fatores contingencias mais frequentes citados são:

- a) Incerteza;
- b) Complexidade;
- c) *Empowerment* da Equipe⁵;
- d) Criticidade;
- e) Urgência.

Os autores para montar o modelo agrupam esses fatores para obter duas dimensões:

INCERTEZA: que engloba também as variáveis complexidade e urgência. Uma vez que a complexidade está correlacionada à incerteza e a urgência leva a incerteza nas decisões. Essa dimensão está relacionada com a ocorrência de um evento inesperado.

IMPACTO: que engloba a capacitação da equipe e a criticidade do projeto. Essa dimensão está relacionada na gravidade das consequências de um evento inesperado.

⁵ *Empowerment* da Equipe, neste trabalho é usado num sentido mais amplo do que normalmente expresso como poder atribuído à uma equipe, aqui inclui fatores impostos que pode limitar a sua capacidade de utilizar este poder de forma eficaz, como a cultura corporativa, a composição e tamanho da equipe e sua capacidade de comunicação. Seu efeito dominante está em modificar a capacidade da equipe para processar e agir de forma eficaz sobre as informações recebidas (HOWELL, 2010).

Na continuação de seu trabalho, Howell (2010) divide as Metodologias de Gestão de Projetos em três grupos modelos:

- a. *Plan Driven*;
- b. *Problem Structuring*;
- c. *Agile*.

PLAN DRIVEN: como os descritos pelo PMI (2008), pelo DoD (2003), e pelos documentos do ECSS, este se se caracterizam por:

- a) Identificar os objetivos do projeto e as etapas necessárias para alcançá-los;
- b) Organizar as etapas em uma sequência ótima, levando em consideração os recursos e outras restrições, formando um plano de projeto;
- c) Seguir o plano com o objetivo de gerenciar as atividades, lidar com desvios e onde os desvios não podem ser resolvidos, gerenciar a revisão do plano (HOWELL, 2010).

Essas metodologias, num caso ideal, são independentes das consequências, como o objetivo do planejamento é antecipar e evitar surpresas, são utilizadas independentemente do eixo C (impacto). No entanto, a eficácia deste tipo de abordagem varia ao longo do eixo U (incerteza). O planejamento é, inevitavelmente, baseado em suposições sobre os objetivos, os métodos aplicados, os esforços exigidos e as restrições de recursos, entre outras. Com o aumento da incerteza, essas premissas serão menos válidas. Isso pode ser compensado até certo ponto pelo esforço maior de planejamento, no entanto, há limitações de custo e de praticidade para isso, e em qualquer caso nem todos os eventos podem ser antecipados (**Figura 6.4**).

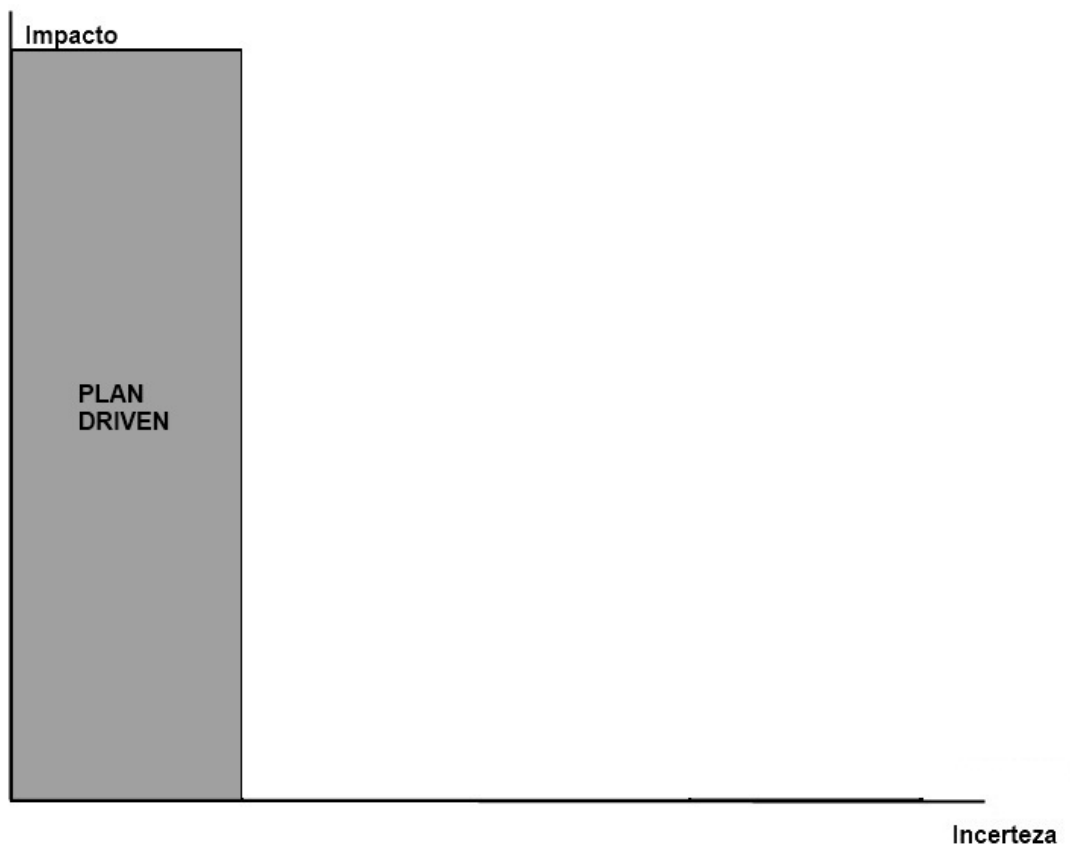


Figura 6.4 - Artefato UC- Localização dos modelos de Gestão Plan Driven
Fonte: Howell (2010).

PROBLEM STRUCTURING, onde se enquadram modelos como o Metagame e Soft System Method, onde:

- a- A questão dominante a ser tratada no projeto é a compreensão dos seus objetivos e de seu ambiente;
- b- Tentar obter esta informação pela modelagem dos relacionamentos causa-efeito;

A eficácia deste modelo de processo é novamente independente do eixo C. Na ausência de uma definição adequada dos objetivos do projeto as consequências permanecem indefinidas.

Mas a eficácia novamente varia ao longo do eixo U. Para níveis baixos de incerteza a definição dos objetivos é clara e torna essas metodologias irrelevantes. Portanto, os *Problem Structuring* são também limitados pela incerteza, mas seu limite está no limite inferior (**Figura 6.5**).

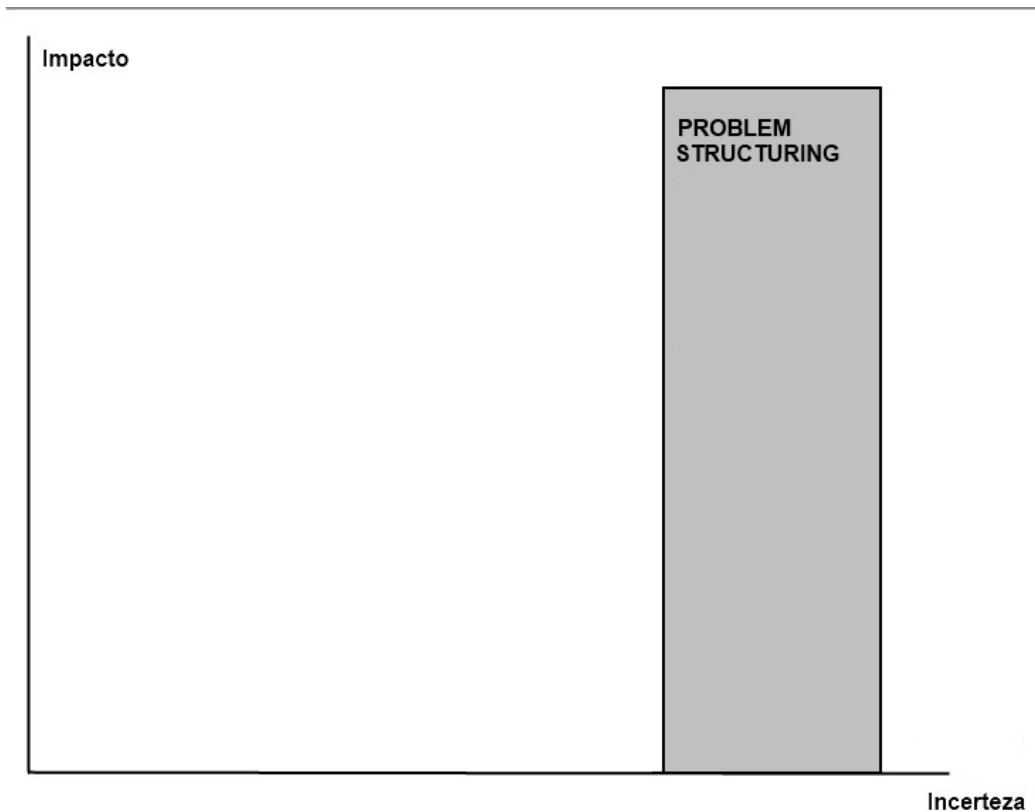


Figura 6.5 - Artefato UC- Localização dos modelos de Problem Structuring

Fonte: Howell (2010).

AGILE: São aplicáveis a projetos que:

Partem do pressuposto de que as metas do projeto estarão mal definidas nos estágios iniciais.

Um processo altamente iterativo envolvendo execução parcial dos objetivos, seguida pela redefinição dos mesmos com base no feedback da implementação.

Num caso ideal esses métodos são independentes da incerteza. Essas já partem pressupondo uma incerteza alta, o que se na prática não se concretize, isso causa pouco impacto no resultado do método.

No entanto esse método não é eficaz com projetos cujas consequências podem ser graves, uma vez que não parte de com um plano de projeto robusto, uma ocorrência grave pode levar ao desastre, o método também não garante que seja encontrada uma solução para o projeto, o que em projetos com criticidade alta isso é inaceitável (**Figura 6.6**).

