



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/10.13.12.06-TDI

**PROPOSTA DE MODELO INSTITUCIONAL COM
CONTRATANTE PRINCIPAL PARA
DESENVOLVIMENTO E GESTÃO DE PROJETOS
ESPACIAIS NO BRASIL**

Bruno Vicente dos Santos

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Petrônio Noronha de Souza, aprovada em 14 de novembro de 2014.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3H88A5B>>

INPE
São José dos Campos
2014

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

**COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO
DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):****Presidente:**

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

Membros:

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

Dr. Amauri Silva Montes - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas
(CEA)

Dr. Joaquim José Barroso de Castro - Centro de Tecnologias Espaciais (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:

Maria Tereza Smith de Brito - 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
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/10.13.12.06-TDI

**PROPOSTA DE MODELO INSTITUCIONAL COM
CONTRATANTE PRINCIPAL PARA
DESENVOLVIMENTO E GESTÃO DE PROJETOS
ESPACIAIS NO BRASIL**

Bruno Vicente dos Santos

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Petrônio Noronha de Souza, aprovada em 14 de novembro de 2014.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3H88A5B>>

INPE
São José dos Campos
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Bruno Vicente dos.

Sa59p Proposta de modelo institucional com contratante principal para desenvolvimento e gestão de projetos espaciais no Brasil / Bruno Vicente dos Santos. – São José dos Campos : INPE, 2014.

xx + 103 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/10.13.12.06-TDI)

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014.

Orientador : Dr. Petrônio Noronha de Souza.

1. Proposta. 2. Gestão de projetos. 3. Área espacial. 4. Organizações públicas. 5. Contratante principal. I.Título.

CDU 629.7:658.712



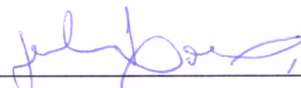
Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

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 **Mestre** em

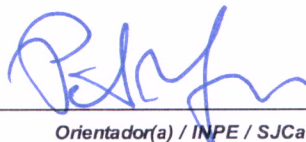
**Engenharia e Tecnologia
Espaciais/Gerenciamento de Sistemas
Espaciais**

Dr. Geilson Loureiro



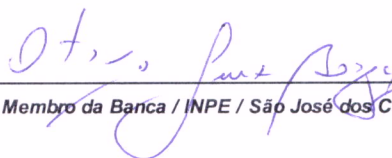
Presidente / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Petrônio Noronha de Souza



Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Otávio Luiz Bogossian



Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. César Celeste Ghizoni



Convidado(a) / Equatorial Sistemas / São José dos Campos - SP

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

Aluno (a): **Bruno Vicente dos Santos**

São José dos Campos, 14 de Novembro de 2014

“Se uma inteligência, em determinado instante, pudesse conhecer todas as forças que governam o mundo natural e as posições de cada ser que o compõe; se, além disso, essa inteligência fosse suficientemente grande para submeter essas informações a análise, teria como abranger em uma única fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e os dos menores átomos. Para essa inteligência, nada seria incerto, e o futuro, tanto quanto o passado, se faria presente diante de seus olhos”.

Pierre-Simon de Laplace

DEDICATÓRIA

Primeiramente, a Deus que me concedeu essa oportunidade de caminhada rumo à evolução espiritual, e acima de tudo nunca se cansou ou se aborreceu com as minhas lamurias frente aos obstáculos dessa jornada, e nem com minha pequenez e cegueira diante das vitórias que a vida me proporciona. A meus pais, pelos ensinamentos e exemplos de caráter e honestidade que guiaram meus passos até aqui; assim como, todo apoio e palavras de incentivo. As minhas irmãs, que sempre acreditaram na minha capacidade e oraram pela minha saúde e felicidade. A minha amada esposa, que é o meu esteio nessa caminhada, sustentando-me e enxugando minhas lágrimas nos momentos em que eu pensava não haver saída. A meu orientador, pelo tempo dispensado tentando me guiar e trazer um pouco de luz à minha formação.

Um agradecimento especial ao Doutor Otávio Bogossian, pela fundamental contribuição para essa dissertação.

A todas as pessoas que, de forma direta e indireta, contribuíram para esse trabalho e fizeram com que um sonho se tornasse realidade.

RESUMO

Este trabalho traz uma proposta de modelo de gestão de projetos na área espacial conduzidos por organizações públicas brasileiras, propondo a inclusão da figura de um Contratante Principal na cadeia cliente-fornecedor. O trabalho busca, também, descrever a interação dos papéis e funções entre Patrocinador, Contratante Principal e os Subcontratados, a partir de conceitos de gerenciamento de projetos e engenharia de sistemas, buscando trazer maior flexibilidade e agilidade à cadeia produtiva de satélites desenvolvidos no Brasil. O estudo parte de um diagnóstico dos maiores problemas que afetam o setor, apresentando sugestões para amenizar os efeitos de problemas como a carência de recursos humanos, a insuficiência de investimentos, e os obstáculos de natureza legal que se manifestam de forma crônica nas organizações públicas nacionais.

Palavras-chave: Proposta. Gestão de projetos. Área espacial. Organizações públicas. Contratante Principal. Cadeia cliente-fornecedor. Flexibilidade. Agilidade.

A PROPOSAL OF AN INSTITUTIONAL MODEL WITH A MAIN CONTRACTOR TO DEVELOP AND MANAGE SPACE PROJECTS IN BRASIL

ABSTRACT

This study presents a proposal for a project management model in the space field led by Brazilian public organizations, suggesting the inclusion of a Main Contractor in the customer-supplier chain. It also seeks to describe the roles and functions interactions among the sponsor, the contractor and subcontractors, from concepts of project management and systems engineering, seeking to bring the flexibility and agility necessary and desirable to the productive chain of satellites developed in Brazil. The study starts with a diagnosis of major issues affecting the industry, offering suggestions to mitigate the effects of problems like the human resources shortage, insufficient investments, and the obstacles of legal nature, which manifest themselves in the form of chronic national public organizations.

Keywords: Proposal. Project management. Space area. Public organizations. Prime contractor. Customer-supplier chain. Flexibility. Agility.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 – Nível típico de custos e de pessoal de um projeto ao longo do ciclo de vida.....	9
Figura 2.2 – Influência das partes interessadas ao longo do tempo.	9
Figura 2.3 – Sequência típica de fases no ciclo de vida de um projeto.	10
Figura 2.4 – Conceituação de um fluxograma do ciclo de vida de um projeto da NASA.	12
Figura 2.5 – Ciclo de Vida do Projeto.	14
Figura 2.6 – Interação entre os grupos de processos.	18
Figura 2.7 – Interação entre os grupos de processos.	19
Figura 3.1 – Valores de investimento na área aeroespacial no ano de 2011... 44	44
Figura 3.2 – Evolução de investimentos do PNAE 1980-2009.....	45
Figura 3.3 – Evolução de investimentos do PNAE 2012-2021.....	46
Figura 3.4 – Fluxo de compras do INPE.	49
Figura 3.5 – Perda de recursos da ETE.....	53
Figura 3.6 – Perda de recursos por área.....	55
Figura 4.1 – Nível de esforço da ICT e contratante principal.	62
Figura 4.2 – Organograma para implementação do programa/projeto da ICT e contratante principal.	64
Figura 4.3 – Organograma da ICT e contratante principal para gestão do projeto.	65
Figura 4.4 – Cadeia Cliente-Fornecedor.	71
Figura 4.5 – Cadeia detalhada Cliente-Fornecedor.....	72
Figura 4.6 – Comunicação cadeia Cliente-Fornecedor geral.	74
Figura 4.7 – Cadeia Cliente-Fornecedor proposta.	75
Figura 4.8 – Cadeia detalhada Cliente-Fornecedor proposta.....	80
Figura 4.9 – Processo de Aquisição do satélite SGDC.	82
Figura 4.10 – Fluxo da comunicação Cadeia Cliente-fornecedor proposta.....	84

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 2.1 – Fases do Ciclo de Vida de um Projeto.	12
Tabela 2.2 – Ações do PNAE para satélites.	25
Tabela 2.3 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites SCD 1&2	30
Tabela 2.4 – Subsistemas brasileiros e chineses dos CBERS-1&2	32
Tabela 2.5 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites CBERS-1&2	33
Tabela 2.6 – Subsistemas a cargo da indústria nacional.	35
Tabela 2.7 – Technology Readiness Level.	39
Tabela 2.8 – Riscos de desenvolvimento.	40
Tabela 3.1 – Perda potencial de recursos humanos da ETE em razão da aposentadoria.....	54
Tabela 3.2 – Síntese dos problemas do setor espacial.	55
Tabela B.1 – Modalidades de contratos industriais.	103

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
AIT	<i>Assembly, Integration and Test</i> – Montagem, Integração e Testes
AMA	American Management Association
AR	<i>Acceptance Review</i> – Revisão de Aceitação
BAFO	<i>Best and Final Offer</i>
BRICS	Brasil, Rússia, Índia e China
C&T	Ciência e Tecnologia
CBERS	<i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i> – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CCB	<i>Configuration Control Board</i> – Comitê de Controle de Configuração
CDF	<i>Concurrent Design Facility</i>
CDR	<i>Critical Design Review</i> – Revisão Crítica de Projeto
CLBI	Centro de Lançamento Barreira do Inferno
CNAE	Comissão Nacional de Atividades Espaciais
CPAEF	Comissão Permanente de Análise Econômica-Financeira
CPL	Comissão Permanente de Licitação
CRR	<i>Commissioning Result Review</i> – Revisão de Resultado de Comissionamento
CTA	Centro Tecnológico da Aeronáutica
D.O.U	Diário Oficial da União
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DDT	Declaração Detalhada de Trabalho
ECR	<i>Engineering Change Request</i> – Pedido de Mudança de Engenharia
ELR	<i>End-of-life Review</i> – Revisão de Final de Vida
EMI/EMC	<i>Electromagnetic Interference/Electromagnetic Compatibility</i>
ESA	<i>European Space Agency</i> – Agência Espacial Europeia
ETE	Engenharia e Tecnologia Espacial
FRR	<i>Flight Readiness Review</i> – Revisão de Prontidão para o Voo
GPS	<i>Global Position System</i> – Sistema Global de Posicionamento
IA	Item de Ação
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
ICD	<i>Interface Control Document</i>
ICT	Instituição Científica e Tecnológica
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KDPs	<i>Key Decision Points</i>
LRR	<i>Launch Readiness Review</i> – Revisão de Prontidão para o Lançamento
MCR	<i>Mission Close-out Review</i> – Revisão de Finalização da Missão
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDR	<i>Mission Definition Review</i> – Revisão da Definição da Missão
MECB	Missão Espacial Completa Brasileira
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>

NRB	<i>Nonconformance Review Board</i> – Comitê de Não Conformidade
ORR	<i>Operational Readiness Review</i> – Revisão de Operabilidade
PA	<i>Product Assurance</i> – Garantia do Produto
PDR	<i>Preliminary Design Review</i> – Revisão de Projeto Preliminar
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMO	<i>Project Management Office</i> – Escritório de Projetos
PNAE	Programa Nacional de Atividades Espaciais
PRR	<i>Preliminary Requirements Review</i> – Revisão Preliminar de Requisitos
QR	<i>Qualification Review</i> – Revisão de Qualificação
RFI	<i>Request for Information</i>
RFP	<i>Request for Proposal</i>
SAR	<i>Synthetic Aperture Radar</i> – Radar de Abertura Sintética
SE	<i>Systems Engineering</i> – Engenharia de Sistemas
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas
SOW	<i>Statment of Work</i>
SRR	<i>System Requirements Review</i> – Revisão de Requisitos de Sistema
TRL	<i>Technology Readiness Level</i> – Nível de Prontidão Tecnológica
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i> – Estrutura de Divisão de Trabalho

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos Geral.....	2
1.1.1. Objetivos Específicos.....	3
1.1.2. Escopo.....	3
1.2. Justificativa.....	3
1.3. Aspectos metodológicos.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. A Política Espacial Brasileira.....	5
2.2. Definição de Projeto.....	6
2.3. Ciclo de Vida de um Projeto.....	8
2.3.1. Ciclo de Vida de um projeto conforme a Agência Espacial Americana (NASA) 10	
2.3.2. Ciclo de Vida de um projeto conforme a Agência Espacial Europeia (ESA) 14	
2.3.2.1. Fase 0 - Análise da Missão/Identificação de necessidades.....	14
2.3.2.2. Fase A - Viabilidade.....	15
2.3.2.3. Fase B - Definição Preliminar.....	15
2.3.2.4. Fase C - Definição Detalhada.....	16
2.3.2.5. Fase D - Qualificação e Produção.....	16
2.3.2.6. Fase E - Operação/Utilização.....	17
2.3.2.7. Fase F - Descarte.....	17
2.4. Gerenciamento de Projetos.....	17
2.5. Arranjo Industrial espacial nacional.....	21
2.5.1. SCD-1&2.....	29
2.5.2. CBERS-1&2.....	31
2.5.3. CBERS-3&4.....	34
2.6. Arranjo Industrial espacial internacional.....	36
2.7. Technology Readiness Level (TRL).....	38

2.8. Lei de Licitações.....	40
3 ANÁLISE.....	43
3.1. Dificuldades trazidas pela falta de investimento	43
3.2. Dificuldades trazidas pela legislação inadequada para aquisições	47
3.3. Dificuldades causadas pela falta de capacitação e dificuldade de retenção de recursos humanos.....	52
4 PROPOSTA.....	59
4.1. Processo de Desenvolvimento de Tecnologias	60
4.2. O Contratante Principal no desenvolvimento de um projeto espacial.....	61
4.3. Arquitetura da ICT e contratante principal para gestão do projeto	64
4.4. Cadeia Cliente-Fornecedor genérica.....	71
4.5. Comitê Diretor de Projeto	76
4.6. O papel do Projetista Integrador do Sistema-Missão	78
4.7. O papel do Contratante Principal.....	81
4.8. Papel dos subcontratados	86
5 CONCLUSÕES.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICE A – A LEI DA INOVAÇÃO	97
APÊNDICE B – PROCESSOS DE AQUISIÇÃO E TIPOS DE CONTRATO ..	101
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO	105

1 INTRODUÇÃO

Desenvolver, implementar e gerenciar sistemas espaciais é uma atividade complexa e desafiadora, por tratar-se de projetos que envolvem um número substancial de pessoas, uma miríade de requisitos técnicos, e parâmetros restritivos, como prazo, custo, e confiabilidade, além de uma multiplicidade de variáveis de interesses distintos.

Todo esse esforço é necessário para consolidar e ampliar competências, tecnologia e inovação na área espacial, e responder a desafios nacionais. Como exemplos citam-se a obtenção de competências em previsão de tempo e clima; o desenvolvimento científico tecnológico para o País; e a capacitação da indústria para o fornecimento de serviços e tecnologia na área espacial.

Essa demanda é mundial, e globalmente os governos gastam cerca de U\$ 74 bilhões em produtos e serviços relativos ao espaço (LARSON *et al*, 2009). O Brasil, por meio da Agência Espacial Brasileira (AEB), investe aproximadamente US\$ 147 milhões anuais no seu programa espacial e serviços afins. (ROLLEMBERG *et al*, 2010).

Recursos precisam ser adequadamente gerenciados para que os objetivos sejam alcançados. Há uma série de processos que suportam essa atividade, como a engenharia de sistemas, o gerenciamento da configuração, e a garantia da qualidade, entre outros.

Todos esses processos podem ser acomodados dentro de duas grandes áreas de competência, a engenharia de sistemas e o gerenciamento de projetos, ambas com seus processos próprios. As duas têm um ponto em comum, que é o uso de um ciclo de vida bem definido em que certas atividades, ou o conjunto delas, devem ser executadas para atingir os objetivos dos projetos.