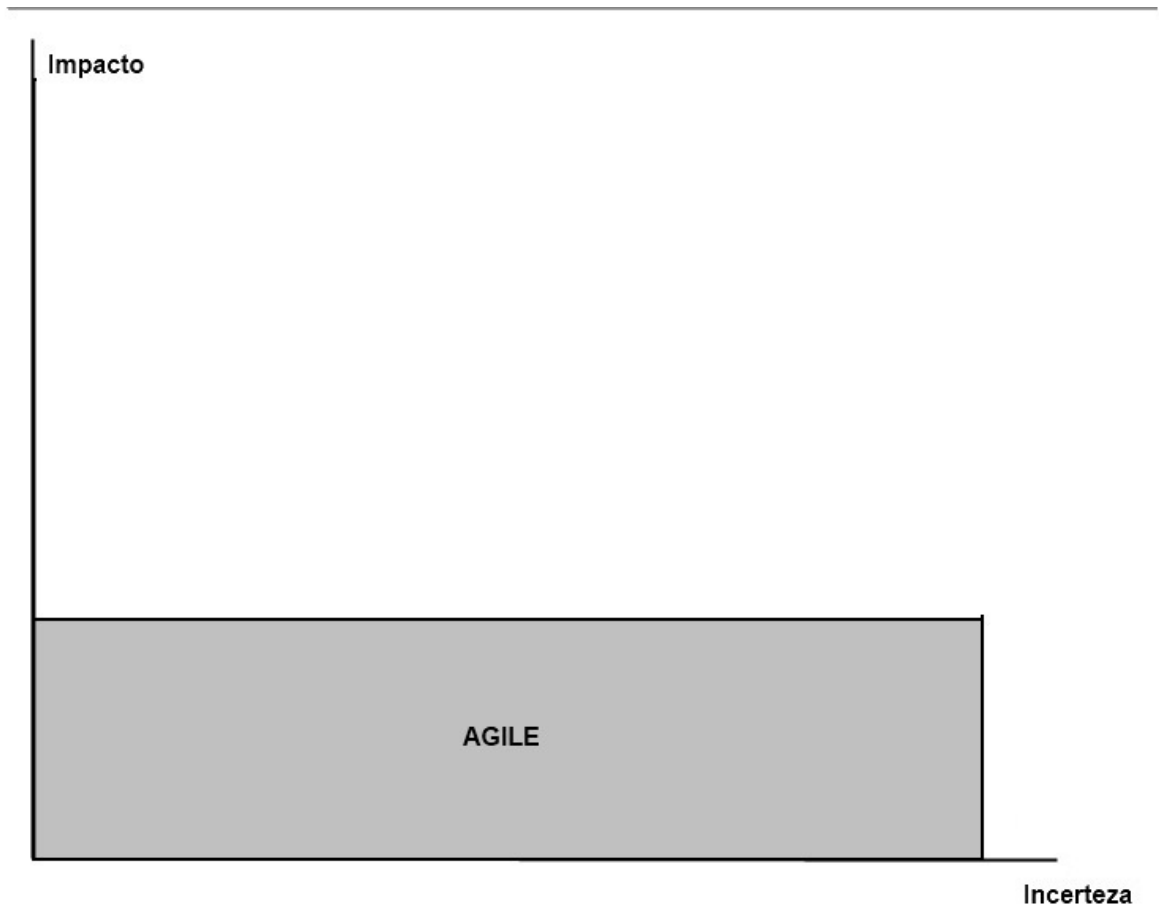


Figura 6.6- Artefato UC- Localização dos modelos de Problem Structuring.

Fonte: Howell (2010).

Somando as Figuras 6.4, 6.5 e 6.6 tem-se o artefato UC (**Figura 6.7**).

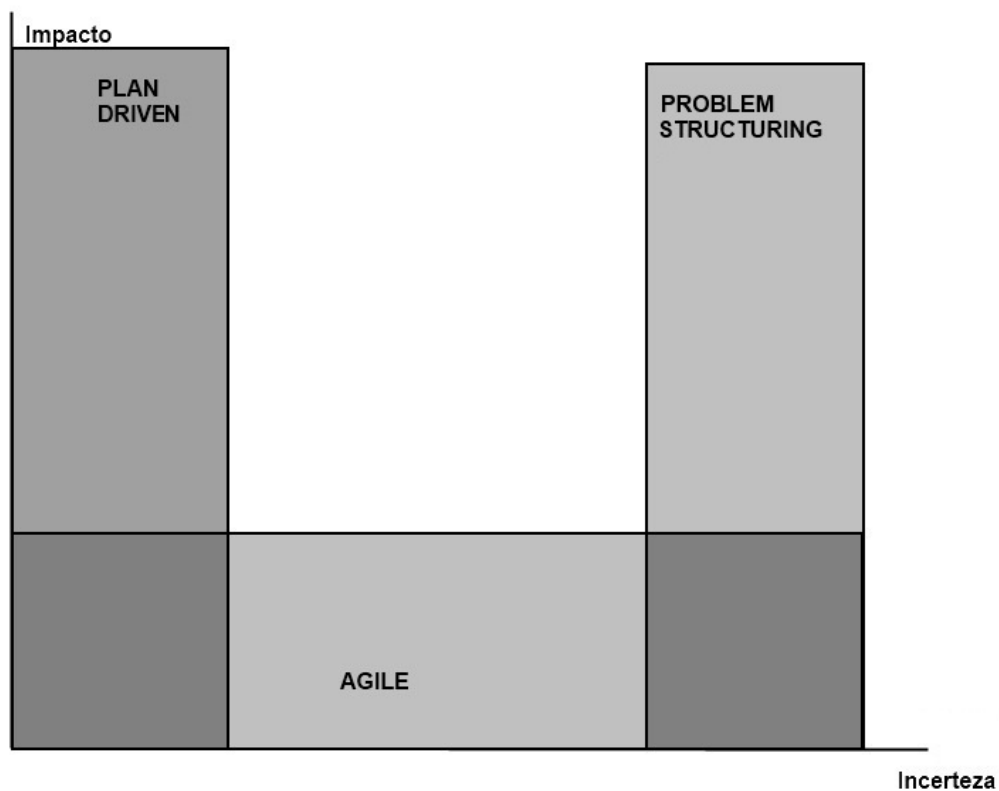


Figura 6.7 - Modelo de Gestão e o Artefato UC.

Fonte: Howell (2010).

As áreas coloridas do gráfico podem ser chamadas zonas de conforto, onde as metodologias de Gestão de Projeto são adequadas.

Segundo Howell (2010) a zona clara no centro do gráfico mostra uma região onde as metodologias correntes de Gestão de Projeto não são adequadas. Nesta região estão projetos com alto custo e complexidade e projetos de TI e alguns campos de construção.

6.4. Aplicação do artefato UC-E para projetos espaciais.

Comparando os artefatos das Figuras 6.3 e 6.7 é possível fazer um exercício de aplicação do artefato UC-E a sistemas espaciais, vamos analisar três casos:

Caso 1 – Sistemas com alto grau de incerteza inicial.

Casos onde devido às características inéditas do projeto não há clareza de todos os requisitos, seja por motivos ambientais ou devido a indefinições de outros projetos relacionados.

Neste exemplo, o modelo indica a utilização de *Problem Structuring* para a fase de análise de missão e então adotar outro modelo para a sua realização (Figura 6.8).

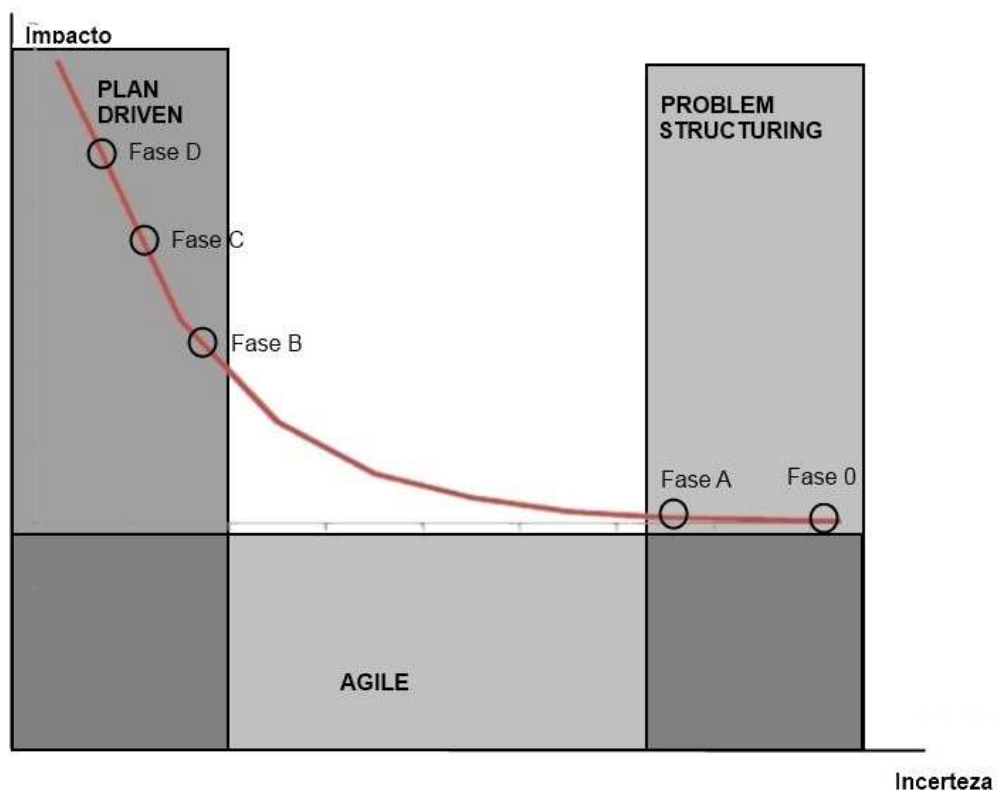


Figura 6.8- Projetos Espaciais com início com elevado nível de incerteza.

Caso 2- Projetos com incerteza inicial moderada.

São projetos que se iniciam com um nível moderado de incerteza e baixa criticidade. Os estudos iniciais nas fases 0 e A, podem ser feitos utilizando metodologia Agile para evitar o consumo de recursos. Ao se confirmar a viabilidade do projeto no final da fase A, adota-se uma metodologia Plan Driven (Figura 6.9).

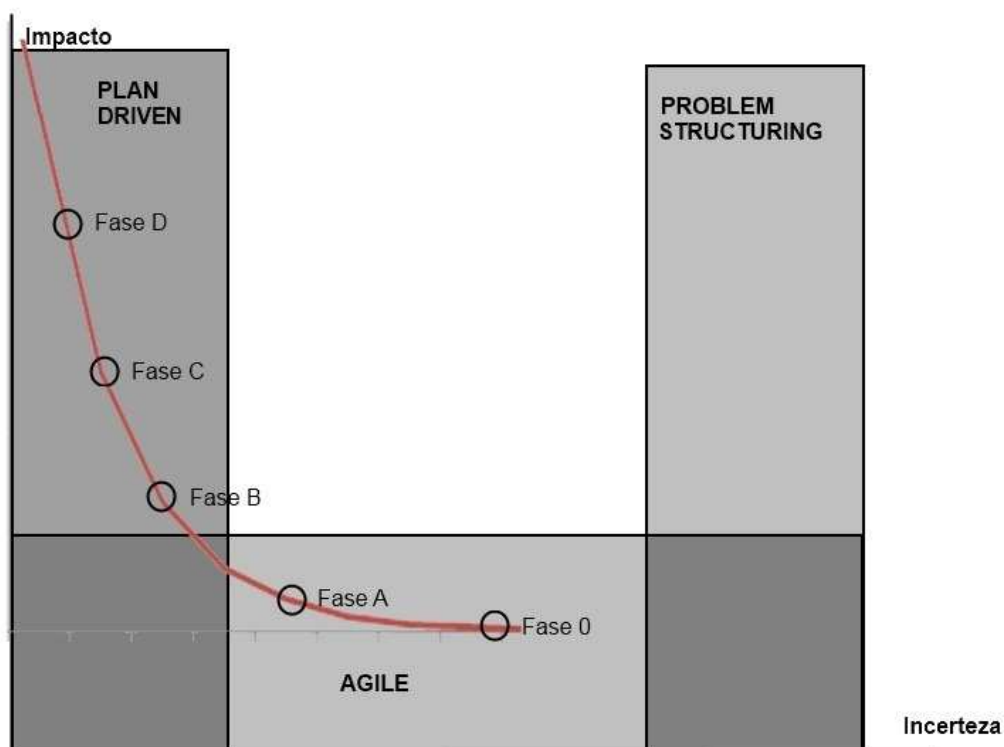
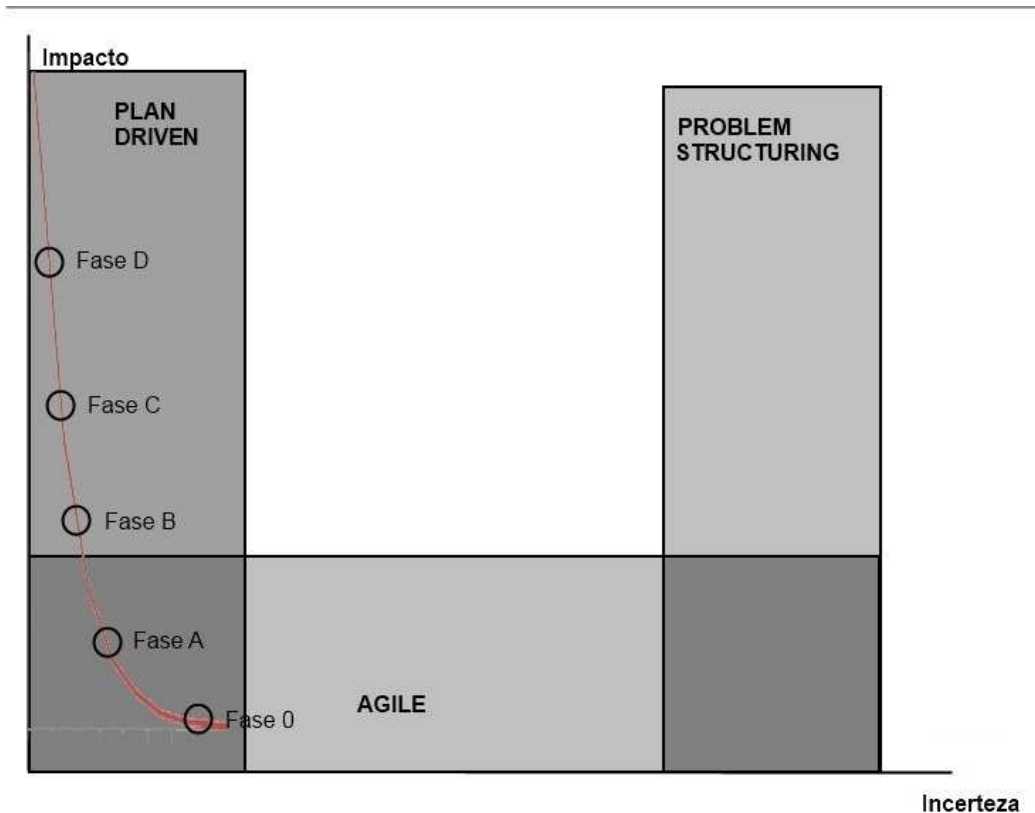


Figura 6.9 - Projetos Espaciais com início com nível de incerteza moderado.

Caso 3- Projetos com incerteza inicial baixa.

São os projetos mais comuns na área espacial. Podem ter as fases 0 e A realizadas utilizando metodologias *Agile* até a confirmação da viabilidade ou

seguir as metodologias tradicionais descritas nos padrões da ECSS (**Figura**



6.10).

Figura 6.10 - Projetos Espaciais com início com nível de incerteza baixo.

6.5. Aplicação no Projeto SIA-DVT-SW.

Dentre os produtos a serem desenvolvidos pelo Projeto SIA está o desenvolvimento do *Software* de simulação do dispositivo de validação e testes (DVT) do Sistema de Controle de Atitude e Órbita de plataforma orbital (SISCAO), abreviadamente SIA-DVT-SW. O projeto tem como escopo o desenvolvimento e entrega dos produtos e sua documentação (INPE, 2011).

Para as atividades de desenvolvimento do *Software* desse projeto foram consideradas as adequações aos requisitos dos Padrões ECSS. Essas adequações apontam simplificações em:

- a) Quantidade de documentos, agregando documentos complementares e reduzindo a carga de atividades de gerenciamento da configuração;
- b) Quantidade de revisões formais, reduzindo a quantidade de revisões formais, reduzindo automaticamente o prazo para atendimento das metas;
- c) Grau de detalhamento de informações em documentos, reduzindo o prazo para o atendimento das metas;
- d) Profundidade e quantidade de testes, reduzindo o prazo para alcançar as metas.

Este projeto, atendendo à ECSS apresenta um ciclo de vida apresentado na **Figura 6.11** e um fluxo de atividades do desenvolvimento é apresentado na **Figura 6.12**.

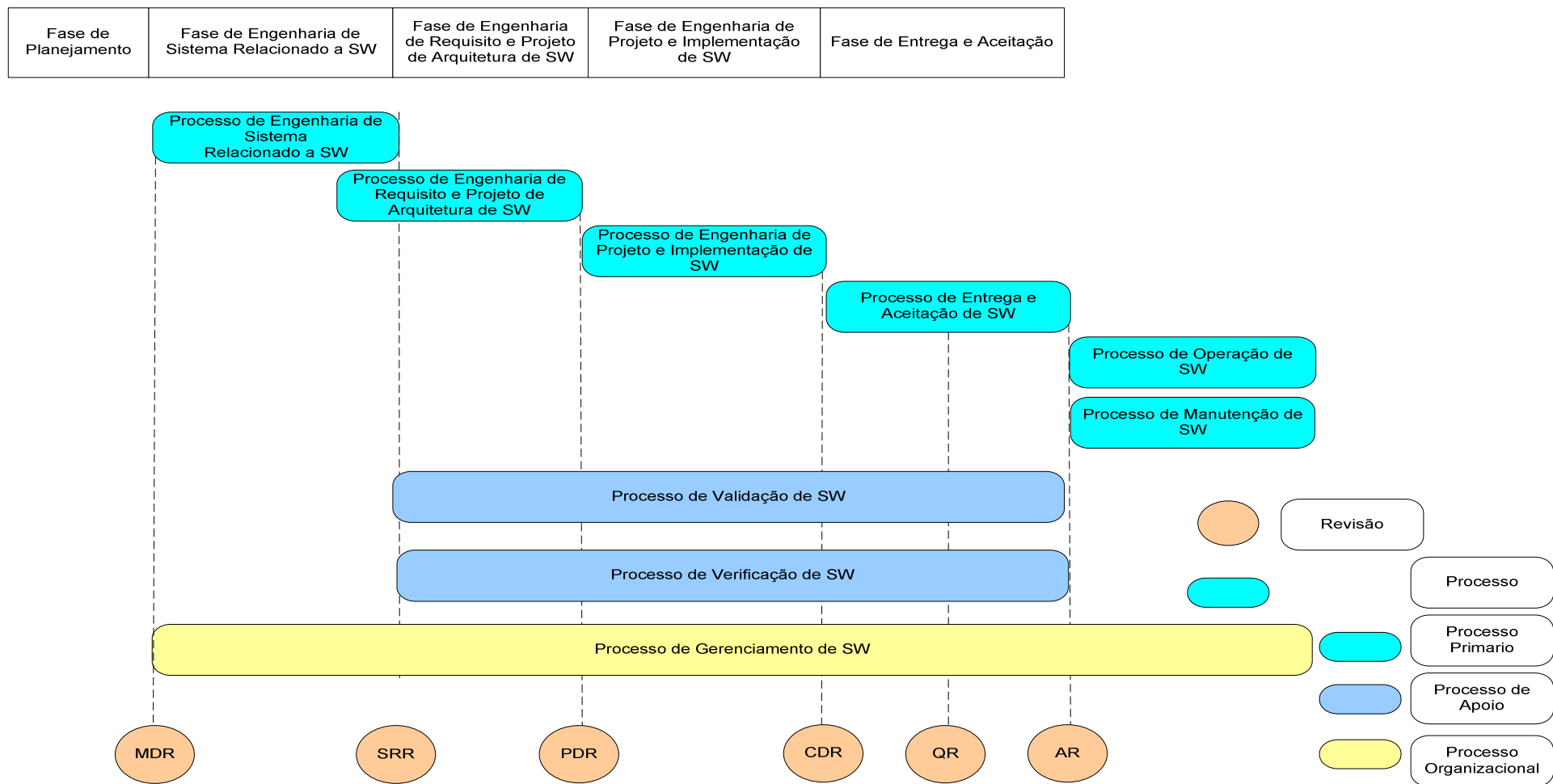


Figura 6.11 - Fases e Processos do Ciclo de Vida do Software.

Fonte: INPE (2011).