Diante da complexidade de um programa espacial, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), assim como outras organizações públicas, enfrenta dificuldades inerentes ao próprio sistema público. Dentre elas destacam-se: a carência de recursos humanos, tanto em quantidade quanto

em qualidade, para atender a demanda dos projetos; a insuficiência de investimentos em infraestrutura; e uma Lei de Licitações que não dá a flexibilidade exigida pelo setor. (CARLEIAL *et al*, 2004 *apud* ROLLEMBERG *et al*, 2010).

Dado esse contexto, este estudo traz uma proposta de gestão de projetos na área espacial, com a inclusão de um Contratante Principal, uma empresa para assumir parte das atividades hoje atribuídas exclusivamente às ICTs, propiciando, assim, mais flexibilidade e agilidade à cadeia produtiva de satélites produzidos no Brasil.

O estudo busca, também, descrever a interação dos papéis e funções entre patrocinador, Contratante Principal e os Subcontratados, a partir de conceitos de gerenciamento de projetos. Trata-se de uma sugestão para amenizar os efeitos dos problemas citados, que se manifestam de forma crônica nas organizações públicas, particularmente quanto a custos/financiamento, gestão de recursos humanos e aquisições/contratos.

O estudo está organizado em cinco capítulos. O primeiro traz a introdução, com os objetivos, justificativa e a metodologia. No segundo capítulo apresentam-se o embasamento teórico, necessário para o entendimento dos conceitos que subsidiam o estudo e, também, o método. No terceiro capítulo detalham-se os problemas característicos de um órgão governamental usando-se como exemplo o INPE e, no quarto, busca-se, sob a óptica de processos, dar instrumentos para que o gerente enfrente algumas das dificuldades impostas pelo ambiente público. O quinto capítulo traz as considerações finais.

1.1. Objetivo Geral

Este trabalho objetiva propor um modelo de processo para a gestão da cadeia cliente-fornecedor dos projetos espaciais conduzidos por entidades governamentais, ou seja, por uma Instituição Científica e Tecnológica (ICT).

1.1.1. Objetivos Específicos

- a) Analisar e diagnosticar os principais problemas do modelo atual;
- b) Propor um modelo de processo da cadeia cliente-fornecedor justificando as suas características com base no diagnóstico dos problemas do modelo atual;
- c) Definir a hierarquia das organizações envolvidas na cadeia cliente-fornecedor, apresentado as suas atribuições e interações;
- d) Estabelecer o objeto a ser contratado em cada nível da cadeia cliente-fornecedor;
- e) Destacar no modelo proposto a influência do indicador TRL e a estrutura organizacional de projeto necessária.

1.1.2. Escopo

Os projetos espaciais abrangidos pelo modelo proposto são os conduzidos por ICTs no nível de sistema (para atender à missão) e de segmentos (espacial, solo, aplicações e lançamento), os quais estão fortemente limitados pelo atual modelo, estando portanto, excluídos os projetos espaciais contratados de forma global da indústria nacional ou estrangeira.

1.2. Justificativa

Em razão dos inúmeros atrasos e aumento dos custos na concepção do produto final de um satélite e dos sistemas adicionais requeridos em sua missão, justifica-se a realização deste estudo que busca trazer para o ambiente de projetos exemplos de metodologias e de boas práticas, comprovadamente adequadas para a gestão de projetos complexos, como forma de melhorar a sua condução em um ambiente de organização pública de pesquisa e desenvolvimento.

1.3. Aspectos metodológicos

Esse trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o desenvolvimento do assunto aqui tratado e, principalmente, nas missões espaciais nacionais.

A primeira fase desta pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica aprofundada para a construção de um referencial teórico que embasasse o leitor quanto aos assuntos técnicos onde estão calcados essa dissertação. A proposta foi fornecer informações sobre a gestão de projetos complexos na área espacial, com isso buscou-se literaturas específicas e consagradas tais quais as normas espaciais da NASA e da Agência Espacial Europeia (ESA).

Como o contexto nacional para essa área é bem específico, cita-se aqui o ambiente público de pesquisa e desenvolvimento onde estão inseridos os programas brasileiros e os arcabouços legais que os circundam. Por este motivo houve, uma busca de estudos fornecidos pelo próprio Congresso Nacional e outras organizações, que serviram de base para o levantamento dos problemas enfrentados pelas missões espaciais nacionais na atualidade.

Na segunda fase buscou-se através de entrevistas *in loco*, com engenheiros que participaram desde o início das missões espaciais brasileiras, capturar informações de como se deu o desenvolvimento da cadeia cliente-fornecedor nacional, dando um detalhamento maior ao arranjo industrial brasileiro, que dificilmente é encontrado na literatura.

O conteúdo aqui apresentado foi levantado através de questionário com perguntas abertas, que pode ser encontrado no Apêndice C desse trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresentam-se conceitos fundamentais para o entendimento deste estudo. Inicialmente, citam-se os problemas que afetam o programa espacial brasileiro, abordando, em seguida, o ciclo de vida de um projeto, o gerenciamento de projetos, os arranjos industriais para os programas nacionais, uma visão geral do arranjo industrial internacional, e, por fim, os conceitos de *Technology Readiness Level* (TRL).

2.1. A Política Espacial Brasileira

Nas últimas décadas, por diferentes razões, cada vez mais a exploração espacial tornou-se importante para as nações, assim como o poderio militar, o desenvolvimento econômico, a autonomia tecnológica, o prestígio político, e a segurança e defesa nacionais.

Um país como o Brasil, que possui uma extensão territorial de cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, aos quais somam-se 4,5 milhões de quilômetros quadrados de plataforma continental marítima, necessita de uma política espacial eficaz para o monitoramento das florestas, das grandes cidades, de plantações, das bacias hidrográficas e de sua costa, por exemplo.

O impacto das tecnologias espaciais vai além. Elas estão presentes no cotidiano das pessoas, que sem perceber, usufruem desse tipo de tecnologia quando acessam a internet; quando usam o *Global Positioning System* (GPS); consultam a previsão do tempo, ou, até mesmo, quando assistem à televisão. (ROLLEMBERG *et al*, 2010).

As primeiras ações do Brasil, nessa área, remontam a 1961, com a criação da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE), seguida pela implantação do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), em Natal (RN), até 1979, com a aprovação da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), que previa a concepção de dois satélites de coleta de dados e dois de observação da Terra, sob a responsabilidade do INPE.

O lançamento desses produtos ficou a cargo do então Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), responsável pela construção dos veículos lançadores que seriam operados a partir do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), no Maranhão. O objetivo, na época, era obter conhecimento de tecnologias espaciais e de foguetes, por meio de projetos simples. (CARVALHO, 2011).

Na década de 1980 o INPE, juntamente com a China, começou a desenvolver uma família de satélites de sensoriamento remoto; surgiu então o programa CBERS (*China-Brazil Earth-Resources Satellite*). Dessa parceria foram lançados o CBERS-1, CBERS-2, CBERS-2B, e CBERS-3. O último perdeu-se em decorrência de uma falha no lançador. O próximo da série é o CBERS-4, que tem previsão de lançamento para o final de 2014.

Passados pouco mais de 50 anos desde o início das atividades espaciais no Brasil, apenas alguns dos objetivos do programa espacial brasileiro foram atingidos, embora missões espaciais tenham acontecido, tecnologias tenham sido desenvolvidas, uma pequena indústria nasceu, recursos humanos se qualificaram, e tenham se estabelecido cooperações internacionais, todas elas, em parte, com sucesso (AAB, 2010).

Esses avanços, porém, comparados com os de outros países, poderiam ser mais significativos (AAB, 2010). Alguns dos fatores que impediram um resultado mais satisfatório e que permitem essa constatação são: pouco espaço para a política espacial brasileira na agenda do governo; baixa autonomia política, administrativa e orçamentária da AEB; falta de capacitação da AEB em gestão de políticas e regulamentação; normas inadequadas para compras e contratações; e baixa maturidade tecnológica da indústria espacial brasileira.

2.2. Definição de Projeto

Pode-se considerar como projetos o desenvolvimento e implementação de um sistema de informação; construir uma estrada; um satélite; pesquisar um novo medicamento ou a origem do universo, ou realizar um grande evento, como os

Jogos Olímpicos. Todos esses empreendimentos podem ser considerados projetos (MAXIMIANO, 2009).

Os projetos estão presentes em diversos lugares: na história, com as grandes construções, como as Pirâmides do Egito ou a Grande Muralha da China; na indústria, com o lançamento de um novo produto ou a construção de um avião; e na vida dos indivíduos, como um plano de viagem de férias com a família; ou a busca de uma certificação profissional. Projetos envolvem mudanças, a criação de algo novo, e tem começo e fim bem definidos (AMA, 2006).

O termo projeto significa lançar adiante, sendo derivado do latim *projectus*, participio passado de *projicere*, que é projetar. Um projeto também pode ser definido como “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo” (PMBOK, 2004, p.5). A partir do século XX, os norte-americanos começaram a denominar projeto tudo aquilo que se lança em direção ao futuro (SABBAG, 2009).

Algumas características são inerentes aos projetos: são formados por atividades interdependentes, sequenciais e finitas, que se relacionam entre si para o atendimento de um objetivo único; geram entregáveis, um ou mais entregáveis únicos, que atendem a um conjunto de critérios de desempenho; e envolvem vários recursos, humanos e materiais, coordenados para que o objetivo seja cumprido (AMA, 2006).

Os projetos não são sinônimos de produtos: o projeto é mais do que simplesmente o produto gerado por ele, já que é formado por todas as atividades necessárias e coordenadas para atender os requisitos dos demandantes; e são movidos pela restrição tripla, que representa o balanço entre tempo (prazo); recursos (humanos ou não); e técnicos (desempenho e qualidade). Essas restrições podem variar ou ter pesos distintos entre tipos diferentes de projetos (AMA, 2006).

Os projetos também são utilizados para cumprir o plano estratégico das empresas ou organizações, e são autorizados como resultados das seguintes

considerações estratégicas: um avanço tecnológico; um requisito legal; a solicitação de um cliente; uma demanda de mercado; e uma necessidade organizacional (PMBOK, 2004).

Em resumo, um projeto envolve um conjunto de atividades coordenadas que interagem para produzir uma entrega que satisfaça os requisitos dos demandantes. Essas atividades são delimitadas por um período de tempo, um fim que define o seu ciclo de vida e, também, o custo estabelecido. Há, portanto, uma diferença entre projetos e processos ou atividades, que se caracterizam por operações continuadas (AMA, 2006).

2.3. Ciclo de Vida de um Projeto

Os projetos podem ser divididos em fases, para que sejam mais bem controlados e gerenciados (PMBOK, 2004). Todo sistema ou projeto é iniciado com uma oportunidade, e continua em fases ou ciclos até o seu descarte ou finalização (AMA, 2006).

Não existe uma única maneira de dividir o ciclo de vida de um projeto. Cada organização adota a maneira mais adequada às suas necessidades, detalhando-o mais ou menos. Não há, portanto, um número de fases definido como norma, mas sim certas características que são inerentes ao seu ciclo de vida (PMBOK, 2004).

Em seu ciclo de vida, o projeto apresenta um sequenciamento de fases em que o final de uma fase e o começo da outra são definidos pela entrega, por custos que começam baixos e aumentam nas fases intermediárias, atingindo um pico e depois caindo na fase final, como mostra a Figura 2.1; nível de risco e incertezas, que são maiores no início e vão se reduzindo conforme o projeto vai progredindo para sua conclusão; e influência das partes interessadas na mudança das características do produto, que são bem maiores no início, conforme destaca a Figura 2.2 (PMBOK, 2004).

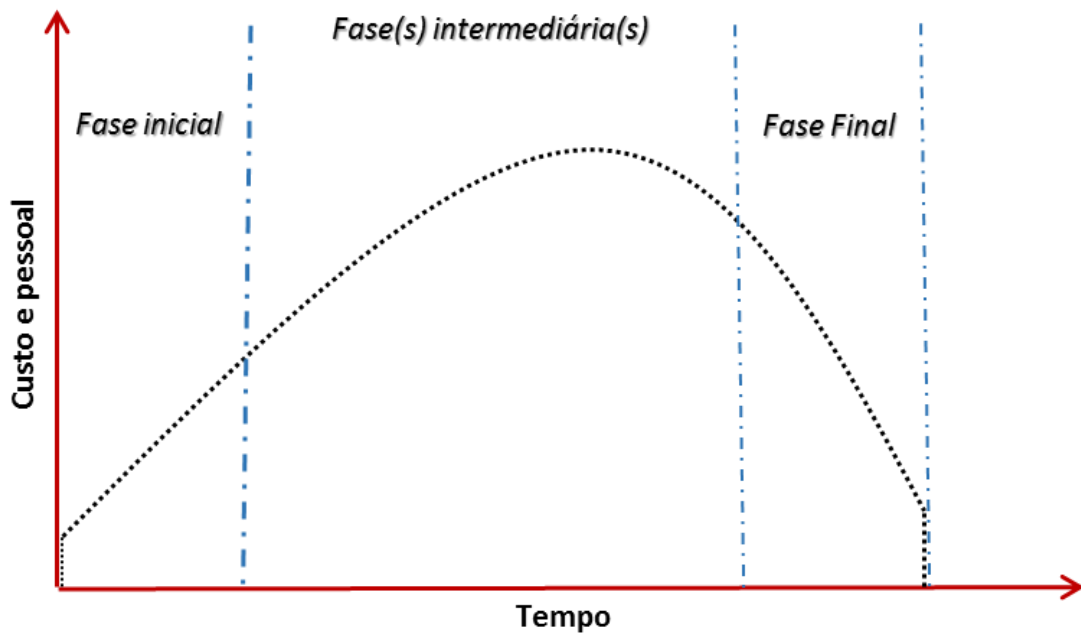


Figura 2.1 – Nível típico de custos e de pessoal de um projeto ao longo do ciclo de vida.
 Fonte: adaptada de PMBOK (2004, p.21).

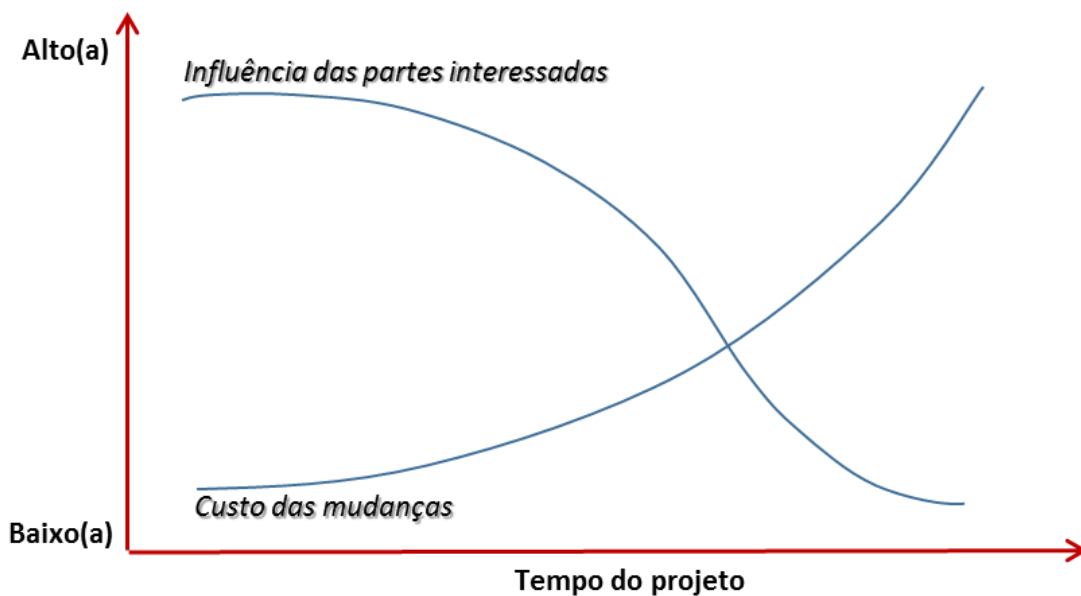


Figura 2.2 – Influência das partes interessadas ao longo do tempo.
 Fonte: adaptada de PMBOK (2004, p.21).