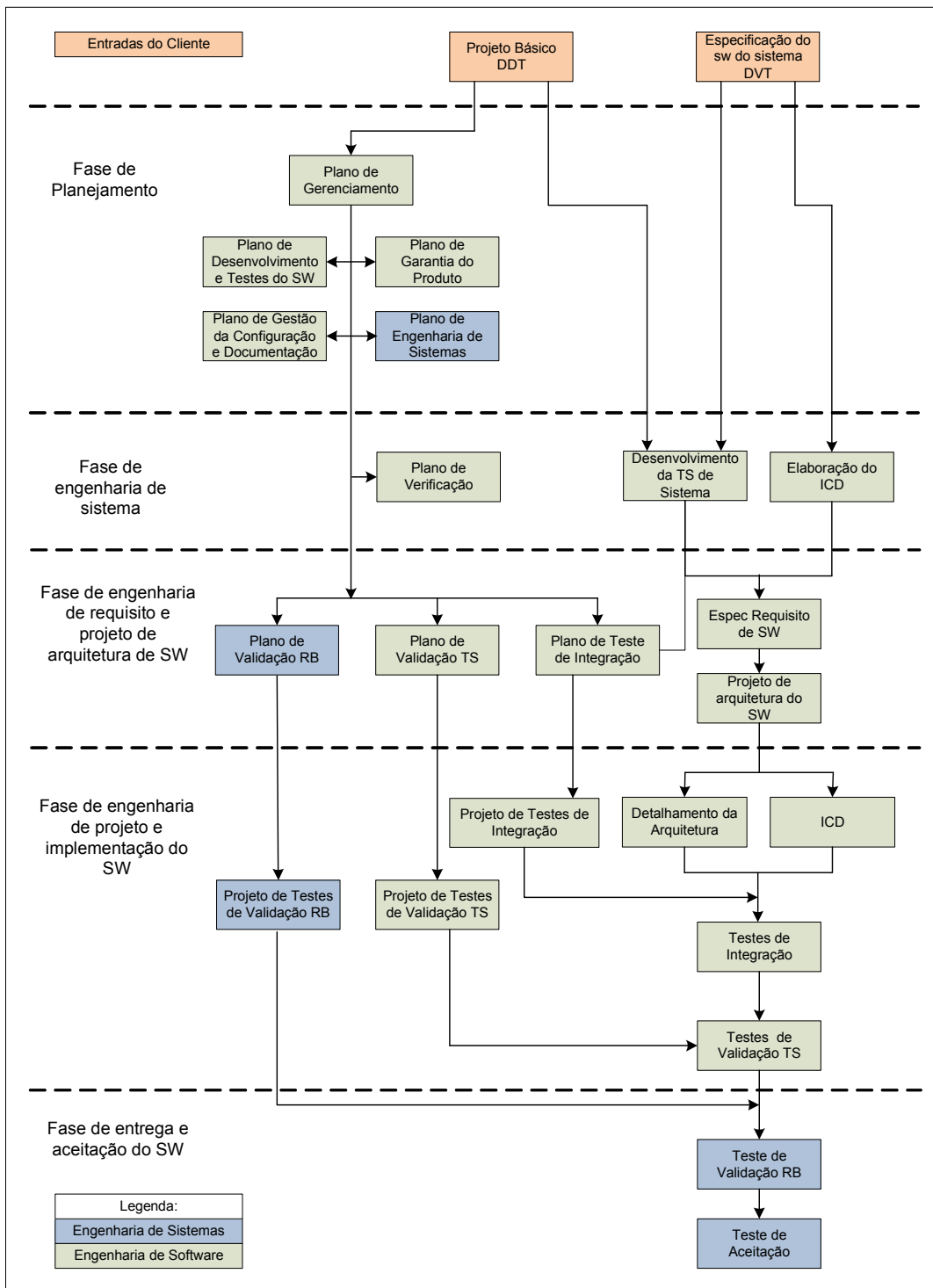


Figura 6.12 - Fluxo de Atividades de Desenvolvimento de Software.

Fonte: INPE (2011).

Nas fases iniciais de Planejamento e de Engenharia de Sistemas, ferramentas de *Problem Structuring* foram utilizadas para permitir o entendimento, a análise das características e dos requisitos do projeto pela equipe contratada para o desenvolvimento deste projeto. Sendo assim o modelo de desenvolvimento no artefato UC-E fica semelhante ao modelo apresentado na **Figura 6.13**.

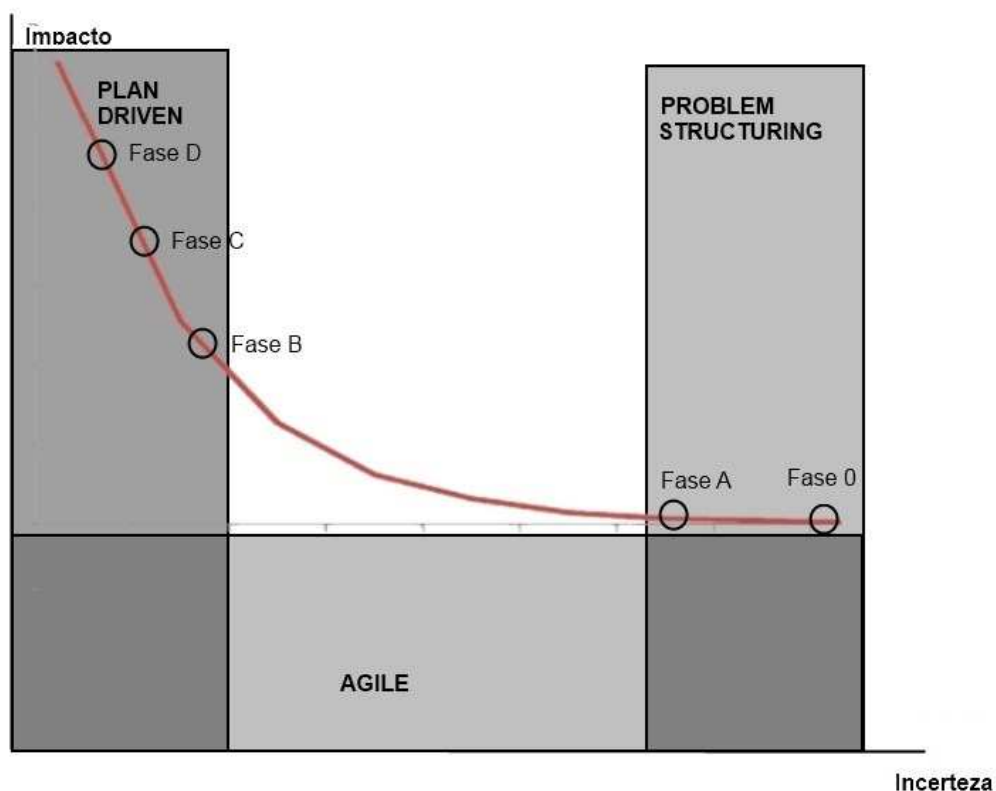


Figura 6.13 - Artefato UC-E para o desenvolvimento do projeto SIA-DVT-SW.

Neste desenvolvimento foi observado que a aplicação de ferramentas do *Problem Structuring* foi perfeitamente coerente com o uso simultâneo dos padrões ECSS, uma vez que permitiu:

- a) A compreensão dos seus objetivos do programa e do ambiente de aplicação.

- b) Permitir a modelagem dos relacionamentos causa-efeito dos diversos caos de aplicação do *Software*.

6.6. Resultados do artefato UC-E

Nesta seção é proposto tratar cada fase do projeto espacial como um projeto em si, onde as entrada são as saídas das fases anteriores e as saídas são as entradas do próximo, sendo que em função dos níveis de incerteza e impacto de cada fase o Gestor do projeto pode selecionar os métodos de gestão distintos entre elas.

Se analisarmos o PNAE 2005-2014 (AEB, 2005) constatamos que diversos projetos que se iniciam, não atingem fases mais adiantadas do processo, em decorrência a diversos fatores, a aplicação do artefato UC-E pode permitir a redução de custos nas fases iniciais, por permitir a utilização de ferramentas de gestão mais ágeis e desta forma reduzir o dispêndio de esforços até um ponto em que se comprove a necessidade da adoção de outras metodologias em função da evolução dos impactos e incertezas do projeto.

7 CONCLUSÃO

O primeiro objetivo desta pesquisa foi propor um artefato para Categorização de Projetos Espaciais adequado ao ambiente contingencial em que se inserem os projetos espaciais desenvolvidos pelo INPE e nível de qualificação de seus fornecedores. De modo a capturar as diferentes incertezas associadas ao executor e aos seus subcontratados em um projeto, a dimensão Tecnologia, do diagrama NTCR, seja desdobrada em duas novas dimensões:

- a) Tecnologia de Projeto, Verificação e Integração, relativa às principais atividades desenvolvidas pelo executor (Design, gestão e integração) e;
- b) Tecnologia de Fabricação, associada às principais atividades desenvolvidas pelos fornecedores subcontratados (fabricação).

A análise da aplicação do artefato NTCR-F a projetos de subsistemas e sistemas espaciais no INPE demonstrou que as incertezas associadas à Tecnologia de Projeto, Verificação e Integração e as incertezas associadas à Tecnologia de Fabricação variam entre si dentro de um mesmo subsistema e de um subsistema para outro. Isto indica que as esses projetos possuem características distintas no que tange a essas incertezas, que estão associadas às tarefas realizadas pelo executor principal e às diversas organizações envolvidas na fabricação dos subsistemas. Assim, a forma de gestão para cada um deles deve ser também distinta como o propósito da redução de riscos ao sucesso do projeto como um todo. Essas diferenças nos níveis incerteza não seriam perceptíveis sem a divisão da dimensão Tecnologia nas duas novas dimensões aqui propostas.

A análise também demonstrou que os níveis de complexidade diferentes para diferentes subsistemas, ou seja, mesmo que dois projetos sejam hierarquicamente relacionados a subsistemas, eles podem ter diferentes níveis de complexidade, demonstrando a pertinência da alteração na escala do artefato NTCR-F em relação ao NTCR.

O segundo objetivo desta pesquisa foi propor um artefato para seleção de metodologias de gestão de projetos espaciais. Este artefato foi desenvolvido a partir da análise dos resultados do estudo de Howell sobre a adequação de metodologias de gestão de projetos à incerteza e ao impacto e comparando com a evolução da incerteza e do impacto durante o ciclo de vida dos projetos espaciais. Esta análise resultou num novo artefato denominado UC-E.

A análise da aplicação deste artefato ao projeto SIA_DVT-SW demonstrou a aplicabilidade do artefato UC-E, como um artefato para seleção de Metodologias de Gestão e demonstrou a possibilidade da aplicação de metodologias diferentes para as diferentes fases do projeto em função das suas características de impacto e incerteza.