Também há uma caracterização das fases, geralmente adotadas sequencialmente durante o ciclo de vida do projeto, principalmente se houver um alto grau de incerteza ou um grande risco. Esse procedimento propicia um

maior nível de controle. Há casos em que o projeto pode beneficiar-se de fases sobrepostas, como o encurtamento do prazo de finalização, o que pode gerar um problema de retrabalho, aumentando o seu custo e duração (PMBOK, 2008).

De acordo com PMBOK (2008), há duas relações básicas entre as fases: uma relação sequencial, em que a fase posterior só começa quando a fase anterior for finalizada, como mostra a Figura 2.3, e uma relação sobreposta, onde a fase posterior pode ser iniciada antes da fase anterior terminar.

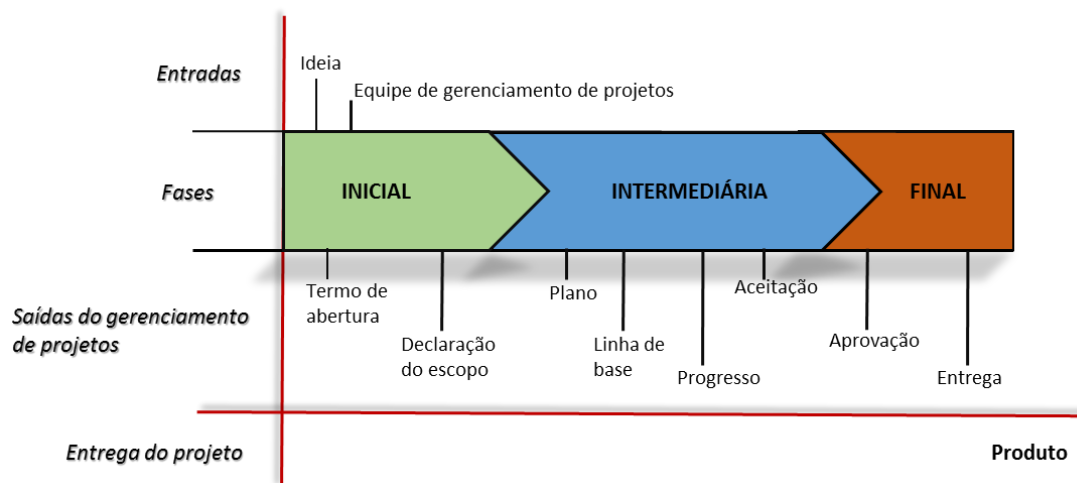


Figura 2.3 – Sequência típica de fases no ciclo de vida de um projeto.

Fonte: adaptada de PMBOK (2004, p.23).

A seguir abordam-se os ciclos de vida de um projeto adotados pela NASA e pela Agência Espacial Europeia (ESA).

2.3.1. Ciclo de Vida de um projeto conforme a NASA

Um dos conceitos fundamentais para o gerenciamento de sistemas usados pela NASA, em relação aos projetos, é o do ciclo de vida, que consiste na categorização das atividades a serem cumpridas e a estruturação por fases, para que os objetivos sejam alcançados. Essas fases são separadas por *Key Decision Points* (KDPs), que significam pontos importantes quando autoridades

de decisão determinam se o projeto está pronto para seguir para a próxima fase.

O desenvolvimento de um sistema ou projeto começa com o reconhecimento de uma oportunidade a ser explorada e continua por vários estágios até o seu encerramento. A decomposição dos projetos em pequenas partes organiza os processos em pedaços mais gerenciáveis, e ainda ajuda os gerentes a terem uma visão do projeto como um todo. A NASA (2007) define sete fases no ciclo de vida de um projeto.

- a) Pré-fase: estudos de concepção, quando se identifica a viabilidade das alternativas.
- b) Fase A: desenvolvimento conceitual e de tecnologias, com a definição do projeto e identificação e desenvolvimento de tecnologias necessárias.
- c) Fase B: elaboração do projeto preliminar e a finalização do desenvolvimento de tecnologias.
- d) Fase C: elaboração do projeto final e fabricação, com a finalização do projeto detalhado e produção.
- e) Fase D: montagem, integração, teste e lançamento do sistema, com integração de partes, verificação do sistema, preparação para operação e lançamento.
- f) Fase E: operação e manutenção do sistema.
- g) Fase F: finalização, com descarte do sistema e análise dos dados.

Na Figura 2.4 e na Tabela 2.1 identificam-se, respectivamente, as fases do ciclo de vida de um projeto, de acordo com a NASA e explicam-se os propósitos de cada uma delas, com as respectivas saídas.

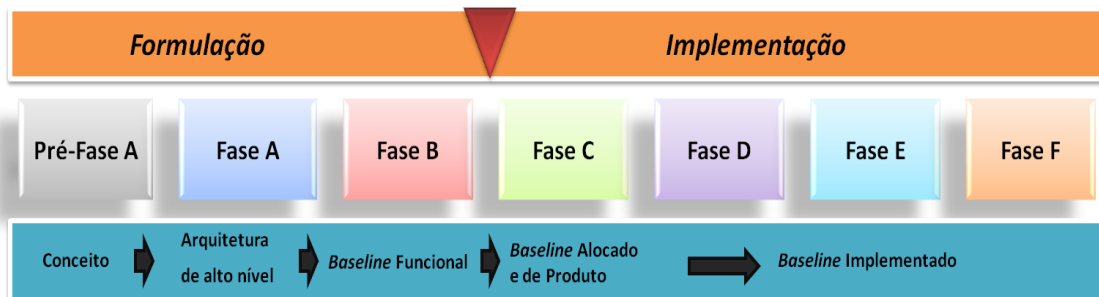


Figura 2.4 – Conceituação de um fluxograma do ciclo de vida de um projeto da NASA.
 Fonte: adaptada de NASA *Systems Engineering Handbook* (2007, p.6).

Tabela 2.1 – Fases do Ciclo de Vida de um Projeto.

Fase	Objetivo	Saída
<p>Pré-Fase A</p> <p>Estudos de Concepção</p>	<p>Produzir um amplo espectro de ideias e alternativas para as missões a partir do qual novos programas e projetos podem ser selecionados. Determinar a viabilidade do sistema desejado; desenvolver conceitos de missão; projeto ao nível de requisitos de sistema preliminar; e identificar as necessidades de tecnologia em potencial.</p>	<p>Viabilidade do sistema preliminar na forma de simulações, análise, relatórios de estudos, modelos e maquetes.</p>
<p>Fase A</p> <p>Desenvolvimento Conceitual e de Tecnologias</p>	<p>Determinar a viabilidade e conveniência do sistema sugerido e estabelecer uma linha de base inicial compatível com os planos estratégicos. Desenvolver o conceito de missão final, requisitos em nível de sistema e tecnologia necessária.</p>	<p>Definição do sistema conceito na forma de simulações, análise, modelos de engenharia e maquetes e definição do estudo do custo-benefício.</p>

Continua

<p align="center">Fase B</p> <p align="center">Projeto Preliminar e Finalização do Desenvolvimento de Tecnologias</p>	<p>Definir o projeto em detalhes suficientes para estabelecer uma linha de base inicial capaz de atender às necessidades da missão. Desenvolver a estrutura do sistema e requisitos do produto e gerar um projeto preliminar para cada estrutura de produto final.</p>	<p>Produtos finais na forma de maquetes, resultados de análise de benefícios, documentos de especificação e de interface, e protótipos.</p>
<p align="center">Fase C</p> <p align="center">Projeto Final e Fabricação</p>	<p>Completar o projeto detalhado do sistema (e seus subsistemas associados, incluindo seus sistemas de operações), fabricar <i>hardware</i> e código de <i>software</i>. Gerar desenhos finais para estrutura de sistema e produto final.</p>	<p>Fabricação do produto e desenvolvimento de <i>software</i>.</p>
<p align="center">Fase D</p> <p align="center">Montagem, Integração, Teste e Lançamento do Sistema</p>	<p>Montar e integrar o sistema. Lançamento e preparação para as operações. Executar implementação do sistema, montagem, integração e teste, e transição para o uso.</p>	<p>Operação do sistema e apoios aos subsistemas relacionados.</p>
<p align="center">Fase E</p> <p align="center">Operação e Manutenção do Sistema</p>	<p>Realizar a missão e atender aos requisitos inicialmente identificados e manter o apoio para esses requisitos. Implementar o plano de operações da missão.</p>	<p>Resultados esperados da missão.</p>
<p align="center">Fase F</p> <p align="center">Finalização</p>	<p>Executar o plano de descarte e análise dos dados finais.</p>	<p>Descarte do sistema.</p>

Fonte: NASA Systems Engineering Handbook (2007, p.7).

Tabela 2.1 – Conclusão

2.3.2. Ciclo de Vida de um projeto conforme a Agência Espacial Europeia (ESA)

Assim como a NASA, a ESA também considera o sequenciamento de atividades para geração de um sistema, produto ou projeto: o ciclo de vida. A Figura 2.5 apresenta o modelo e a explicação de cada uma das principais atividades e fases.

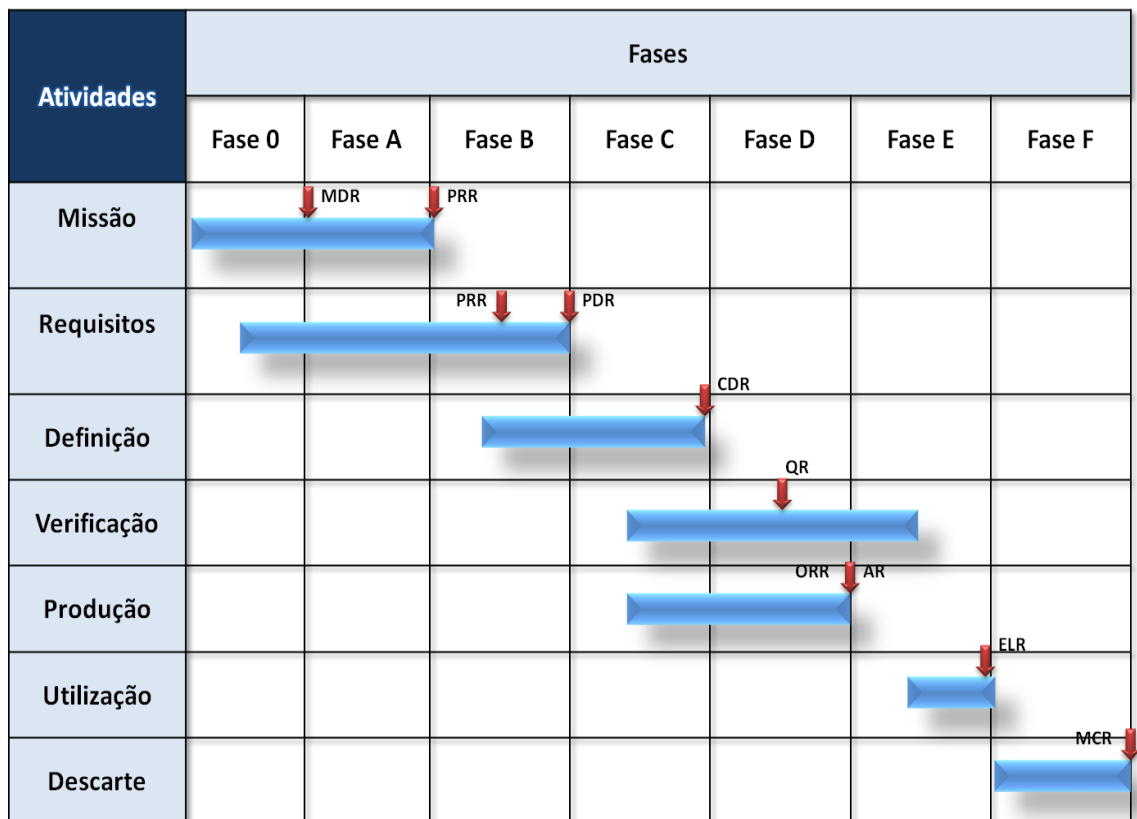


Figura 2.5 – Ciclo de Vida do Projeto.

Fonte: adaptada de ECSS-M-ST-10C (2009, p.19).

2.3.2.1. Fase 0 - Análise da Missão/Identificação de necessidades

Essa atividade é conduzida pelo patrocinador do projeto, pelos clientes de alto nível, e pelos representantes dos usuários. Envolve a elaboração da declaração da missão em termos da identificação e características das necessidades, desempenho esperado, confiabilidade e segurança, objetivos e restrições de missão com respeito ao meio ambiente físico e operacional; o

desenvolvimento dos requisitos de especificações técnicas preliminares; a identificação de conceitos possíveis de missão; e a avaliação preliminar de risco.

A Revisão da Definição da Missão (MDR), que é realizada ao final da Fase 0, tem como objetivo liberar a declaração de missão e avaliar a especificação técnica de requisitos preliminares e aspectos programáticos (ECSS-M-ST-10C, 2009).

2.3.2.2. Fase A - Viabilidade

Viabilidade é a atividade desenvolvida principalmente pelo cliente de alto nível e por um ou vários fornecedores de primeiro nível, com o acompanhamento do patrocinador do projeto e, também, dos representantes dos usuários finais.

Essa fase envolve as seguintes atividades: estabelecer os planos de gerenciamento, engenharia de sistemas e garantia do produto para o projeto; elaborar os possíveis conceitos do sistema e sua operação e compará-los com os requisitos identificados; estabelecer a árvore de produto; avaliar a viabilidade dos conceitos com a identificação de restrições relacionadas à implementação, ao custo, prazo, à operação, manutenção, produção e ao descarte; identificar tecnologias críticas; e elaborar o plano de riscos.

A Revisão Preliminar de Requisitos (PRR) acontece no final dessa fase, e tem como objetivo selecionar o sistema preliminar e o conceito de operação para passagem à Fase B (ECSS-M-ST-10C, 2009).

2.3.2.3. Fase B - Definição Preliminar

Essa fase tem como atividades principais: finalizar os planos de gerenciamento, engenharia e garantia do produto; estabelecer o cronograma e os custos; elaborar a estrutura analítica da organização; confirmar as soluções técnicas para o conceito de operação do sistema, suas restrições e viabilidade; estabelecer o projeto preliminar; identificar e estabelecer interfaces externas;

finalizar a árvore de produto e a de especificação, a estrutura analítica do projeto; e a progressão do plano de riscos.

Há duas revisões associadas a essa etapa:

- a) **Revisão de Requisitos de Sistema (SRR):** caracteriza-se pelo refinamento dos requisitos técnicos; validação do *design* preliminar e do programa preliminar de verificação; e
- b) **Revisão de Projeto Preliminar (PDR):** ocorre ao final da Fase B, e tem como objetivos verificar se o projeto preliminar atende os requisitos de sistema, finalizar os planos de gerenciamento, engenharia, garantia do produto, e as estruturas analíticas de projeto e produto (ECSS-M-ST-10C, 2009).

2.3.2.4. Fase C - Definição Detalhada

As principais atividades desenvolvidas na Fase C envolvem a finalização do projeto detalhado em todos os níveis; produção, teste de desenvolvimento e pré-qualificação dos elementos e componentes críticos do projeto; produção, desenvolvimento e teste dos modelos de engenharia; conclusão do planejamento de montagem, integração e testes para o sistema e suas partes; manual do usuário; e atualização do plano de riscos.