Atualmente os gestores adotam de um problema modelos de gestão baseados nos padrões ECSS. A aplicação do artefato UC-E propõe a análise da utilização de outras metodologias nas fases iniciais de projetos.

Também, essa aplicação pode permitir a redução de custos nas fases iniciais, por permitir a utilização de ferramentas de gestão mais ágeis e desta forma reduzir o dispêndio de esforços nas etapas iniciais do projeto, até um ponto em que se comprove a necessidade da adoção de outras metodologias em função da evolução dos impactos e incertezas do projeto.

A aplicação da metodologia *Design Science* à Gestão de Projetos mostrou-se adequada, auxiliando na realização da pesquisa, indicando a Gestão de Projetos como uma ciência do artificial, se enquadrando nesta nova classificação de ciência, como representado no diagrama apresentado na Figura 4.1. No entanto, para que essa afirmação seja comprovada requer futuros estudos neste tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, A.A; RAHMAN, H.A.; HARUN, A.; ALASHWAL, A.M.; BEKSIN, A.M. Literature mapping: A bird's eye view on classification of factors influencing project success, **African Journal of Business**, v. 4, n. 19, p. 4174-4182, 2010.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB), **Programa Nacional de Atividades Espaciais - 2012-2021 (PNAE)**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, AEB, 2012.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Programa Nacional de Atividades Espacial – 2005-2014 (PNAE)**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Agência espacial Brasileira, 2005

AHN, M. J.; ZWIKAEL, O.; BEDNAREK, R., Technological invention to product innovation: a project management approach, **International Journal of Project Management**, 28, p. 559–568, 2010.

ALBUQUERQUE, I. S. **Modelo para o gerenciamento da configuração e gerenciamento da informação e documentação do programa espacial brasileiro**. 2012. 150 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.28.18.12-TDI). 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: 23 out. 2012.

ARAUJO, T.S. **Um plug-in que integra um simulador de projetos a uma ferramenta de gerenciamento de projetos**. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Pernambuco, Brasil, p23, 2007.

ATKINSON, R., Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria, **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 6, p. 337±342, 1999.

BARBOSA, J. I. M.; PERONDI, L. F. Avaliação da aplicação do PMbok na gestão do programa CBERS. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIAS ESPACIAIS, (WETE), 2., 2011, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. DVD. ISSN 2236-2606. Disponível em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/3BA9PC2>>. Acesso em: 30 set. 2012.-

BRENDLE, P.; COHENDET, P.; TOUMEMINE, R.L. The economic impact of european space projects, **Bureau d'Economie Théorique et Appliquée.**, Strashourg, France: Lnuis Pasteur University, Futures, abril 1986.

CHIAVENATO, I. **Os novos paradigmas**. 5. ed. Barueri, SP: Editora Manole, 2008.

COLLYER, S.; WARREN, C.M.J. Project management approaches for dynamic environments. **International Journal of Project Management**, v.27., p. 355-364, 2009.

CRAWFORD, L.; HOBBS, J.B.;TURNER, J.R. **Project categorization systems: aligning capability with strategy for better results**. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2005

DASCH, P. **Space science, space business**, v.1. New york,USA: Editora Macmillan Rererence, p162, 2002.

DE SORDI, J. O.; MEIRELES, M., SANCHES, C. Design science: uma abordagem inexplorada por pesquisadores brasileiros em gestão de sistemas de informação. In: ENCONTRO DA ANPAD, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 34., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2010.

DE SORDI, J. O., MEIRELES, M., SANCHES, C. Design Science aplicada às pesquisas em administração: reflexões a partir do recente histórico de publicações internacionais; RAI - **Revista de Administração e Inovação**, v. 8,

n. 1, enero-marzo, , p. 10- 36, 2011. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

DEFOE, D., **An essay upon projects**, The Project Gutenberg, 2003.p16.

DONALDSON, L. Structural contingency theory. **International Encyclopedia Of The Social; Behavioral Sciences**, Amsterdam: Elsevier, v. 1, 15210 p. ISBN: 0-08-043076-7. 2001.

DVIR, D.; LIPOVETSKY, S.; SHENHAR, A.; TISHER, A. In search of project classification: a non-universal approach to project success factors. **Research Policy**, MIS Quarterly ,1998.

DVIR, D.; RAZ, T.; SHENHAR, A. J., An empirical analysis of the relationship between project planning and project success, **International Journal of Project Management**. vol 21, p.p. 89–95, 2003.

EPIPHANIO, J. C. N. CBERS-3/4: características e potencialidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 9009-9016. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD).

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS), **ECSS-M-ST-40C-** ECSS Systems – Configuration and information management. Noordwijk, The Netherlands, march 2009.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS), **ECSS-M-ST-10-01C** –Space Project Management, Organization and conduct of reviews . Noordwijk, The Netherlands, 2008b.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS), **ECSS-M-ST-60C** –Space Project Management, Cost and Schedule management. Noordwijk, The Netherlands, 2008c.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS),
ECSS-M-ST-70A –Space Project Management, Integrated logistic support,
Noordwijk, The Netherlands, 2008f.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS),
ECSS-M-ST-80C –Space Project Management, Risk Management . Noordwijk,
The Netherlands, 2008d.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS),
ECSS-S-ST-00C –Space Project Management, Description, implementation
and general requeriments . Noordwijk, The Netherlands, 2008.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS),
ECSS-M-ST-10C - Project planning and implementation, rev1, Noordwijk, The
Netherlands, 2009

GONDO, S. M. H.; PERONDI, L. F. Controle de processos de fabricação na
área espacial. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA
ESPACIAIS, 1. (WETE), 2010, São José dos Campos. **Anais...** São José dos
Campos: INPE, 2010. v. IWETE2010-1025. DVD. ISSN 2177-3114. Disponível
em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/38JE3QG>>.

GONDO, S. M. H. **Proposta de metodologia para o tratamento de
processos na fabricação de plataformas orbitais no âmbito do programa
espacial brasileiro**. 2012. 180 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/02.27.20.38-TDI).
Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas
Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos
Campos, 2012.

SIMON, H.A., **The sciences of the artificial**. 3. ed. Cambridge, MA:
Massachusetts Institute of Technology Press, 1996.

HANISH, B.; WALD, A. A bibliometric view on the use of contingency theory in Project management research. **International Journal of Project Management** , 43, 2012.

HEVNER, A.R.; CHATTERJEE, S. **Design research in information systems: theory and practice**. New York: Springer, 2010. Disponível em: <http://www.springer.com/978-1-4419-5652-1>. Acesso em: 02 março 2013.

HEVNER, A.R.; MARCH, S.T.; PARK, J. Design science in information. **Systems Research**. MIS Quarterly, v.28, n.1, pp.75-105, 2004.

HOWELL, D.; WINDAHL, C.; SEIDEL, R., A project contingency framework based on uncertainty and its consequences, **International Journal of Project Management** 28, pp 256–264, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Projeto CBERS** - São José dos Campos Disponível em: www.inpe.br/ete/divisões/DEA, 2006. Acesso em: 15 junho 2012.

JOHNSON, S.B., Three approaches to big technology: operations research, systems engineering, and project management, The Johns Hopkins University Press, **Technology and Culture**, v. 38, n. 4, p. 891-919, out., 1997.

KALISKI, B. S., **Encyclopedia of business and finance**. Macmillan Reference Group, USA, 2001. p. 556, 557

LAWRENCE P.R.; LORSCH J.W. **Organization and environment: managing differentiation and integration**. Boston: Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1967.

LELOGLU, U.M.; KOCAOGLAN, E. Establishing space industry in developing countries: opportunities and difficulties. **Advances in Space Research**, p1879–1886, 2008.

NOCÊRA, R.J., **Gerenciamento de projetos - conforme o PMI** (Pmbok 4ª Ed. 2009). São Paulo: editora Rosaldo de Jesus Nocêra, , 2009.

PERROW C. A. Framework for the comparative analysis of organizations. *Am. Sociol. Rev.* v. 32, p194–208, 1967.

PINTO J.K.; SLEVIN D.P. Project success and definition and measurement techniques. **International Journal of Project Management**, v19., n.1, p 67-71., 1988.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **PMBok- Project management body of knowledge**, 4. Ed. USA, 2008.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI), **Practice standard for project configuration management**. 1. Ed. USA,2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL (INPE). **Plano de desenvolvimento e testes de software**. São José dos Campos, 2011. (Projeto SIA- SIA-1410-GER-2010).

SAUSER, B. J.; REILLY,R.R.; SHENHAR A. J., Why projects fail? how contingency theory can provide new insights – a comparative analysis of NASA's Mars Climate Orbiter loss. **International Journal of Project Management**, v.27. n7. p 665–679, 2009.

SCADUTO, L.C.N.; **Desenvolvimento e avaliação do desempenho de sistema óptico aplicado a sensoriamento remoto orbital**. 2008. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos, São Carlos, 2008.

SCHEIBLICH , M.; Complex projects require special skills. *PM Research: International Journal of Project Management Research*, v 3, p. 16-18, 2008.

SHENHAR, A. J.; DVIR, D., **Reinventando gerenciamento de projetos, A abordagem diamante ao crescimento e inovação bem-sucedidos**. 1 ed. São Paulo. M. Books do Brasil Editora, 2007.

SHENHAR, A. J. Mitos e realidades do gerenciamento de projetos. **Mundo Project Management**, ago/set, Curitiba, 2010.

SHENHAR, A. J. One size does not fit all projects: exploring classical contingency domains., **Management Science** 2001 INFORMS, v. 47, n. 3, p. 394–414, 2001.

STRETTON, A. Notes on project/program typologies. **PM World Today-** Vol XIII, Issue II – Featured Paper – February, 2011.

THE STANDISH GROUP. **Chaos manifesto**. West Yarmouth, MA: The Standish Group International, Inc.; 2012.

TURNER J.R. Towards a theory of project management: the nature of the project governance and project management. **International Journal of Project Management**, v.24, p.93–95, 2006. Disponível em: www.elsevier.com/locate/ijproman Acesso em: jun. de 2009.

TURNER, J.R. Editorial: International Project Management Association global qualification, certification and accreditation. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 1, p. 1-6, 1996.

U.S. DEPARTMENT OF DEFENSE (DoD). Extension to a guide to the project management body of knowledge – **Defense Acquisition University Press** – 1 ed. jun 2003.

VAN AKEN, J.; ROMME, G. Reinventing the future: adding design science to the repertoire of organization and management studies. **Organization Management Journal**, v.6, n.1, p.2-12, 2009

GLOSSÁRIO

Design – projeto do produto no sentido de estudo, com desenho e descrição, de um produto a ser realizado.

Projeto – Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo (PMI, 2008).

ECSS – a Cooperação Europeia para Padronização Espacial é uma iniciativa criada para desenvolver um único conjunto de padrões aceitos e praticados em todas as atividades espaciais europeias.

Estrutura da Divisão de Trabalho (EDT): A EDT apresenta a divisão do escopo do projeto em uma hierarquia de unidades de trabalho, a qual é associada a organização executora do projeto, constituída pelas equipes alocadas ao projeto. A EDT organiza e define o escopo total do projeto, dividindo-o em partes menores e mais facilmente gerenciáveis, de forma que cada nível descendente represente uma definição cada vez mais detalhada do projeto, até atingir o menor nível da estrutura, geralmente denominado de pacote de trabalho.

Gerenciamento da Configuração – é o processo de registrar e relatar as informações necessárias para a efetiva gestão da configuração.

Gerenciamento da Informação e Documentação – o gerenciamento de informação e documentação ocupa-se das regras para edição, referenciamento, controle de mudança e distribuição da documentação do projeto. As principais atividades desenvolvidas pelo gerenciamento da informação e documentação no ciclo são – criação, revisão, mudança e distribuição de documentos controlados pelo controle de configuração.

Gerenciamento de Projetos – é a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas na elaboração de atividades relacionadas para atingir um conjunto de objetivos pré-definidos. O conhecimento e as práticas da gerência de projetos são mais bem descritos em termos de seus processos.

Practice Standard for Project Configuration Management (PSPCM) - Esta norma é um guia e referência para o Gerente do Projeto, equipes, e outras as partes interessadas, para a compreensão do Gerenciamento da Configuração do Projeto e de sua aplicação adequada em um projeto.

DOD: Departamento de Defesa dos Estados Unidos é um departamento federal dos Estados Unidos responsável pela coordenação e supervisão de todas as agências e funções do governo diretamente relacionadas com a segurança nacional e com as forças armadas.

APENDICE A: QUESTIONÁRIO DE CLASSIFICAÇÃO DE PROJETOS AEROSPAIAIS

| | |
|---|--|
| Fiscal do Projeto: | |
| Nome do Projeto: | |
| Data de Início do Projeto (Mês/ano): | |
| Duração do Projeto (Meses): | |
| Orçamento (R\$): | |

SEGMENTO

| | |
|--|---|
| Segmento Espacial <input type="checkbox"/> Estrutura e Controle Térmico <input type="checkbox"/> Suprimento de Energia <input type="checkbox"/> Telemetria e Telecomando <input type="checkbox"/> Controle de Atitude e Órbita <input type="checkbox"/> Supervisão de Bordo <input type="checkbox"/> Propulsão <input type="checkbox"/> Carga Útil <input type="checkbox"/> Integração e Testes | Segmento Solo <input type="checkbox"/> Comunicação Solo-Bordo <input type="checkbox"/> Estação de Controle <input type="checkbox"/> Distribuição de Dados |
|--|---|

Descrição do Produto Uma breve descrição do(s) produto(s) produzido(s) pelo projeto:

Descrição do Projeto Uma breve descrição do escopo do trabalho no projeto:

TIPO DE PROJETO

| |
|---|
| 1 Novidade do Produto |
| 1 Derivativo (Melhoria). () |
| 2 Plataforma (Uma nova geração em uma linha existente de produto). () |
| 3 Novo para o Mercado (Um produto novo para um dado mercado, mas já existente). () |
| 4 Novo para o mundo (Um produto novo-para-o-mundo). () |

| |
|--|
| 2 Incerteza Tecnológica de Fabricação |
| 1 Baixa-Tecnologia (Nenhuma nova tecnologia). () |
| 2 Média-Tecnologia (Alguma tecnologia nova). () |
| 3 Alta-tecnologia (Todas ou quase todas as tecnologias novas, mas existentes). () |
| 4 Super-alta-tecnologia (Projeto usará tecnologias não existentes no início). () |

| |
|---|
| 3 Complexidade (Escopo do Sistema) |
| 1 Componente (Um componente singular). () |
| 2 Montagem (Um subsistema – realizando uma função única). () |
| 3 Sistema (Uma coleção de subsistemas – realizando funções múltiplas). () |
| 4 Matriz (Sistema de sistemas – uma coleção amplamente dispersa de sistemas que servem a uma missão comum). () |

| |
|---|
| 4 Ritmo |
| 1 Regular (Atrasos não são críticos). () |
| 2 Rápido/Competitivo (Tempo para o mercado é uma vantagem competitiva). () |

| |
|---|
| 3 De tempo crítico (Tempo para conclusão é crítico para o sucesso, janela de oportunidade). () |
| 4 Blitz (Projetos para crises). () |

| |
|--|
| 5 Incerteza Tecnológica de Fabricação, Verificação e Integração |
| 1 Totalmente Qualificado (Sistema igual ou muito semelhante a sistema já desenvolvido para missão anterior – mesmo fornecedor) (). |
| 2 Parcialmente Qualificado (Sistema igual ou muito semelhante a sistema já desenvolvido para missão anterior – novo fornecedor com experiência) (). |
| 3 Pouco-Qualificado (Sistema convencional sem modelo anterior – fornecedor com baixa experiência) (). |
| 4 Não Qualificado (Sistema inédito sem modelo anterior – fornecedor sem experiência na área) (). |

Meta Estratégica

Extensão (Aperfeiçoando, melhorando um produto existente). ()

Estratégica (novo produto). ()

Pesquisa e Desenvolvimento (Estudo – exploração de ideias futuras, desenvolvimento de provas de conceito). ()

Expansão da infraestrutura instalada (laboratórios, equipamentos). ()

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SUCESSO DO PROJETO

Responda a cada uma das declarações seguintes sobre seus projetos. Indique seu grau de *concordância* ou *discordância* com a declaração assinalando uma resposta para cada item.

| Eficiência do Projeto | Discorda Totalmente | Discorda | Concorda | Concorda Totalmente |
|--|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| O projeto foi terminado no prazo ou antes. | | | | |
| O projeto foi completado dentro ou abaixo do orçamento. | | | | |
| O projeto teve apenas pequenas mudanças. | | | | |
| Outros fatores que possam ter melhorado a eficiência de execução do projeto. | | | | |

| Impacto no Cliente / Usuário | Totalmente Discorda | Discorda | Concorda | Totalmente Concorda |
|---|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| O cliente ficou satisfeito. | | | | |
| O produto satisfaz os requisitos do cliente. | | | | |
| O cliente pretende realizar novos projetos com o contratado. | | | | |
| Impacto na Equipe e na Organização | Totalmente Discorda | Discorda | Concorda | Totalmente Concorda |
| Houve capacitação da equipe | | | | |
| O projeto aumentou a capacidade da Organização. | | | | |
| O projeto aumentou a visibilidade da organização junto ao público. | | | | |
| O projeto contribuiu para o desempenho direto da organização. | | | | |
| Impacto nos fornecedores | Totalmente Discorda | Discorda | Concorda | Totalmente Concorda |
| O resultado do projeto contribuirá para qualificação de projetos futuros | | | | |
| O projeto levará a produtos adicionais ao mercado (spin offs) | | | | |
| O projeto criará novas tecnologias para uso futuro. | | | | |
| O projeto contribuiu para novos processos na organização. | | | | |
| O projeto desenvolveu capacidades administrativas melhores. | | | | |
| Preparação para o futuro | Totalmente Discorda | Discorda | Concorda | Totalmente Concorda |
| O resultado do projeto contribuirá para projetos futuros | | | | |
| O projeto levará a produtos adicionais. | | | | |
| O projeto criará novas tecnologias para uso futuro. | | | | |
| O projeto contribuiu para novos processos na organização. | | | | |
| O projeto desenvolveu capacidades administrativas melhores. | | | | |
| Dimensões adicionais de sucesso relevantes a este projeto. Informe e avalie o sucesso. | Totalmente Discorda | Discorda | Concorda | Totalmente Concorda |
| | | | | |
| Sucesso geral | Totalmente Discorda | Discorda | Concorda | Totalmente Concorda |
| No geral, o projeto foi um sucesso. | | | | |

COMPARAÇÃO COM OUTROS PROJETOS

Caso esse projeto pertença a um subsistema, como ele se compara com outros subsistemas, em termos de desafios, nas seguintes variáveis?

| Escalas de concordância | Muito Menor | Menor | Igual | Maior | Muito Maior |
|--|-------------|-------|-------|-------|-------------|
| Novidade: (requisitos claros e bem conhecidos) | | | | | |
| Fabricação: (fornecedores qualificados e experientes) | | | | | |
| xProjetos: (tecnologias usadas são conhecidas e comprovadas) | | | | | |
| Ritmo: (O projeto possui pouca urgência) | | | | | |
| Complexidade: (O projeto tem um objetivo simples) | | | | | |

APENDICE B: COMPARAÇÃO ENTRE A DOCUMENTAÇÃO DO PMI E ECSS.

Com a missão de “produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil”, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desde sua fundação vem desenvolvendo sua metodologia de Gestão de Projetos, tendo absorvido de sua experiência no desenvolvimento da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Tal metodologia fora buscada em treinamento no exterior e através de consultoria especificamente contratada para auxiliar o INPE na montagem e condução de um programa espacial. Ao longo dos anos a metodologia inicial foi se moldando ao padrão de gestão adotado pela Agência Espacial Europeia (ESA) (BARBOSA; PERONDI, 2011).

A Cooperação Europeia para a Normalização Espacial (*European Cooperation for Space Standardization – ECSS*) constitui-se em uma iniciativa de países europeus, através da Agência Espacial Europeia (ESA), agências espaciais nacionais e associações empresariais, para o estabelecimento de normalização na área espacial. Os padrões ECSS são aplicáveis ao gerenciamento, ao projeto e à garantia do produto de programas/projetos na área espacial e buscam promover, além do estabelecimento de padrões comuns, a interoperacionalidade da infraestrutura espacial existente nos países participantes da iniciativa (ECSS, 2009).

Projetos complexos, como o de desenvolvimento, construção e lançamento de satélites, precisam de um alto nível de controle para que o produto final atenda plenamente aos requisitos de suas respectivas Missões.