A Revisão Crítica de Projeto (CDR) consiste na finalização do projeto definitivo tanto em nível de sistema quanto em nível de subsistema, e acontece no final dessa fase para que a seguinte possa ser iniciada (ECSS-M-ST-10C, 2009).

2.3.2.5. Fase D - Qualificação e Produção

Essa fase tem como principais atividades a finalização completa do teste de qualificação e atividades de verificação associadas; produção, montagem e testes do *hardware* e *software* de voo e solo; e teste de interoperabilidade entre os segmentos solo e espaço.

A Revisão de Qualificação (QR) tem como objetivo mostrar que o projeto e suas margens satisfazem os requisitos e a aceitação dos desvios. A Revisão de Aceitação (AR) é o marco de aceite do sistema final e seu pacote de trabalho para a produção em série, quando aplicável. A Revisão de Operabilidade (ORR) é o ponto em que ocorre a verificação da operabilidade, tanto do segmento de voo quanto de solo (ECSS-M-ST-10C, 2009).

2.3.2.6. Fase E - Operação/Utilização

Destacam-se, nessa fase, as seguintes atividades: realizar todas as atividades necessárias para o lançamento; conduzir lançamento e operações de verificação em órbita; realizar todas as atividades de preparação do segmento solo para o suporte da missão; e finalizar o plano de descarte.

A Revisão de Prontidão de Voo (FRR) é conduzida antes do lançamento, com o objetivo de avaliar se o segmento solo e todos os outros sistemas estão prontos. A Revisão de Lançamento (LRR), em seguida, verifica a prontidão do lançador e todos os sistemas que fazem interface com ele. Logo após o lançamento ocorre a Revisão de Resultado de Comissionamento (CRR), que verifica se o sistema está pronto para entrar em serviço. Finalmente, a Revisão de Final de Vida (ELR) verifica se o sistema completou seu serviço operacional (ECSS-M-ST-10C, 2009).

2.3.2.7. Fase F - Descarte

Nessa fase há apenas uma atividade principal que é implementar o Plano de Descarte. Há, também, apenas uma fase de revisão, a Finalização da Missão (MCR), que põe em prática todas as atividades necessárias para o descarte seguro do sistema (ECSS-M-ST-10C, 2009).

2.4. Gerenciamento de Projetos

Se um projeto se caracteriza por seus objetivos, então o gerenciamento de projetos é a arte de atingir as necessidades e objetivos (MENDES, 2006) por meio do conhecimento, de habilidades, ferramentas e técnicas utilizadas para

atingir o objetivo final, que se traduz no atendimento aos requisitos dos *stakeholders* (PMBOK, 2008).

A gestão de projetos é o planejamento, a execução e o controle de um conjunto de atividades integradas para atingir o objetivo final dentro de parâmetros restritivos (KERZNER, 2010). Envolve uma série de ações, ou um conjunto de atividades coordenadas, e um conjunto de processos que, se planejados, executados e controlados com início, meio, e fim, atingirão seu objetivo. O gerenciamento de projetos pode ser usado dentro de grupos de processos bem definidos, sequenciais, ou que interagem entre si, conforme a Figura 2.6 (MENDES, 2006).

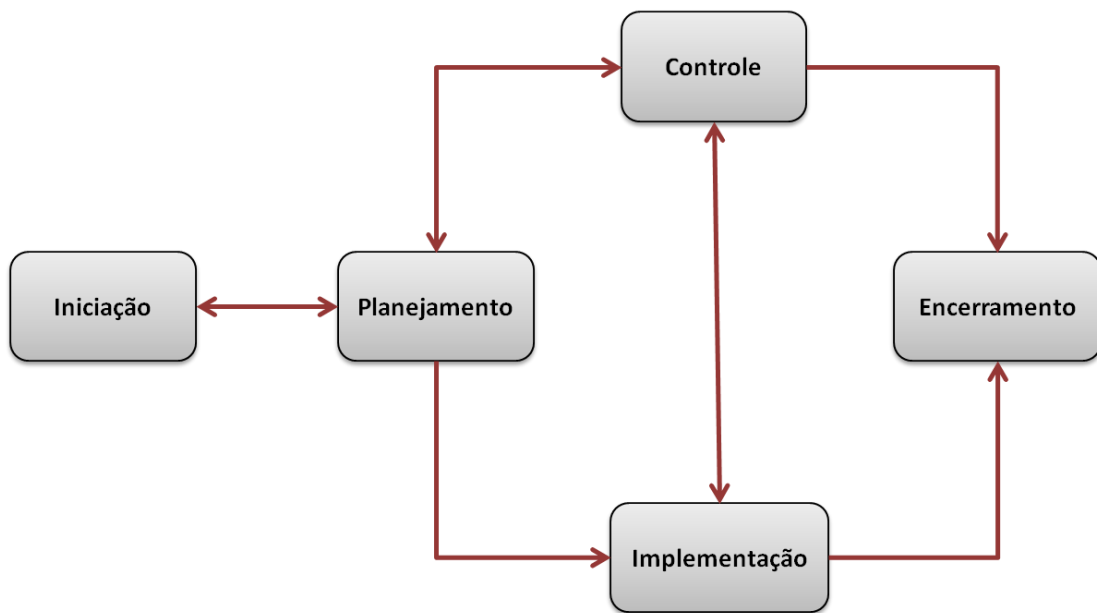


Figura 2.6 – Interação entre os grupos de processos.

Fonte: adaptada de ISO 21500 (2012).

Conforme a Figura 2.6, o gerenciamento de projetos envolve as seguintes fases:

Iniciação: inicia um projeto ou uma fase do projeto. Também define as fases, o objetivo, e autoriza o gerente a dar sequência ao projeto.

Planejamento: utilizado para desenvolver o planejamento detalhado. Deve ser suficiente para o estabelecimento de *baselines*, que serão comparados com a implementação; assim a *performance* pode ser medida e controlada.

Implementação: coloca em prática as ações do gerenciamento de projeto e auxilia na provisão dos entregáveis de acordo com os planos do projeto.

Controle: monitora, mede e controla a *performance* do projeto em relação ao que foi planejado. Conseqüentemente, ações preventivas e corretivas podem ser tomadas para que os objetivos do projeto sejam alcançados.

Encerramento: estabelece formalmente a finalização do projeto ou fase, e provê as lições aprendidas para serem analisadas e implementadas, se necessário (ISO 21500, 2012).

Os grupos de processos de gerenciamento de projetos são identificados em qualquer projeto que tenha dependências claras, e, na maioria das vezes, são executados em sequência. Não são separados ou descontínuos e interagem entre si durante todo o ciclo de vida, como pode ser visto na Figura 2.7 (PMBOK, 2008).

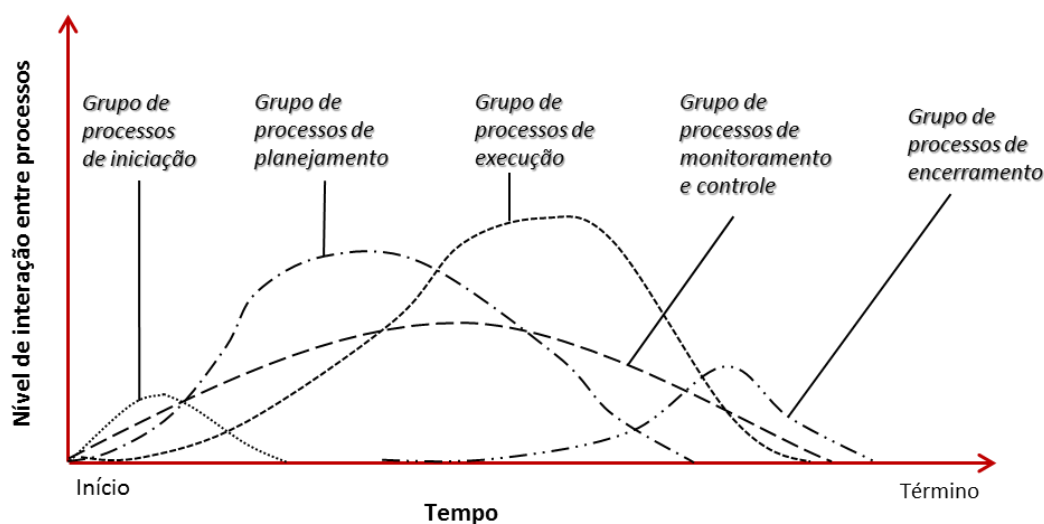


Figura 2.7 – Interação entre os grupos de processos.
Fonte: adaptada de PMBOK (2004).

Os grupos de processo podem ser também classificados em nove áreas de gerenciamento:

1ª Integração: descreve todos os processos necessários para assegurar que os elementos do projeto sejam coordenados e integrados para o seu sucesso.

2ª Escopo: descreve os processos necessários de todo o trabalho do projeto requerido, e apenas o trabalho requerido, para completá-lo de maneira bem sucedida.

3ª Tempo: descreve os processos necessários para assegurar a conclusão do projeto dentro do prazo estabelecido.

4ª Custos: descreve os processos necessários para assegurar que o projeto termine dentro do orçamento preestabelecido.

5ª Qualidade: descreve os processos necessários para que os entregáveis do projeto estejam de acordo com o solicitado pelo cliente ou contratante.

6ª Recursos humanos: descreve os processos necessários para o uso ótimo das pessoas envolvidas no projeto.

7ª Comunicações: descreve os processos necessários para assegurar que as informações do projeto sejam adequadamente capturadas e distribuídas.

8ª Riscos: descrevem os processos necessários para identificação, priorização, análise, respostas e monitoramento dos riscos.

9ª Aquisições: descreve os processos necessários para aquisição de bens e serviços de fora da organização que desenvolve o projeto (VARGAS, 2009).

2.5. Arranjo Industrial espacial nacional

A Agência Espacial Brasileira (AEB) é responsável por estabelecer e coordenar a política espacial brasileira e é o órgão central do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE), que é formado pelo conjunto dos órgãos responsáveis pela organização e execução das atividades do Programa Espacial Brasileiro (PETRONI *et al*, 2009).

A Figura 2.8 expõe a estrutura organizacional da AEB.

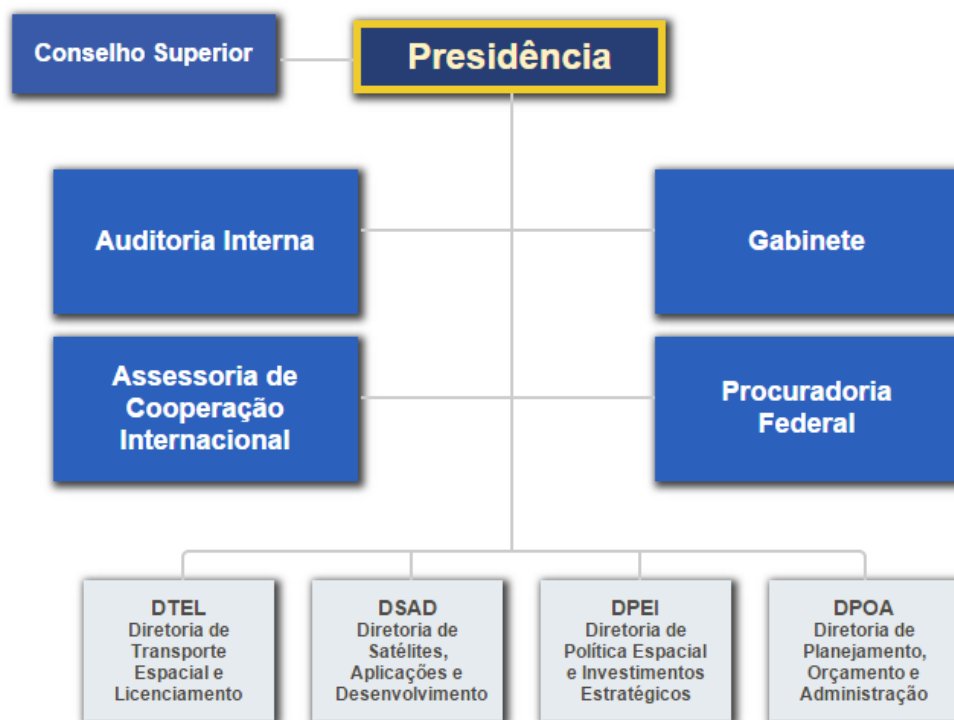


Figura 2.8 – Estrutura organizacional da AEB.
Fonte: Site AEB (2014?).

A AEB desempenha função de coordenação de atividades e projetos em em diferentes organismos que fazem parte do SINDAE, que são subordinados hierarquicamente ao Ministério da Defesa (MD), ou diretamente ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Entre os órgãos setoriais que

compõe o SINDAE destacam-se o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), do Comando da Aeronáutica (COMAER), do Ministério da Defesa (MD), que são responsáveis pelo desenvolvimento das atividades estratégicas e principais projetos do PNAE. Assim retrata a Figura 2.9.

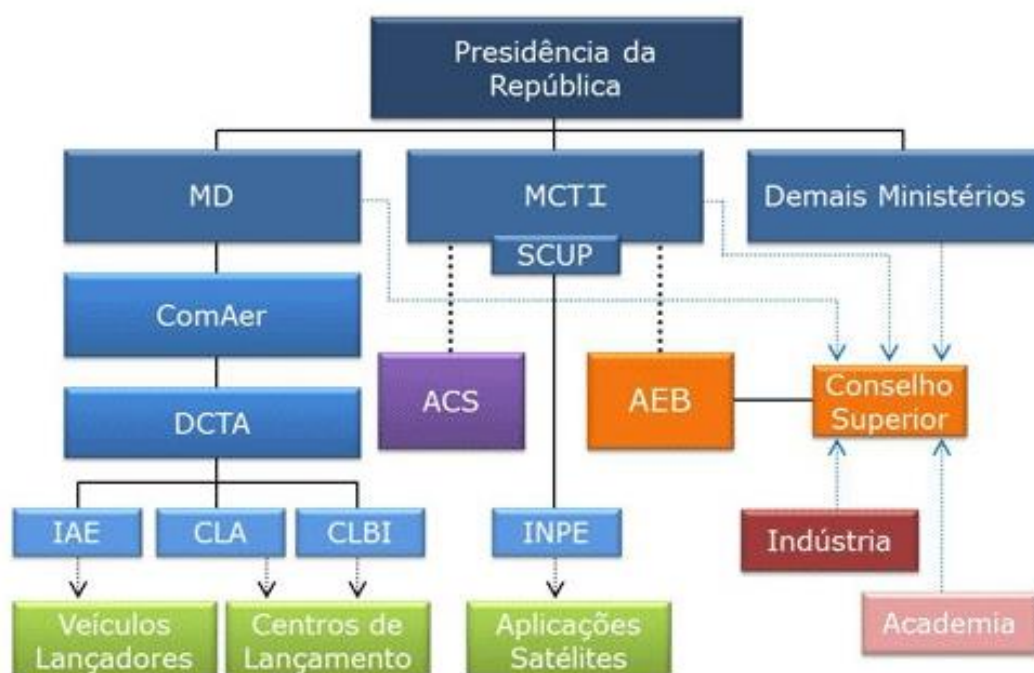


Figura 2.9 – Estrutura organizacional do SINDAE.
Fonte: Site AEB (2014?).

No que tange a sua missão, a AEB versa sobre o desenvolvimento das atividades espaciais civis, apesar da existência de uma colaboração com organizações aeroespaciais militares.