Um projeto de sistema espacial pode referir-se ao desenvolvimento de todo um satélite (ex. SDR), ou desenvolvimento de parte de um satélite em parceria com outra nação (ex. CBERS) ou ainda o desenvolvimento de um subsistema que poderá ser utilizado em vários satélites futuros (ex. Projeto SIA). Em função do tamanho, complexidade e criticidade do produto, o projeto pode ser

segmentado em subconjuntos, em geral, correspondentes aos subsistemas lógicos do satélite. Cada um destes subconjuntos pode ser tratado com os mesmos processos de um projeto individual, utilizando para isso de equipes separadas, que se reportam para uma mesma gerência central, que por sua vez cuida do projeto como um todo.

Cada um destes subprojetos, por sua vez, se subdivide em fases, que devem ser adaptadas às características do produto, organizações envolvidas e outros elementos do projeto.

Em outras áreas, onde projetos são desenvolvidos, o PMbok do PMI é amplamente utilizado para guiar os Gestores de Projetos, indicando as melhores praticas atualmente vigentes no desenvolvimento de projetos. Este padrão fornece diretrizes para o gerenciamento de projetos individuais define conceitos e descreve o ciclo de vida dos projetos e os processos relacionados a estes. PMbok foi desenvolvido através trabalho de consenso sobre as melhores práticas de gestão, trabalho este coordenado pelo Project Management Institute (PMI).

Este trabalho propõem o estudo comparativo entre a PMbok e os padrões de gestão de projetos do ECSS, além desta introdução o trabalho se divide nas seguintes seções: Na seção 2 é feita a comparação entre os documentos do ECSS e o PMI onde os 646 requisitos identificados no ECSS são confrontados com os processos apresentados pelo PMI para averiguar a aplicabilidade destes no atendimento. Na seção 3 é discutido o controle de configuração conforme o ECSS e o PMI. Na seção 4 são apresentadas as conclusões.

B1 - Comparação Entre a Documentação do PMI e ECSS

Segundo Howell (2010) os dois modelos de gestão podem ser classificados como modelos Plan-Driven cujas metodologias podem ser resumidas em:

Identificar os objetivos do projeto e as etapas necessárias para alcançá-los;

Organizar as etapas em uma sequência ótima, levando em consideração os recursos e outras restrições, formando um plano de projeto;

Seguir o plano com o objetivo de gerenciar as atividades, lidar com desvios e onde os desvios não podem ser resolvidos, gerenciar a revisão do plano (HOWELL, 2012).

Essas metodologias são adequadas para aplicações que envolvem altos impactos no caso de falhas, pois se baseia no planejamento para antecipar e evitar surpresas. No entanto, a eficácia deste tipo de abordagem falha quando as incertezas dos projetos se tornam elevadas. O planejamento é, inevitavelmente, baseado em suposições sobre os objetivos, os métodos aplicados, os esforços exigidos e as restrições de recursos, entre outras. Com o aumento da incerteza, essas premissas serão menos válidas. Isso pode ser compensado

até certo ponto pelo esforço maior de planejamento, no entanto, há limitações de custo e de praticidade para isso e nem todos os eventos podem ser antecipados (HOWELI, 2012).

Guia PMbok é o guia que identifica um subconjunto do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos, que é apontado pelo PMI como boas práticas. Uma boa prática não significa que o conhecimento e as práticas devem ser aplicados uniformemente a todos os projetos, sem considerar se são ou não apropriados (NOCÊRA, 2009). O PMbok está estrutura na forma de processo e disciplinas que cobrem todo o ciclo de vida do projeto desde da sua iniciação até seu encerramento.

O conjunto de padrões da ECSS foi desenvolvido por meio de um esforço conjunto das Agências e Indústrias Espaciais Europeias. Ele fornece um abrangente conjunto de padrões coerentes entre si e tem por objetivo cobrir os requisitos para a aquisição de um produto de aplicação espacial genérico, e pode ser adaptado a um largo range de tipos de projetos (ECSS, 2008), cobrindo as atividades de Gestão, Engenharia, Qualidade e Logística. Ele

define um ciclo de vida para projetos espaciais e apresenta os requisitos a serem cumpridos para a conclusão de cada uma das fases apresentadas na **figura B1** a seguir.

| FASE 0 | FASE A | FASE B | FASE C | FASE D | FASE E | FASE F |
|-------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|----------|
| Análise de Missão | Análise de viabilidade | Definição Preliminar do Projeto | Definição Detalhada do Projeto | Produção e Qualificação | Operação | Descarte |

Figura B1 - Ciclo de vida de Projetos Espaciais. Fonte: ECSS

Tanto o modelo de gestão do PMI quanto do ECSS propõem ciclos de vida para a realização de projetos, que devem ser adaptados a cada projeto individualmente.

Comparando os início dos projetos conforme propostos pelo PMI e pela ECSS constata-se que o modelo do PMI possui os grupos de processos para estudos de Concepção e Viabilidade do Projeto aglutinados em um Grupo de Processos denominado de Iniciação, atendendo os requisitos relacionados nas Fases 0 e A do ciclo de vida do ECSS. No entanto, o Pmbok encerra o projeto com a entrega do produto, não deixando processos específicos para as fases E e F que são as fases de operação e descarte. Coerente com a definição de projeto do PMI como “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo” (PMI, 2008) onde se faz uma clara distinção entre projetos (que são temporários e com final definido) e trabalho operacional, que está em curso e sustenta as organizações ao longo do tempo. Assim as etapas de operação e descarte ficariam fora do escopo do PMI.

Outro aspecto importante é que o PMI se foca nas práticas de gestão de projetos especificando as disciplinas e os processos (Figura B2) necessários para reduzir risco de fracasso do projeto, ao passo que a ECSS é focada nos projetos de sistemas espaciais e se tem por base a definição dos requisitos que

devem ser atendidos em cada fase para o mesmo objetivo. Portanto a filosofia de padronização utilizada por cada instituição é diferente.



Figura B2 - Mapeamento dos Grupos de Processo de Gerenciamento de Projeto (PMI, 2008).

Num estudo comparando os requisitos da ECSS com os Processos do PMI foram levantados 646 requisitos tabelados nas colunas da tabela B1 e nas linhas foram colocados os processos do Pmbok aplicáveis ao atendimento dos mesmos.

Tabela B1 - Comparação Requisitos dos Padrões ECSS em relação às Áreas de Conhecimento do PMI.

| Processo do PMI X Requisitos do ECSS | ECSS-M-ST-10C Planejamento e Implantação do Projeto (ECSS, 2009). | ECSS-M-ST-10-01C Organização e condução de revisões (ECSS, 2008b). | ECSS-M-ST-60C Gerenciamento de Custo e Tempo (ECSS, 2008c) | ECSS-M-ST-80C Gerenciamento de Risco (ECSS, 2008d) | ECSS-S-ST-00C Descrição, implementação e requisitos gerais (ECSS, 2008e) | ECSS-M-ST-70A Suporte Integrado de Logística (ECSS, 2008f) | ECC-M-ST-40C Gerenciamento da Configuração e Comunicações (ECSS, 2009b) | Total |
|---|--|---|---|---|--|---|---|-------|
| Gerenciamento da qualidade | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 12 |
| Gerenciamento das comunicações | 24 | 94 | 0 | 0 | 0 | 12 | 71 | 201 |
| Gerenciamento de aquisições | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 16 |
| Gerenciamento de custos | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 |
| Gerenciamento de integração | 29 | 0 | 5 | 0 | 18 | 21 | 93 | 166 |
| Gerenciamento de recursos humanos | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 11 |
| Gerenciamento de Riscos | 0 | 0 | 3 | 61 | 14 | 1 | 0 | 79 |
| Gerenciamento de tempo | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 3 | 0 | 17 |
| Gerenciamento do escopo | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| Não cobertos | 1 | | | | | 1 | 86 | 88 |
| total | 86 | 94 | 71 | 61 | 32 | 52 | 250 | 646 |

Como visto na tabela, todos os processos do PMI podem ser utilizados para atender a requisitos da ECSS, mas o grau de abrangência dos padrões do ECSS é maior e mais detalhado, uma vez que eles têm que estabelecer os requisitos para um único tipo de projeto e não tão genérico quando a PMbok.

Os requisitos estabelecidos nos padrões ECSS estão focados muito mais na definição “do que deve ser atingido” do que na definição do “como se organizar” para a realização do trabalho necessário. Esta filosofia permite que as estruturas organizacionais e os procedimentos (métodos) existentes transformem-se e desenvolvam-se conforme suas necessidades sem que os

padrões tenham que ser rescritos (ECSS, 2009); o que já não ocorre com o PMbok, que procura descrever as boas práticas acumuladas em gestão de projetos.

Uma discrepância importante refere-se ao atendimento de requisitos referentes ao controle de configuração, onde 86 dos requisitos da ECSS não possuem correspondentes no PMbok.

O PMbok no capítulo 4.5- “Realizar o Controle Integrado de Mudança”, descreve o processo de revisão de todas as solicitações, aprovação e gerenciamento nas entregas das mudanças, além de controlar os ativos de processos organizacionais, documentos de projeto e plano de gerenciamento do projeto nos aspectos que se referem às mudanças. No entanto vários aspectos do Controle de Configuração escapam ao seu controle, esta lacuna do PMbok é conhecida pelo PMI. Em 2007 lançou um documento específico para o controle da documentação denominado Practice Standard for Project Configuration Management- (PSPCM) (PMI, 2007) com o objetivo de cobrir essa lacuna.

B2- Controle da Configuração

Mudanças são corriqueiras em projetos de desenvolvimento e à medida que um projeto avança, mudanças no planejamento original ou no produto são naturais e frequentes. Bloquear a sua ocorrência seria como eliminar a oportunidade de incorporação de avanços tecnológicos ou impedir a possibilidade de adaptação a um ambiente em mudança, redundando em limitações diversas e possível obsolescência prematura. Por outro lado, mudanças precisam ser controladas, principalmente no que se refere à sua implementação, acompanhamento e conclusão. Mudanças não controladas podem levar à total inexecutabilidade de um projeto, seja pela falta de coerência na configuração do produto, sejam pela falta de documentação que descreva acuradamente as diferentes partes do produto. Caso não sejam propriamente administradas, mudanças podem comprometer o cronograma, afetar a

qualidade, e mesmo determinar a finalização inesperada de um projeto, ainda mais quando se considera que à medida que um projeto se aproxima do seu final, o impacto de mudanças torna-se cada vez mais severo (PMI, 2008). Claramente, é necessário um mecanismo para o controle de mudanças. Mudanças propostas devem ser avaliadas quanto à sua contribuição global aos objetivos do projeto: “Levam a melhorias ou, no limite, resultam em redução da qualidade do produto”. Mesmo aquelas mudanças que sejam consideradas positivas devem ter sua introdução e implementação controladas. O sucesso de um projeto depende, assim, fundamentalmente da implementação de um processo eficiente de gerenciamento da configuração (STSC, 2005), (ALBURQUERQUE, 2012).