Operando ao lado da presidência da AEB há um Conselho Superior, composto por representantes de vários ministérios, tais como defesa, agricultura, comunicações, relações exteriores, indústria e comércio, desenvolvimento, educação, finanças, meio ambiente e energia. Na Composição do Conselho

Superior também há representantes da comunidade científica e dos sectores industriais interessados no programa espacial (PETRONI *et al*, 2009).

A política que guia os objetivos e as diretrizes que deverão nortear as ações do Governo brasileiro voltadas à promoção do desenvolvimento das atividades espaciais de interesse nacional é descrita na Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) cujos pontos principais são resumidos em:

- a) Estabelecimento no país competência técnica e científica na área espacial para que a nação tenha autonomia na seleção de alternativas tecnológicas para a solução de problemas brasileiros; desenvolvimento de soluções próprias para problemas específicos da sociedade; efetiva utilização das informações propiciadas pelos meios espaciais que sejam de interesse para a sociedade brasileira;
- b) Promoção do desenvolvimento de sistemas espaciais, que venham propiciar, conforme as necessidades do Brasil, a disponibilidade de serviços e informações;
- c) Adequação do setor produtivo brasileiro para participar e adquirir competitividade em mercados de bens e serviços espaciais (DECRETO N 1.332, 1994).

Para implementação dos objetivos e diretrizes da PNDAE, é concebido, em ciclos de até dez anos, um documento intitulado Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE). Em sua versão mais recente, são apresentadas as seguintes diretrizes estratégicas (PNAE 2012-2021):

- Fortalecer a indústria espacial brasileira, ascendendo sua capacidade de inovação e ampliando sua competitividade, também pelo poder de compra do Estado e de parcerias.
- Aumentar as parcerias com outros países para desenvolvimento de projetos tecnológicos e industriais.

- Estimular, por meio de parcerias públicas e/ou privadas, o financiamento dos programas.
- Desenvolver tecnologias críticas com maior participação das instituições governamentais (C&T), academia e indústria.
- Criar um Conselho Nacional de Política Espacial ligado diretamente à Presidência da República, provendo a integração dos sistemas de governança das atividades espaciais no País.
- Aprimorar a legislação, agilizando o processo de compras do governo e dinamizando as atividades espaciais.
- Suportar a formação de mão de obra, isto é, os recursos humanos, tanto no País como no exterior.
- Conscientizar a opinião pública sobre a relevância do desenvolvimento do setor espacial brasileiro.

O PNAE é responsável por guiar as estratégias para o desenvolvimento do programa espacial brasileiro, buscando alcançar a soberania nacional nesse setor.

A Tabela 2.2 mostra as ações recentes do PNAE nas missões nacionais de satélites.

Tabela 2.2 – Ações do PNAE para satélites.

Projeto	Características
CBERS-3&4	Satélites de sensoriamento remoto de média resolução, dotados de cargas úteis ópticas, operando no espectro visível e infravermelho, com resoluções na faixa de 5 a 70 metros.
Série Amazônia (Amazônia 1, 1B e 2)	Satélites de sensoriamento remoto de média resolução, dotados de cargas úteis ópticas, operando no espectro visível, com resolução da ordem de 40 metros.
Lattes	Satélite científico com a missão de realizar: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoramento da região equatorial da atmosfera terrestre para apoiar estudos dos fenômenos que ocorrem na atmosfera e sua relação com o clima espacial e a meteorologia. ▪ Pesquisa em astronomia, destinada a monitorar e coletar imagens de uma região do céu muito rica em fontes emissoras de raios X.
Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicação Estratégicas (SGDC) (SGDC 1 e 2)	Satélite na posição orbital de 75° W e vida útil de 15 anos para telecomunicações estratégicas e de defesa em banda-X, com cobertura regional (Brasil), América Latina e Oceano Atlântico, utilizando cinco <i>transponders</i> . Telecomunicações em banda-Ka para apoio ao Programa Nacional de Banda Larga, com atendimento de todo o território nacional, incluindo as 200 milhas náuticas do mar territorial.
Satélite Radar de Abertura Sintética (SAR)	Satélite de sensoriamento remoto de média resolução, dotado de imageador, radar de abertura sintética, operando em vários modos, com múltiplas resoluções na faixa de 5 a 30 metros.
SABIA-Mar	Satélite de sensoriamento remoto, dotado de cargas úteis ópticas, operando no espectro visível e infravermelho, com resoluções na faixa de 200 metros a 2.200 km.
Satélite Meteorológico GEOMET-1	—

Fonte: PNAE (2012, p.21 a 27).

Ao papel da AEB compete (PNAE 2005-2014):

- a) Executar e fazer executar a PNDAE, bem como ações dela decorrentes;
- b) Elaborar e atualizar o PNAE e as respectivas propostas orçamentárias;
- c) Promover o relacionamento com outras instituições no País e no exterior;
- d) Incentivar a participação de universidades e outras instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento nas atividades de interesse da área espacial;
- e) Estimular a participação da iniciativa privada nas atividades espaciais;
- f) Identificar as possibilidades comerciais de utilização das tecnologias e aplicações espaciais, visando a estimular iniciativas empresariais na prestação de serviços e produção de bens;
- g) Expedir licenças e estabelecer normas relativas às atividades espaciais;
- h) Aplicar as normas de qualidade e produtividade nas atividades espaciais.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), ambos localizados na cidade de São José dos Campos – SP, são os principais órgãos executores do PNAE. Na mesma cidade é onde se localiza grande parte das empresas contratadas pelos órgãos executores para o desenvolvimento dos projetos de satélites conduzidos pelo INPE ou foguetes realizados pelo IAE - DCTA (OLIVEIRA, 2014).

São empresas de pequeno e médio porte que fazem o papel de subcontratadas, fornecendo subsistemas aos programas de satélites nacionais, são elas: Aeroeletrônica, AKAER, Atech, Betatelecom, Cenic, Compsis, Embraer, Equatorial, Fibraforte, Mectron, Neuron, Omnisys, Opto Eletrônica, Orbital.

A Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) concebida nos idos dos anos 80 deu o empuxo necessário para o desenvolvimento do programa espacial brasileiro, tal como anos mais tarde para o florescimento da indústria nacional,

para o fornecimento de subsistemas e equipamentos aos projetos satelitais brasileiros (OLIVEIRA, 2014).

Segundo Kono (2014) o objetivo do programa espacial brasileiro sempre foi fortalecer a indústria nacional. Conforme relata Quintino (2014), no começo do programa espacial a AEB não existia e coube ao INPE todo o desenvolvimento do primeiro satélite brasileiro o SCD-1. Houve assessoria técnica da empresa Aeroespaciale (1985), entretanto o INPE concebeu o projeto em nível de sistema, subsistemas e equipamentos, utilizando do conhecimento adquirido em cursos de pós-graduação e estágios técnicos de absorção de tecnologia realizado por alguns engenheiros do INPE no exterior, mais especificamente na SPAR Aerospace na primeira geração do BrasilSat A1 e A2, no CNES, Aerospatiale na França e ESTEC na Holanda.

Os subsistemas foram fabricados no próprio Instituto e partes menos complexas contratadas na indústria nacional, já os equipamentos sem grau de maturidade tecnológica nacional, que incorriam em um alto risco de desenvolvimento, foram adquiridos em outros países.

Kono (2014) completa que o objetivo era conceber a tecnologia no Brasil e depois passar para a indústria. As primeiras missões foram desenvolvidas pelo INPE, pois era impraticável transferi-las para a indústria pela sua falta de maturidade, cenário que foi se alterando com o decorrer dos programas espaciais.

Kono (2014) exemplifica que no SCD-2 e 2A o transponder foi comprado na NEC do Japão, todavia em paralelo um modelo de engenharia (ME) foi desenvolvido pela equipe brasileira e depois transferido para indústria para fabricação do modelo de qualificação (QM) e voo (FM).

Ele complementa alegando que sempre ocorreram tentativas de desenvolvimento de pequenas partes do satélite em paralelo na indústria brasileira, e cita um outro exemplo, o dos painéis solares, que foram desenvolvidos no Brasil através de três empresas contratadas para sua

fabricação. Quintino (2014) enfatiza que esse processo chamado por ele de nucleação tecnológica é constantemente adotado nos Estados Unidos (EUA) para contratos de alto risco tecnológico, no qual empresas desenvolvem o mesmo produto até um determinado nível de maturidade e então a melhor solução é escolhida para a fabricação, abordagem que a legislação atual brasileira não permite. Ele lembra que nem mesmo a Lei da Inovação, que flexibiliza o desenvolvimento de tecnologia com alto grau de incerteza, permite a contratação de várias empresas para um desenvolvimento, em paralelo de um mesmo objeto.

Depois dos satélites SCDs um enfoque diferente foi adotado, no qual o INPE definia a solução em nível de sistema e contratava as empresas nacionais para o desenvolvimento e a fabricação dos subsistemas. Pode-se citar como exemplo, o programa CBERS.

Kono (2014) afirma que um ponto relevante é a questão do Contratante Principal e relata que o caso da empresa ESCA, que à época ganhou a maioria das concorrências de subsistemas existentes no Programa CBERS-1&2 (China-Brazil Earth Resources Satellite, Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), mas que não foi contratada como integradora, sendo o INPE responsável pela integração do sistema.

Quintino (2014) completa que houve uma tentativa de arranjo industrial com o uso de um Contratante Principal e isso ocorreu no programa da Plataforma Multi-Missão (PMM), mas por problemas jurídicos essa disposição não foi viável.

Dessa forma, Quintino (2014) alega que nunca houve um Contratante Principal privado como integrador e que o programa SGDC é primeiro programa brasileiro a adotar esse arranjo. Kono (2014) complementa relatando que na época foi ponderado a ideia de um semintegrador para o desenvolvimento e fabricação de um grupo de subsistemas através de um consórcio nacional, mas que eles não representavam todo o sistema, por esse motivo o INPE continuou

a exercer o papel de Contratante Principal. Todas essas ações foram tomadas com o objetivo de desenvolver a indústria do país.

Para finalizar, Quintino (2014) afirma que era diretriz do INPE a transferência de suas atividades para o setor primário. Nesse cenário o INPE sempre se preocupou com a vanguarda do domínio de novas tecnologias e o que não fosse interessante ou viável para a empresa privada, pelo alto risco inerente a esse tipo de projeto. O objetivo era dominar esse tipo de tecnologia e depois passar à indústria, mas devido ao esvaziamento do quadro de recursos do instituto, torna-se inviável pensar em um arranjo em que o INPE faria todo o processo de desenvolvimento e fabricação, como foi feito para o SCD-1.

Sendo assim, é fundamental agregar a capacidade do setor produtivo e também criar um sistema legal que facilite tudo isso. Kono (2014) finda dizendo que vários estudos feitos pelo INPE concluem que o melhor caminho para o programa espacial do país seria ter um Contratante Principal privado, e cita o exemplo de um cenário hipotético em que o INPE desenvolveria todos os satélites nacionais, e conclui que não há essa capacidade de recursos humanos e materiais no instituto nos dias atuais, e que para que isso acontecesse seria necessário multiplicar a equipe de engenharia do ICT por um fator de cinco.

Os principais programas desenvolvidos pelo INPE e o arranjo das aquisições industriais são descritos a seguir.

2.5.1. SCD-1&2

Em 1979, foi aprovada pelo governo federal a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Consistia no projeto e desenvolvimento de quatro satélites, de um veículo lançador e de uma base de lançamentos. Coube ao INPE a responsabilidade pelo desenvolvimento dos satélites, sendo dois de coleta de dados (os da série SCD) e dois de sensoriamento remoto, bem como pela infraestrutura de solo para sua operação em órbita (INPE, 2014?).

A missão do SCD-1 e SCD-2 consiste, basicamente, em retransmitir, em direção às estações receptoras (estações de rastreamento de Cuiabá e Alcântara, no caso), os dados obtidos por uma rede de Plataformas Automáticas de Coleta de Dados Ambientais (PCD), para fornecer ao país dados ambientais diários coletados nas diferentes regiões do território nacional (INPE, 2014?).

Na estratégia de desenvolvimento, a participação da indústria nacional nestes projetos, foi de 10% no SCD-1 e 20% no SCD-2 (OLIVEIRA, 2014 apud FILHO, 2000; NORONHA, 2010). A Tabela 2.3 resume o arranjo das contratações.

Tabela 2.3 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites SCD-1&2.

Equipamentos/Subsistemas	Estratégia de Desenvolvimento SCD-1	Estratégia de Desenvolvimento SCD-2
Estrutura mecânica.	Projeto do INPE, fabricação na Embraer e montagem no INPE.	Projeto do INPE, fabricação na Embraer e montagem no INPE.
Subsistema Suprimento de Energia: PCU, PDU, Bateria de níquel-cádmio e Conversor DC/DC.	Feitos pelo INPE, utilizando partes adquiridas no exterior e partes desenvolvidas no INPE.	Feitos pelo INPE, utilizando partes adquiridas no exterior e partes desenvolvidas no INPE.
Painel Solar (8 painéis laterais e um superior).	Parte mecânica feita pela Embraer (própria estrutura) foi enviada à Alemanha para colagem das células solares.	SCAs e módulos (faixas de células em série) comprados da Alemanha e Digicon fez a colagem (<i>laydown</i>) das células nos painéis.
Controle de atitude por rotação (bobina magnética, sensores solares, amortecedores e magnetômetro).	Sensor solar digital desenvolvido na USP, bobina e amortecedores feitos pelo INPE. Magnetômetro adquirido no exterior. Montagem e testes no INPE.	Sensor solar digital desenvolvido na USP, bobina e amortecedores feitos pelo INPE. Magnetômetro adquirido no exterior. Montagem e testes no INPE.
Sistema de Supervisão de Bordo (dois computadores, UPC e UPD/C).	Caixas, placas e montagens feitas no INPE. Comprado no exterior os componentes eletrônicos.	Caixas, placas e montagens feitas no INPE. Comprado no exterior os componentes eletrônicos.
Subsistema de TT&C (codificador de telemetrias; decodificador de telecomandos, dois transponders banda S; duas antenas).	Subsistema comprado no exterior da empresa NEC, japonesa.	Feito no INPE até ME. MQ e MV fabricados na Tecnasa .

Continua

Controle térmico passivo.	Projeto, execução e testes no INPE.	Projeto, execução e testes: INPE.
Carga útil: Transponder de Coleta de Dados (transponder PCD), antenas em UHF.	Feito totalmente no INPE.	Transponder feito no INPE até ME, MQ e MV fabricados na Tecnasa. Antenas totalmente feitas no INPE.
Experimentos.	Experimento de células solares inteiramente desenvolvido no Brasil (INPE/USP) visando dominar a tecnologia de fabricação de células de silício no país.	Experimento de células solares, feito pelo INPE em parceria com a USP, e experimento de roda de reação, feito inteiramente pelo INPE.

Fonte: A política de compras do programa espacial brasileiro como instrumento de capacitação industrial (2014, p.130).

Tabela 2.3 – Conclusão

2.5.2. CBERS-1&2

Devido a vasta extensão territorial de ambos, Brasil (INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e China (CAST - China Academy Space Technology) firmaram, em 1988, um acordo de cooperação para o desenvolvimento de satélites de sensoriamento remoto com o objetivo de monitorar a agricultura, desmatamento e meio ambiente, crescimento do perímetro urbano e tudo que tange as transformações naturais e causadas pelo homem.

A princípio, o acordo abrangia dois satélites; CBERS-1 e CBERS-2, porém dado ao sucesso dos lançamentos e ao devido funcionamento dos satélites, a parceria foi prorrogada pelos dois governos e contou com a inclusão de mais três satélites de sensoriamento remoto: CBERS-2B, CBERS-3 e CBERS-4.

Atualmente, mais de 70.000 usuários (Instituições do meio ambiente) acessam gratuitamente cerca de 700 imagens diárias distribuídas pelo INPE. Essas imagens auxiliam consideravelmente o melhoramento da responsabilidade ambiental (INPE, 2014?).

CBERS-1 (1999): É composto pelo módulo de carga útil e módulo de serviço. O módulo carga útil acomoda o CCD (Câmera imageadora de alta resolução), o IRMSS (Imageador de alta varredura de média resolução), o WFI (Câmera imageadora de amplo campo de visada) e o repetidor para o sistema brasileiro de coleta de dados ambientais. Já o módulo de serviço comporta os equipamentos responsáveis pelos controles, telecomunicações, suprimento de energia e todas as demais funções necessárias para o bom funcionamento do satélite.

CBERS-2 (2003): Tratando-se de sua fabricação técnica e missão espacial, o CBERS-1 e CBERS-2 são idênticos. O CBERS-2 entrou em órbita para dar continuidade a coleta de imagens de sensoriamento remoto (INPE, 2014?).

As responsabilidades para cada subsistema são mostradas na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Subsistemas brasileiros e chineses dos CBERS-1&2.

Módulo de Serviço	Estrutura	Brasil
	Controle Térmico	China
	Controle de Órbita e Atitude	China
	Suprimento de Energia	Brasil
	Supervisão de Bordo	China
	Telecomunicações de Serviço	Brasil/China
Módulo de Carga Útil	Câmera CCD	China
	Câmera IRMSS (CBERS-1 e 2) e HRC (CBERS-2B)	China
	Câmera WFI	Brasil
	Transmissor de Dados Imagem	China
	Repetidor do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais	Brasil
	Monitor de Ambiente Espacial	China

Fonte: A política de compras do programa espacial brasileiro como instrumento de capacitação industrial (2014, p.136).

Segundo Furtado & Costa Filho (2002), a participação industrial nacional no desenvolvimento dos satélites CBERS-1&2 foi de 29% dos 100% da parte brasileira, que era 30% do total do satélite (OLIVEIRA, 2014 *apud* FURTADO; FILHO, 2002). Esse arranjo industrial é descrito na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites CBERS-1&2.

Equipamentos/Subsistemas	Empresas que participaram do desenvolvimento efetivo do equipamento/subsistema	Estratégia de desenvolvimento
Estrutura	Akros/ Compsis/ Leg – com o desinteresse da Embraer em participar do projeto e depois de muitas tentativas com diversas empresas, o subsistema foi quase todo subcontratado com a China.	A China desenvolveu o projeto técnico, e forneceu: mecanismo de acoplamento no Veículo Lançador; cilindro de carbono; liga de materiais compostos. Painéis sanduiche contratados nos EUA. O Brasil montou e ensaiou os modelos estrutural, MQ e MV.
Suprimento de energia	Neuron/ Aeroeletrônica/ Mcomm/ Digicon/ Equatorial/ Asacell/ Compsis	A China forneceu as células solares e baterias, os mecanismos e estrutura do painel e o INPE contratou os SCAs da Alemanha. A Digicon montou as células no painel. Outras empresas atuaram nos equipamentos eletrônicos do subsistema: shunt/ BDR/ conversores.
TT&C	Antenas – Neuron e Fibraforte Transponder Banda S – Neuron, Tecnasa, Betatelecom	Projeto completo da Neuron. Fabricação do transponder pela Tectelcom, com subcontratação da Neuron. Antenas projetadas pela Neuron e fabricadas pela Tecnasa e Fibraforte. Betatelecom efetuou testes.
Câmera WFI	Micromax/ Mectron/ Neuron/ Equatorial	Subsistema composto de três equipamentos: OEB – módulo óptico, SPE – eletrônica e MOD – modulador. A Micromax especificou a compra da óptica completa nos EUA e integrou os módulos ópticos adquiridos com a eletrônica de proximidade e estrutura mecânica que desenvolveu,

		compondo o OEB. A Mectron fez o SPE e a Neuron, o MOD. Com a falência da ESCA, a Equatorial foi contratada para integrar os três equipamentos e atuar nos testes de qualificação.
Subsistema DCS	Antenas – Neuron e Fibraforte Diplexer – Neuron Transponder e Transmissor - Neuron	Utilizou projeto antigo do SCD, com pequenas modificações projetadas pela Elebra para acrescentar um transmissor de UHF.
RTUs, de subsistema chinês	Elebra/ Microeletrônica	Projeto chinês, com fabricação da Elebra. Microeletrônica fabricou PCBs.
CTUs, de subsistema chinês	Elebra/ Microeletrônica	Projeto chinês, com fabricação da Elebra. Microeletrônica fabricou PCBs
SSPAs, de subsistema chinês	Neuron	Projeto chinês, com fabricação pela Neuron
AOCC, de subsistema chinês	Elebra/ Microeletrônica	Projeto chinês, com fabricação da Elebra. Microeletrônica fabricou PCBs

Fonte: A política de compras do programa espacial brasileiro como instrumento de capacitação industrial (2014, p.140).

Tabela 2.5 – Conclusão

2.5.3. CBERS-3&4

Passados três anos do lançamento bem sucedido do CBERS-1, Brasil e China assinaram um novo acordo de cooperação dando continuidade ao programa através do desenvolvimento e fabricação do CBERS-3&4. Para esta nova geração de satélites, a responsabilidade brasileira foi ampliada para 50%.

Em razão do aumento de maturidade adquirida na indústria nacional, para o CBERS-3&4 esse montante foi de cerca de 62% dos 50% já citados. A Tabela 2.6 resume os subsistemas a cargo da indústria nacional (OLIVEIRA, 2014).

Tabela 2.6 – Subsistemas a cargo da indústria nacional.

Subsistema	Contratos firmados com a Indústria Nacional
Estrutura	Estrutura dos satélites – Consórcio CFF – Cenic/ Fibraforte.
Controle de Órbita e Atitude	AOCC – Computador do Subsistema de Controle de Atitude e Órbita - Omnisys
Suprimento de Energia	EPSS – Suprimento de Energia – Aeroeletrônica. Geradores Solares – Orbital. Estrutura para os Geradores Solares pro CBERS 4 (a estrutura do painel do CBERS-3 foi fornecida pela China) – Cenic.
Supervisão de Bordo	OBDH – <i>On Board Data Handling Computer</i> - Omnisys
Gravador Digital de Dados	DDR – <i>Digital Data Recorder</i> – Mectron
Telecomunicações de Serviço	TTCS – <i>Telecommand and Telemetry Control Subsystem</i> – Consórcio TTCS – Mectron, Neuron e Betatelecom. Antena dos subsistemas DCS e TTCS – Omnisys/ Neuron.
Câmera MUX	Câmera MUX – Opto Eletrônica.
Câmera WFI	Câmera WFI – Equatorial/ Opto Eletrônica.
Transmissor de Dados das câmeras MUX e WFI	MWT – <i>MUX e WFI Transmitter</i> – Omnisys/ Neuron. Antena do subsistema MWT – Omnisys/ Neuron.
Sistema de Coleta de Dados	DCS – <i>Data Collection Subsystem</i> – Omnisys/ Neuron.

Fonte: Adaptada de A política de compras do programa espacial brasileiro como instrumento de capacitação industrial (2014, p.145).

É importante ressaltar que, se nos primeiros satélites concebidos no país o INPE tinha responsabilidade de desenvolvimento e a indústria só fabricava, no caso dos CBERS-3&4 os subsistemas foram concebidos e fabricados pela indústria nacional (OLIVEIRA, 2014).

2.6. Arranjo industrial espacial internacional

No modelo internacional é usual a presença de um Contratante Principal (também chamado de integrador), o qual tem o papel de fornecedor de primeiro nível, sendo o líder da cadeia fornecedora. Ele recebe os requisitos em nível de sistema, derivando assim, esses em cascata até uma solução final visando atender às necessidades dos usuários. A Figura 2.10 exemplifica essa disposição.

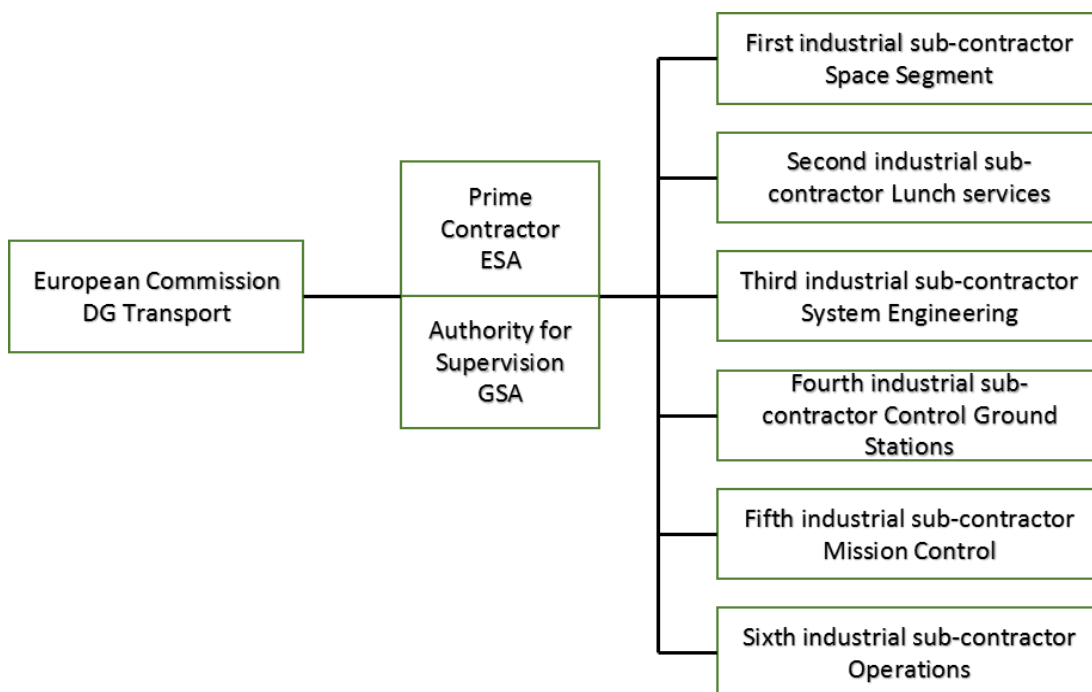


Figura 2.10 – Organização industrial do projeto Galileo.

Fonte: adaptada de Space Program Management Methods and Tools (2013, p.118).

De maneira resumida, o Contratante Principal é uma indústria ou um consórcio de indústrias que recebem do cliente, sendo este uma agência espacial, um órgão de governo, ou mesmo uma empresa pública ou privada, o contrato de desenvolvimento do projeto e tem a incumbência de reunir a equipe do para desenvolvê-lo. A Figura 2.11 detalha os principais atores dessa cadeia.

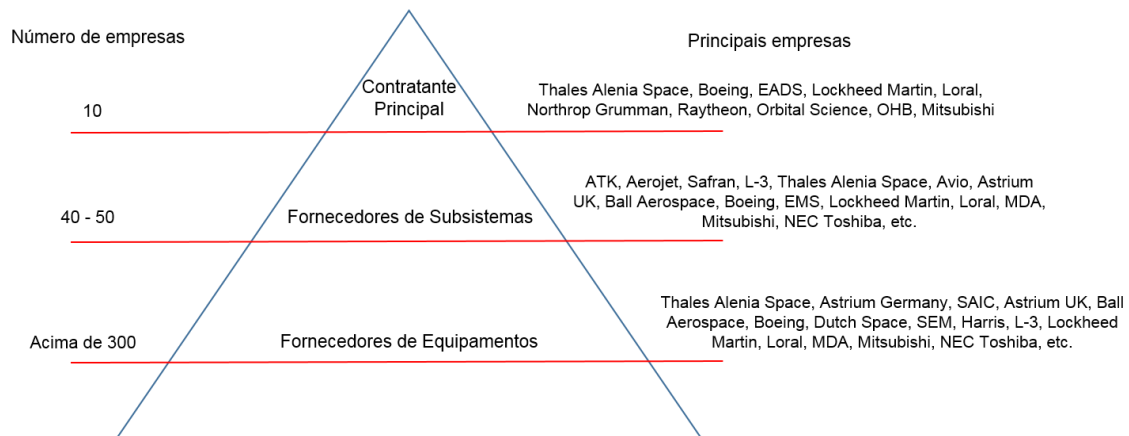


Figura 2.11 – Pirâmide industrial no setor espacial de manufatura.

Fonte: adaptada de Space Program Management Methods and Tools (2013, p.48).

Essa disposição pode acontecer com a agência espacial contratando a empresa integradora tanto para desenvolver ou subcontratar toda a missão, incluindo aí os segmentos satélite, solo, aplicação e seu lançamento, quanto para ser apenas responsável pelo segmento satélite e a agência pela integração da missão como um todo.

Os atores que interagem durante o ciclo de vida do programa são:

- Cliente: no nível mais geral, o cliente define os requisitos em termos de objetivos estratégicos e especificações. O cliente pode, portanto, ser uma agência governamental ou empresa privada, uma organização nacional ou internacional.
- Agente: frequentemente o cliente, mas se ele não tiver a totalidade ou parte das competências necessárias para a gestão do programa, estas poderiam ser atribuída a um agente, um órgão de administração ou empresa privada, que cuida das interfaces com fornecedores.
- Arquiteto industrial: pode ser uma indústria ou uma agência governamental. Por causa de sua reconhecida competência, ele é chamado pelo cliente ou o agente para definir a arquitetura da missão, coordenar várias atividades e acompanhar o desenvolvimento e/ou produção (por exemplo, no caso da ESA para o programa Galileo, ou

especialmente no caso de a agência francesa CNES para os lançadores Ariane, como definido na Figura 2.10).

- Integrador Principal: uma indústria ou um consórcio de indústrias que recebem os requisitos do programa e o desenvolve com ajuda da equipe do projeto.
- Fornecedores: indústrias que recebem contratos do Contratante Principal para fornecer equipamentos e subsistemas (SPAGNULO *et al*, 2013).

2.7. Technology Readiness Level (TRL)

A avaliação precisa de novas tecnologias é uma parte importante para o desenvolvimento de um projeto complexo, principalmente para se constituir o seu início, escopo, custos e cronograma com um maior nível de confiança. Nesse processo de comparação de tecnologias, se estabelece o conceito do indicador *Technology Readiness Level* (TRL).

O TRL é um conjunto de métricas de gestão que viabiliza a comparação da maturidade entre diferentes tipos de tecnologias no contexto de uma solução específica de sistema e seu ambiente operacional (ESA, 2008).

O TRL é amplamente adotado pela NASA e pelo Departamento de Defesa americano (DOD). Ele foi introduzido pela NASA na década de 1980 para avaliar a maturidade de uma determinada tecnologia antes de sua implementação em um sistema de nível mais alto.

A baixa incerteza tecnológica é frequentemente associada de forma qualitativa ao risco do cronograma. Quanto mais complexo o sistema, menor a probabilidade de que o seu desenvolvimento possa permanecer dentro do cronograma (DUBOS *et al*, 2008).

Nessa situação, quanto menor o valor de TRL mais imatura se encontra a tecnologia e, quanto maior, mais madura. A Tabela 2.7 resume a aplicação dessa metodologia.

Tabela 2.7 – Technology Readiness Level.