B3-Gerenciamento da Configuração e da Informação.

O Padrão ECSS ECSS-M-ST-40 (ECSS, 2009b) detalha os requisitos para o gerenciamento da configuração e de informação/documentação, apropriados a programas espaciais. Este padrão pode ser visto como a última versão de uma sequência de padrões publicados ao longo de aproximadamente 30 anos (ALBURQUERQUE, 2012). O Gerenciamento da Configuração e da Informação descreve e provem os requisitos para o gerenciamento da informação/documentação e da configuração dos produtos usados no programa espacial.

Estes requisitos aplicam-se à cadeia cliente-fornecedor em todos os níveis e dever ser adaptado às necessidades particulares de cada projeto. Na **Figura B3** apresenta um diagrama em que são identificadas as principais entradas e saídas deste processo.

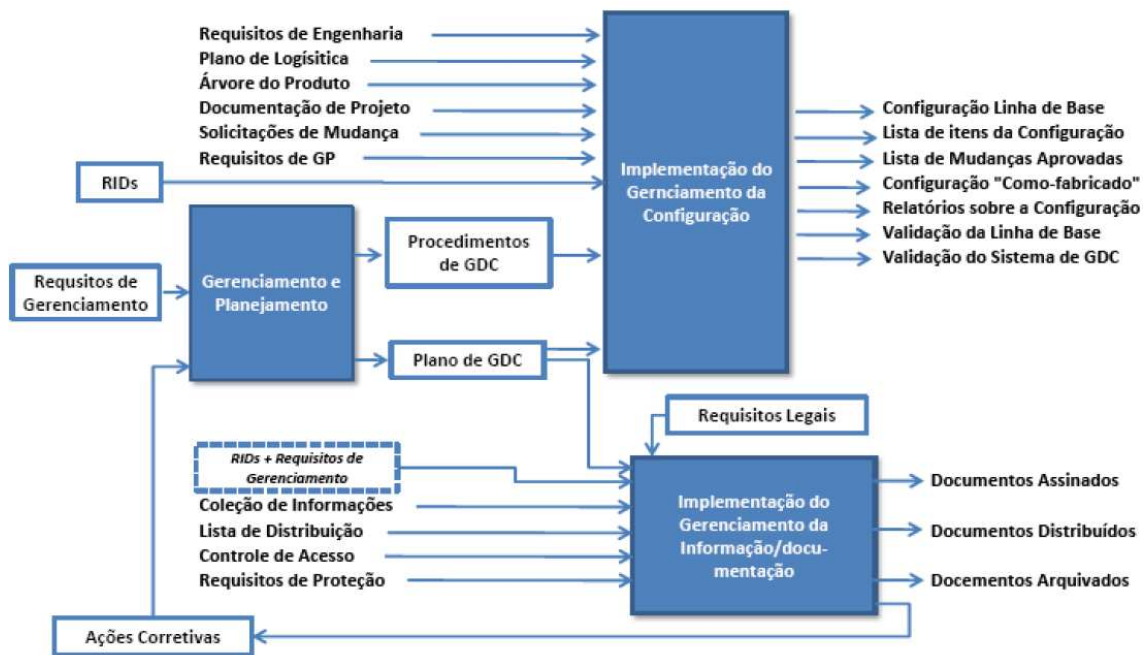


Figura B3 - Diagrama com entradas e saídas deste processo de Gerenciamento da Configuração e da Informação (ECSS, 2009b), (Albuquerque, 2010).

O Gerenciamento da Configuração acompanha todo o ciclo de vida do produto e estabelecendo e mantendo um consistente registro das características físicas e funcionais do produto em comparação com os requisitos de projeto e operacionais.

B4- Os objetivos do Gerenciamento de Configuração são:

Saber a qualquer momento a descrição técnica do produto usando documentação aprovada.

Registrar e controlar a evolução da descrição técnica do produto.

Assegurar a consistência das interfaces técnicas.

Verificar e demonstrar a todos os atores que a documentação é continuamente a exata imagem da descrição do produto.

Identificar a linha de base atualizada da configuração e a configuração efetivamente construída e registrar qualquer discrepância que tenham surgido durante a produção, entrega, operação e descarte (ALBURQUERQUE, 2010)

Disponibilizar para qualquer ator o conhecimento das possibilidades e limitações operacionais de cada item do produto e em caso de não conformidade, como os itens são afetados (ALBURQUERQUE, 2010).

B5- Gerenciamento da Informação e Documentação:

O Gerenciamento da Informação e Documentação acompanha todo o ciclo de vida do produto e é o processo que assegura que as informações do projeto sejam atualizadas, efetivamente criadas, coletadas, revisadas, entregues, armazenadas e preservadas.

Para permitir que estes objetivos sejam alcançados todos os registros do projeto são gerenciados eletronicamente.

Os objetivos do Gerenciamento da Informação e Documentação são:

Assegurar que a informação tenha correção, acessibilidade, disponibilidade rápida e segurança para todos os atores, tanto internos quanto externos ao projeto.

Assegurar a coerência de todas as informações do projeto desta forma facilitar o uso eficaz e eficiente da informação.

Assegurar que todos os atores que tenham necessidade de acessar a informação estejam cientes de sua disponibilidade, os meios de acesso e métodos e procedimentos relacionados.

Dar suporte a realização dos relatórios do programa/projeto.

Padrão De Gerenciamento Da Configuração Do Projeto Do Pmi.

Durante o desenvolvimento do PMbok terceira edição em 2000, várias lacunas foram identificadas nos processos que controlamos documentos do projeto. Um esforço de fechar essas lacunas com a inclusão de uma interface de gestão de configuração com gerenciamento de projeto tornaria o PMbok muito volumoso. Isto resultou em que as alterações projetadas estariam fora do alcance do Guia PMbok. O próximo passo então foi determinar o melhor mecanismo para esclarecer essas questões. O grupo do PMI denominado Standards Member Advisory Group (SMAG) debateu o assunto e concluiu que um novo padrão seria a melhor solução para explicar como a Gestão da Configuração desempenha suas atividades no domínio da Gestão de Projetos. Esse documento forneceria a orientação para o Gerente de Projeto e sua equipe estabelecerem e assegurarem a manutenção de um processo de Gestão da Configuração ao longo da vida do projeto (PMI, 2007).

Em março de 2002, o projeto para elaboração do Practice Standard for Project Configuration Management-(PSPCM) foi apresentado. As principais guias para a realização deste novo padrão foram:

Fornecer diretrizes relevantes para os Gerentes de Projeto e suas equipes sobre as exigências e as responsabilidades de um sistema de Gestão da Configuração;

Ser consistente com o PMbok;

Não espelhar o Guia PMbok, mas fornecer suporte e informações detalhadas sobre a prática da Gestão da Configuração e ser mais prescritivo que o PMbok;

Ser consistente com outros documentos do PMI, normas americanas e internacionais, bem como com as boas práticas do campo. Edições futuras continuarão a atualizar o material e manter o padrão alinhado com as práticas serão adicionadas dentro do campo;

Fornece o porquê, quando e como a Gestão da Configuração deve ser implementada em um projeto;

Conter exemplos de modelos e estruturas utilizadas para o sucesso da Gestão da Configuração. Fornecer informações detalhadas para o uso de cada uma das amostras e modelos (PMI, 2007).

Este documento é um guia e referência para o Gerente do Projeto, equipes, e outras

as partes interessadas, para a compreensão do Gerenciamento da Configuração do Projeto e de sua aplicação adequada em um projeto. O Gerenciamento de Projetos eficaz requer processos consistentes, repetíveis e metodologias para gerir as restrições de escopo, tempo, custo e qualidade para garantir o sucesso do projeto. A gestão profissional do projeto aplica o gerenciamento de configuração para ativamente orientar direção do projeto e criar uma infra-estrutura que permita a conclusão bem sucedida. O Practice Standard for Project Configuration Management (PSPCM), (PMI, 2007), reconhece o Gerenciamento da Configuração do Projeto como uma disciplina de apoio para os processos do projeto durante todo ciclo de vida do projeto. Este padrão está organizado nas seguintes áreas de concentração:

Introdução: Fornece as bases para o desenvolvimento deste processo e como pode ser aplicado pelo gerente do projeto.

Gerenciamento da Configuração e Planejamento: Apresenta os conceitos do Gerenciamento da Configuração do Projeto e sua relação com Gerenciamento de Projetos.

Identificação da Configuração: Identifica os itens de projeto que devem estar controlados pelo Gerenciamento da Configuração do Projeto e fornece a orientação sobre a identificação e estruturação da informação.

Gestão da Mudança da Configuração: Fornece as diretrizes para identificar as alterações dentro de um projeto.

Controle do Status de Configuração e Métricas: Dá exemplos de ferramentas e técnicas que podem ser empregadas para medir objetivamente o progresso e maturidade dos itens sujeitos ao Gerenciamento da Configuração do Projeto.

Verificação de Configuração e Auditorias. Descreve como uma análise independente pode auxiliar uma equipe de projeto para confirmar que o trabalho realizado foi o trabalho pretendido (PMI, 2007).

Comparando o PMI com a ECSS obtém-se a **Tabela B2**:

Tabela B2 - Comparação entre o Controle de Configuração conforme PMI e ECSS.

| ECSS | PMI |
|--|---|
| Identificação da Configuração | Identificação da Configuração |
| Controle da Configuração | Controle do Status de Configuração e Métricas |
| Contabilização do Status da Configuração | |
| Gerenciamento da Configuração | Gerenciamento da Configuração e Planejamento |
| Auditoria da Configuração | Verificação de Configuração e Auditorias |

B5- Conclusão

A partir do estudo comparativo entre a PMbok e os padrões de gestão de projetos do ECSS se comprova a possibilidade e compatibilidade da utilização do PMbok para auxiliar no atendimento dos requisitos e na elaboração dos processos estabelecidos pelos padrões da ECSS, permitindo assim um amadurecimento dos processos de gestão de projetos das organizações que atuam na realização de Projetos Espaciais. Entretanto se faz a ressalva que o PMbok apresenta lacunas se comparado com o método de Gestão de Projetos do ECSS no processo de controle da configuração, assim a recomendação deste trabalho é a utilização conjunta das boas praticas prescritas no PMbok e acrescidas do PSPCM para atender aos requisitos do ECSS.

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o International Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.