Nível de Prontidão	Definição	Explicação
TRL 1	Princípios básicos observados e publicados.	O mais baixo nível de prontidão tecnológica. A investigação científica começa a ser traduzida em aplicação e desenvolvimento.
TRL 2	Conceito de tecnologia e/ou aplicação formulado.	Uma vez que os princípios básicos são observados, aplicações práticas podem ser testadas. A aplicação é especulativa e pode ser não provada.
TRL 3	Função crítica analítica e experimental e/ou características de prova de conceito.	Pesquisa e desenvolvimento são iniciados, inclui estudos analíticos ou de laboratório para validação das previsões feitas sobre a tecnologia.
TRL 4	Validação de componente e/ou <i>breadboard</i> em ambiente de laboratório.	Componentes tecnológicos são integrados para verificação de funcionamento.
TRL 5	Componente e/ou <i>breadboard</i> em ambiente relevante.	Os componentes tecnológicos básicos são integrados com os elementos de suporte realistas de modo que possam ser testados em um ambiente simulado.
TRL 6	Modelo de sistema/subsistema ou protótipo em um ambiente relevante (solo ou espaço).	Um modelo de sistema ou protótipo representativo é testado num ambiente relevante.
TRL 7	Demonstração do protótipo do sistema em um ambiente espacial.	Um protótipo de sistema que está próximo do sistema operacional planejado.
TRL 8	Sistema concluído e qualificado para voo a partir de teste e demonstração (solo ou no espaço).	O sistema e sua tecnologia são comprovados para o trabalho em sua forma final e em condições esperadas.
TRL 9	Sistema comprovado em voo em missão bem sucedida.	O sistema incorpora a nova tecnologia em sua forma final que foi utilizado em condições reais de missão.

Fonte: adaptada de ESA Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications (2008, p.3).

Nesse contexto tecnologias com baixo grau de maturidade oferecem riscos de prazo, custo e performance para serem integradas a um sistema. Para mitigar esses riscos é desejável que elas evoluam até o nível de TRL 4 conforme Tabela 2.7. A partir desse ponto, fica mais fácil prever o tempo necessário para continuar seu desenvolvimento até modelos de voo, estimar o custo desse processo e garantir seu desempenho final. A Tabela 2.8 demonstra o TRL em relação aos riscos (DUBOS *et al*, 2008).

Tabela 2.8 – Riscos de desenvolvimento.

TRL	Risco
1 - 2	Alto
3 - 5	Moderado
6 - 9	Baixo

Fonte: adaptada pelo autor de *Technology Module: Technology Readiness Levels (TRLs)* (2008).

2.8. Lei de Licitações

A Lei de Licitações e Contratos (Lei nº 8666/93) da administração pública é um importante instrumento de consolidação do regime democrático brasileiro. Ela assegura a todos os interessados liberdade de participação igualitária em processos destinados a selecionar bens e serviços para a administração pública.

A Lei de Licitações afasta favorecimentos ilegítimos, em prejuízo de interesses públicos, e confere maior racionalidade e qualidade aos gastos públicos. Toda vez que a administração pública convoca interessados em fornecer bens e serviços, impõe-se a obrigatoriedade de aplicação da Lei de Licitações, visando selecionar, de forma igualitária e transparente, a proposta mais vantajosa para atender as necessidades do setor público.

Pela licitação, os princípios constitucionais da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência, que são impositivos para a administração pública, ganham concretude, inibindo desvios criminosos de recursos públicos e assegurando o atendimento adequado do cliente primordial do Estado, que é o cidadão-contribuinte (Câmara dos Deputados, 2012; p.07).

Esta Lei estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços, inclusive de publicidade, compras, alienações e

locações no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

Subordinam-se ao regime desta Lei, além dos órgãos da administração direta, os fundos especiais, as autarquias, as fundações públicas, as empresas públicas, as sociedades de economia mista e demais entidades controladas direta ou indiretamente pela União, Estados, Distrito Federal e as obras, serviços, inclusive de publicidade, compras, alienações, concessões, permissões e locações da Administração Pública (JusBrasil, 2014?).

São modalidades de licitação (JusBrasil, 2014?):

- a) Concorrência - é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados que, na fase inicial de habilitação preliminar, comprovem possuir os requisitos mínimos de qualificação exigidos no edital para execução de seu objeto.
- b) Tomada de Preços - é a modalidade de licitação entre interessados devidamente cadastrados ou que atenderem a todas as condições exigidas para cadastramento até o terceiro dia anterior à data do recebimento das propostas, observada a necessária qualificação.
- c) Convite - é a modalidade de licitação entre interessados do ramo pertinente ao seu objeto, cadastrados ou não, escolhidos e convidados em número mínimo de 3 (três).
- d) Concurso - é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para escolha de trabalho técnico, científico ou artístico, mediante a instituição de prêmios ou remuneração aos vencedores, conforme critérios constantes de edital publicado na imprensa oficial.
- e) Leilão - é a modalidade de licitação entre quaisquer interessados para a venda de bens móveis inservíveis para a administração ou de produtos legalmente apreendidos ou penhorados, ou para a alienação de bens imóveis prevista no art. 19, a quem oferecer o maior lance, igual ou superior ao valor da avaliação.

Quanto aos critérios de julgamento podem ser divididos em (JusBrasil, 2014?):

- a) Preço;
- b) Melhor Técnica;
- c) Técnica e Preço; e
- d) Maior Lance ou Oferta

3 ANÁLISE

Como já citado na seção 2.1, o motivo de maior relevância para o Programa Espacial Brasileiro é o seu caráter estratégico, mas após 50 anos, desde seu início, vários dos objetivos originais ainda não foram atingidos. Neste capítulo abordam-se os principais fatores que levaram ao não cumprimento das metas estabelecidas para o Programa, já explorados em uma vasta literatura sobre o assunto.

O INPE é usado como exemplo de ICT e serve de base para as análises feitas nesse trabalho, mas isso não significa que o exame não possa ser expandido para um universo maior de outras organizações de C&T. De fato, os principais problemas descritos acometem a grande maioria das instituições públicas responsáveis pelo programa espacial nacional.

As diretrizes e os objetivos que guiam as ações do governo brasileiro são definidos no Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) descritas no Capítulo 2.

Apesar do esforço das organizações públicas e privadas (indústria) empenhadas no desenvolvimento desses sistemas, a implementação dos programas estabelecidos no PNAE apresenta uma série de dificuldades, como a falta de investimentos; uma legislação inadequada, principalmente para contratações; deficiências de capacitação, além da dificuldade de retenção de recursos humanos. É importante ressaltar que esses três pontos estão em conexão, como uma cadeia: quando um ponto é ineficiente, conseqüentemente o outro perde em qualidade.

3.1. Dificuldades trazidas pela falta de investimento

Para aproveitar todo o conhecimento tecnológico e o crescimento econômico que a área aeroespacial pode trazer são necessários investimentos por parte do setor público. O retorno desses investimentos ocorre no aprimoramento dos

métodos e processos industriais; na autonomia tecnológica; nos *spin-offs* para produtos de consumo; em equipamentos; e na área médica, entre outros.

Para medir se os valores investidos são suficientes, a comparação com outros países é inevitável, principalmente com aqueles hoje denominados BRICS. A Figura 3.1 mostra os valores anuais investidos por esses países.

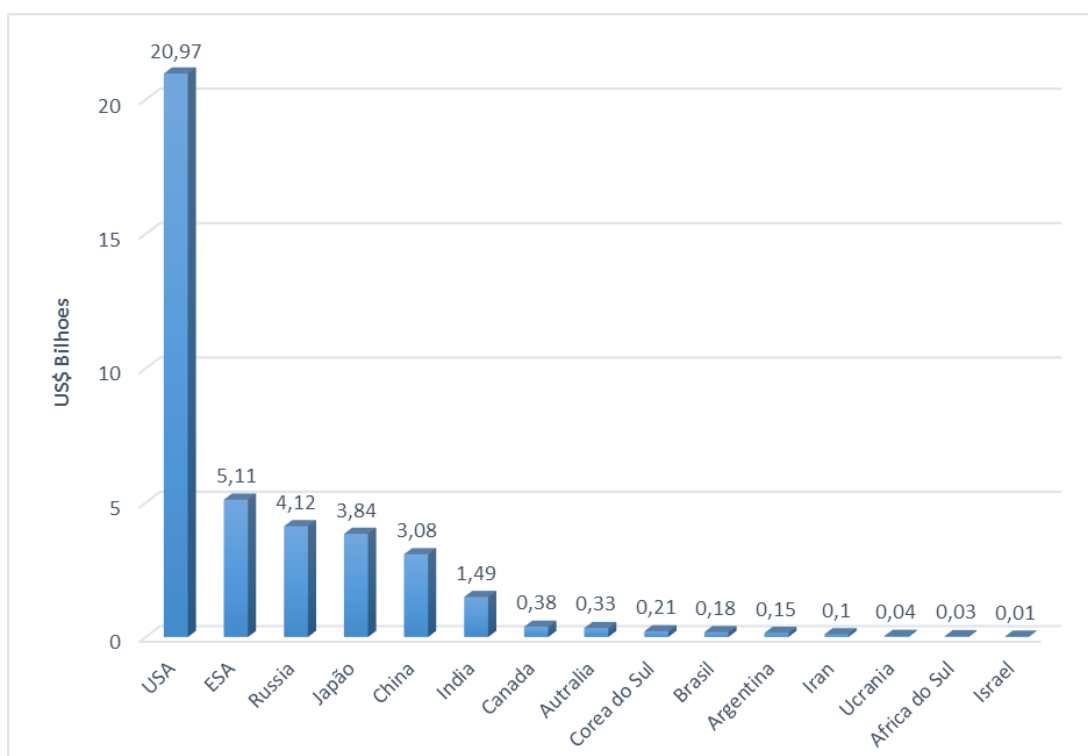


Figura 3.1 – Valores de investimento na área aeroespacial no ano de 2011.

Fonte: adaptada de The Space Report (2011).

Na comparação entre o investimento do Brasil e de seus pares, particularmente China, Rússia e Índia, fica evidente que o País está longe de atingir suas metas ou um plano espacial robusto. Os investimentos feitos pelo PNAE são insuficientes para atingir os objetivos instituídos pelo próprio Programa, como demonstra a Figura 3.2, que apresenta a evolução do orçamento governamental desde os anos 80.

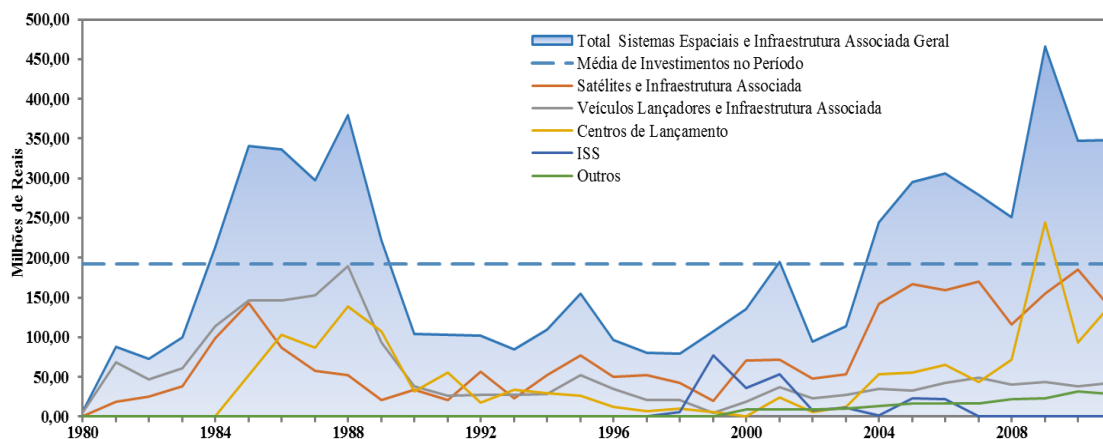


Figura 3.2 – Evolução de investimentos do PNAE 1980-2009.

Fonte: A Política Espacial Brasileira (2010, p.164).

Como mostra a Figura 3.2, além dos níveis de orçamento serem relativamente reduzidos, também não são perenes. Os dados demonstram, primeiramente, o sucesso alcançado na década de 80, com a Missão Espacial Completa brasileira (MECB), que foi o primeiro esforço para implementar um programa espacial do País.

Por problemas da conjuntura econômica houve, até 2004, um período de escassez de investimentos, e após esse período retomou-se a alocação de orçamento. O PNAE 2012-2021 sinaliza a continuidade dessa política, como pode ser visto na Figura 3.3.

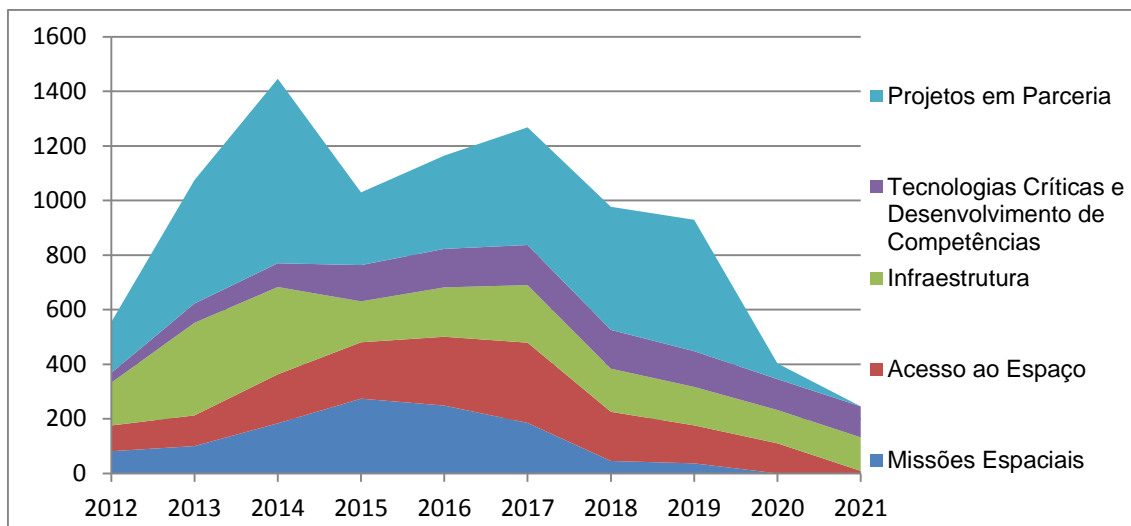


Figura 3.3 – Evolução de investimentos do PNAE 2012-2021.

Fonte: adaptada do PNAE (2012).

Sem uma política continuada de investimentos torna-se difícil manter um cronograma sem atrasos. Um fator também preponderante nesse quesito é a dificuldade em relação à execução do orçamento, visto que obtê-lo e utilizá-lo são coisas distintas.

Isso por que há um montante autorizado para ser gasto e esse valor deve ser empenhado para projetos específicos. Os recursos financeiros de um projeto não podem ser aplicados em outro. Ao final do contrato, ou com o cumprimento dos eventos contratuais, o valor é liquidado para ser efetivamente pago em seguida.

Em relação aos satélites há outro complicador: o seu carácter plurianual. Como são projetos de alto risco tecnológico e muito longos, entre quatro e seis anos, quando há atrasos o projeto não atinge a prontidão necessária para ir à fase seguinte. Dá-se, então, o prolongamento do cronograma, o que gera acúmulo de compromisso financeiro para os anos seguintes (restos a pagar). Como o empenho acontece anualmente, é difícil justificar a necessidade do orçamento previsto, visto que o do ano anterior não foi totalmente executado.

Esse fato ocorre em razão dos inúmeros atrasos nos projetos, já que não podem ser pagos por não atingirem seu ponto de prontidão, conforme o cronograma estabelecido originalmente.

3.2. Dificuldades trazidas pela legislação inadequada para aquisições

Nos projetos hoje conduzidos pelo INPE, essa organização de C&T desempenha o papel de integrador.

Nesse contexto, o Instituto especifica os subsistemas e contrata empresas para desenvolvê-los, mas toda a integração do sistema fica a seu cargo. Todo projeto espacial tem suas peculiaridades, e invariavelmente são de alta complexidade técnica e altos custos.

Sob o ponto de vista legal, o Instituto precisa seguir a legislação que trata de compras e contratações, e a principal delas é a Lei nº 8.666/93. Essa lei não atende às especificidades e demandas da maioria dos contratos da área espacial, por estar voltada, preponderantemente, à aquisição de produtos acabados, de algo que já foi projetado, e não a projetos em desenvolvimento.

Outro agravante é que os contratos só podem ser feitos a preço fixo, que não é a melhor opção para projetos com alto grau de incerteza e riscos. O melhor seria adotar contratos de custo reembolsáveis, prática comum nos Estados Unidos e Europa, particularmente para as fases iniciais do ciclo de vida do projeto.

Outras peculiaridades da atual legislação tornam tanto o processo de contratação moroso, quanto sua execução burocrática e rígida, com reduzida tolerância às incertezas inerentes ao desenvolvimento tecnológico. A Lei 8.666/93 não dá a flexibilidade necessária para um órgão que faz o papel de integrador, e que está inserido no centro da cadeia produtiva.

Além desses aspectos, há outro ponto de suma importância a ser abordado: o tempo para contratação. O ciclo para uma contratação estende-se desde a

concepção de um *Statement of Work* (SOW), ou uma Declaração Detalhada de Trabalho (DDT), até a assinatura do contrato. A média é de 151 dias, conforme aponta o próprio escritório de projetos do INPE (RCA-1, 2012).

De acordo com Neto, Stefani e Barbalho (2010, p.28), “mesmo os itens mais simples, os quais seriam comprados por uma empresa privada em cerca de sessenta dias, demoraram cerca de dezoito meses para estarem disponíveis ao uso”. Isso corrobora a alegação do próprio Instituto quanto à morosidade dos processos de contratação, que impactam no planejamento, cronograma e em restos a pagar.

A Figura 3.4 resume a complexidade do processo de compra do Instituto, e em seguida são explicados os passos para esse processo segundo Santos (2012, pp. 41 a 44).

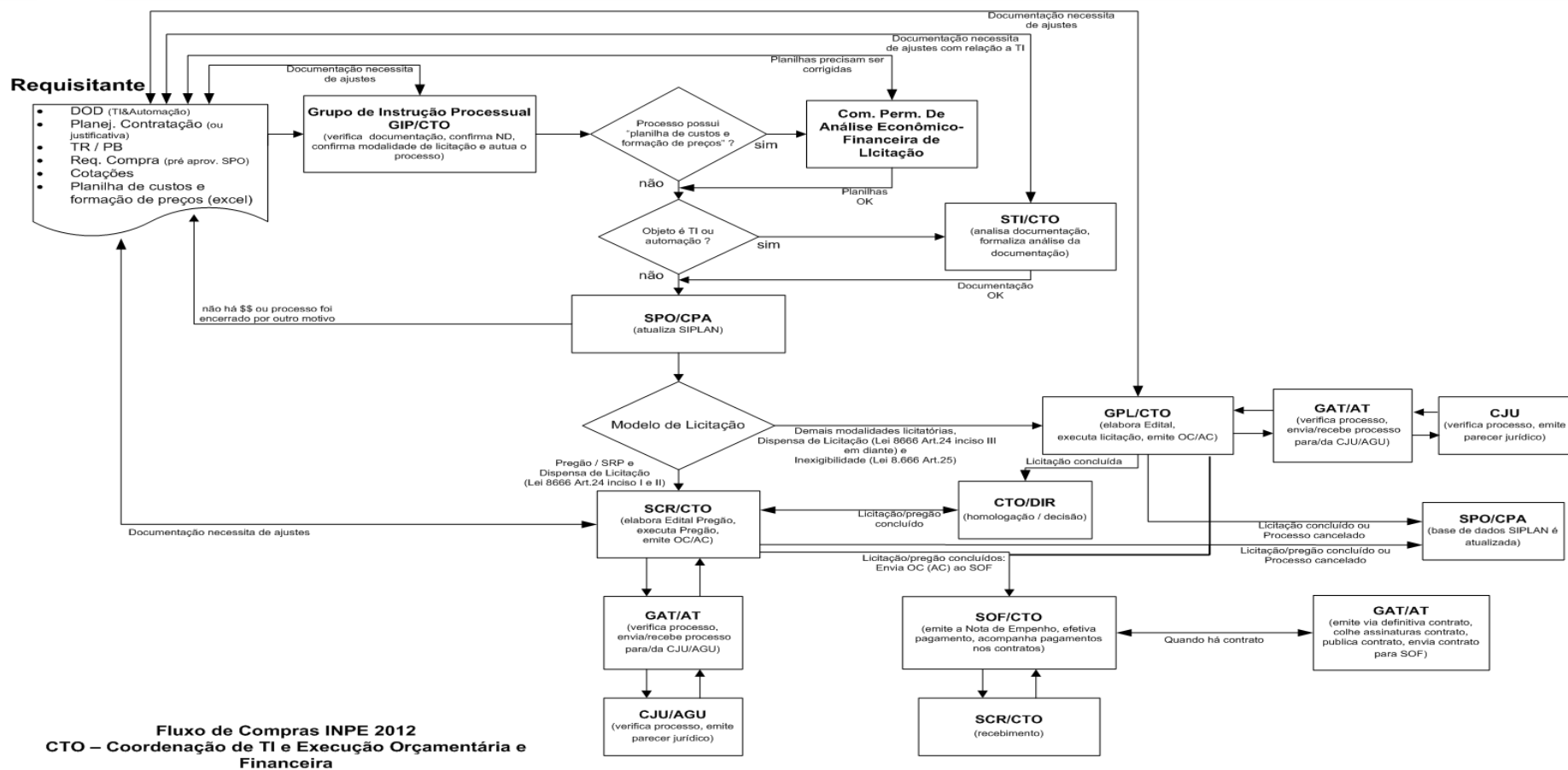


Figura 3.4 – Fluxo de compras do INPE.

Fonte: Santos (2012, p.38).

Legenda:

CTO - Coordenação de Tecnologia da Informação e Execução Orçamentária e Financeira
GIP - Grupo de Instrução Processual (GIP/CTO)
GPL - Grupo Permanente de Licitações (GPL/CTO)
SCR - Serviço de Compras, Recebimento e Importação (SCR/CTO)
STI - Serviço Corporativo de Tecnologia da Informação (STI/CTO)
SOF - Serviço de Orçamento e Finanças (SOF/CTO)
SPO - Serviço de Programação e Acompanhamento Orçamentário (SPO/CPA)
GAT - Grupo de Assessoramento Técnico (GAT/AT)
CJU - Consultoria Jurídica da União (CJU/AGU)
DOD - Documento de Oficialização de Demanda, obrigatório para todas as modalidades de compra acima de R\$ 80.000,00.
Planejamento da Contratação - documento obrigatório para pregões, concorrências e dispensas de licitação.
Justificativa - Documento obrigatório para compras diretas
TR - Termo de Referência (obrigatório para pregões)
PB - Projeto Básico

O fluxo de compras do INPE desenvolve-se, conforme a Figura 3.4, de acordo com os seguintes passos:

1º passo → O requisitante prepara os documentos relacionados ao processo de compras e preenche os documentos mandatórios para instrução do processo, são eles: Documento de Oficialização de Demanda (DOD); Planejamento da Contratação ou justificativa; Projeto Básico (SOW); requisição de compras (pré-aprovada pelo SPO); cotações; planilha de formação de preços (Excel).

2º passo → Na posse da documentação mínima necessária para compor o processo de compras, o requisitante deve enviá-la ao Grupo de Instrução Processual (GIP) que verificará se está correta, envolvendo os seguintes documentos: requisição de compras, planejamento da contratação, projeto básico, três cotações de preço; se for o caso, planilha de custos e formação de preços e demais documentos pertinentes a cada modalidade licitatória e não licitatória.

3º passo → Caso a documentação tenha a planilha de custos e formação de preços, será encaminhada à Comissão Permanente de Análise Econômico-Financeira (CPAEF), que tem a função de analisar os valores.

4º passo → Depois de vista GIP/CPAEF/STI, a documentação, se estiver correta, será encaminhada ao SPO para lançamento no Sistema de Planejamento Orçamentário (SIPLAN).

5º passo → No SIPLAN a documentação é enviada ao GIP para continuar a montagem do processo. Quando definida a modalidade, o processo é encaminhado ao SCR.

6º passo → O GPL ou SCR recebe e analisa o processo e, caso ocorra necessidade de ajustes, o referido processo é enviado ao requisitante para regularização.

7º passo → Uma vez instruído o processo, deve ser encaminhado ao GAT, que tem a função de verificar os processos, orientando os grupos afins na formalização.

8º passo → O GAT encaminha o processo para a CJU que analisa emitindo parecer positivo, condicionado, ou negativo. O prazo para análise do CJU é de 15 dias.

9º passo → Após receber o parecer da CJU, o GAT o analisa e encaminha para o GPL ou SCR. Caso haja necessidade de ajustes, o SCR ou GPL envia o processo ao requisitante para atender as solicitações da CJU e, em seguida, devolve o processo ao GPL ou SCR para encaminhamento ao GAT e posterior despacho à CJU.

10º passo → O processo, devidamente instruído, é registrado e divulgado no Comprasnet/Serpro, marcando sua abertura para ser publicado no Diário Oficial da União (DOU).

11º passo → No ato da abertura reúne-se a Comissão Permanente de Licitação (CPL) para apoiar nas fases de licitação.

12º passo → Ocorrem as fases de habilitação e de proposta, que serão julgadas e publicadas. Em seguida, o nome da empresa vencedora do processo é declarado.

13º passo → Uma vez homologado, o GPL ou SCR deve emitir uma autorização de compra ao SOF, que emitirá notas de empenho.

14º passo → Se houver contrato o processo será enviado ao GAT para sua elaboração. Após o contrato assinado por ambas as partes e devidamente publicado no DOU, deverá ser reencaminhado ao SOF.

15º passo → No caso da conclusão ou cancelamento do processo, tanto o GPL quanto o SCR deverão encaminhá-lo ao CTO para atualização da base de dados do SIPLAN.

16º passo → Na aquisição de bens o contrato é enviado à empresa vencedora, que encaminha a nota fiscal ao gestor/fiscal do contrato para certificá-la. Depois a nota fiscal é enviada ao Setor de Recebimento, que a encaminha ao SOF para pagamento.

3.3. Dificuldades causadas pela falta de capacitação e dificuldade de retenção de recursos humanos

Para um programa espacial ser completo é condição *sine qua non* a formação de recursos humanos capazes de cumprir a missão, e nesse caso a qualificação é fundamental. Formar e manter esses recursos demanda investimentos do Estado, visto que um profissional recém-formado não tem as competências técnicas necessárias para um ambiente tão complexo como o da área aeroespacial. Logo, ele precisa ser treinado, o que demanda tempo e dispêndios consideráveis.

Para manutenção dessa força de trabalho é preciso estabelecer salários competitivos e compatíveis com os praticados no mercado, o que muitas vezes não acontece. Hoje, um bacharel em Direito iniciando sua carreira jurídica na esfera federal recebe mais do que um professor-doutor titular em final de carreira, e o dobro de um professor doutor em início de vida profissional. (ROLLEMBERG, 2010, MARTINS, 2010 p.148).

Outro problema flagrante é a perda de recursos humanos por aposentadoria e a falta de concursos para reposição de vagas. É importante salientar que uma vez contratado, o funcionário torna-se um custo fixo para o Estado, tendo ou não projeto para engajar-se.

A Figura 3.5 exemplifica a questão da perda potencial de recursos humanos do INPE em razão da aposentadoria, especificamente na área de Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE), que é a responsável pelo desenvolvimento das missões espaciais. Não havendo uma política de gestão de conhecimento, nem a contratação de capital humano, toda a capacidade adquirida pode ser perdida, e o conhecimento terá que ser reconstruído novamente do zero.

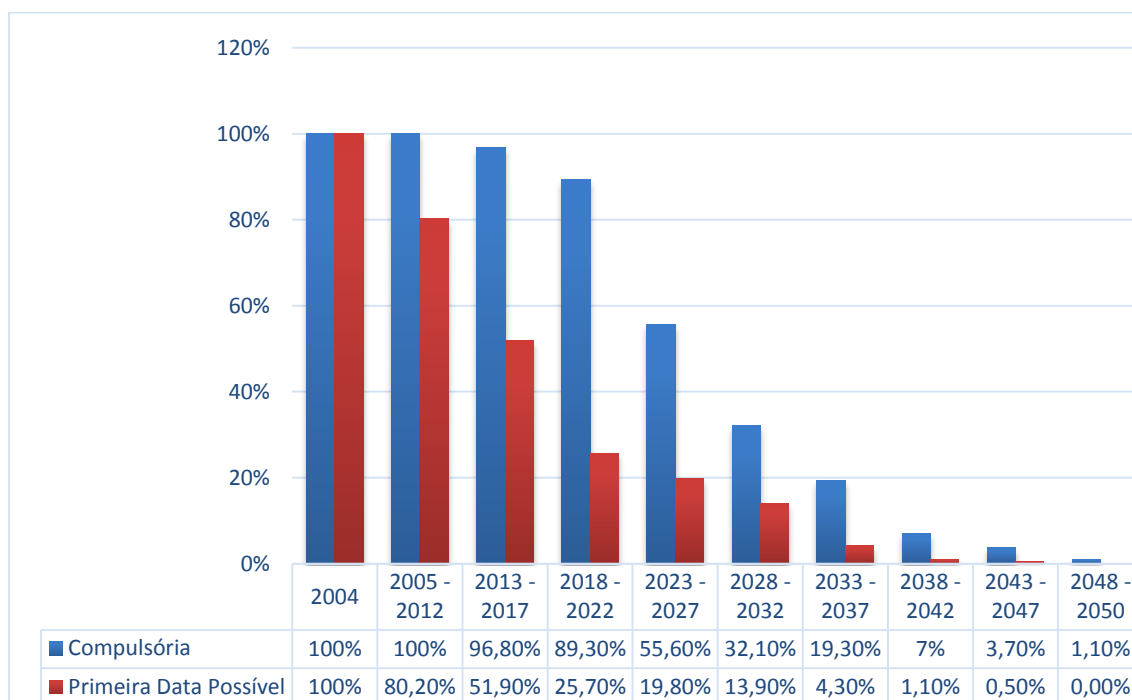


Figura 3.5 – Perda de recursos da ETE.

Fonte: adaptada de Cardoso (2012, p.38).

Tabela 3.1 – Perda potencial de recursos humanos da ETE em razão da aposentadoria.

Período Anual	Número de Recursos Humanos para aposentadoria compulsória	Número de Recursos Humanos para aposentadoria na 1ª data possível
2004	187	187
2005 - 2012	187	150
2013 - 2017	181	97
2018 - 2022	167	48
2023 - 2027	104	37
2028 - 2032	60	26
2033 - 2037	36	8
2038 - 2042	13	2
2043 - 2047	7	1
2048 - 2050	2	0

Fonte: adaptada de Cardoso (2012, p.37).

Na Figura 3.5, as colunas representam as competências dos recursos humanos da ETE, começando em 100% e diminuindo durante o tempo por causa das aposentadorias, que são divididas em dois tipos: a) compulsória: praticada automaticamente quando o servidor alcança os 70 anos de idade; b) 1ª data possível: ocorre quando o funcionário atinge o tempo de serviço público e a contribuição necessária definida em lei. (CARDOSO, 2012).

É evidente que tanto para uma quanto para outra, a realidade da ETE também pode ser expandida para o Instituto como um todo, e que em um horizonte relativamente próximo, como o de 2020, a perda já se mostraria significativa. Isso também fica claro com a mesma análise por divisão das áreas de conhecimento, como mostra a Figura 3.6.

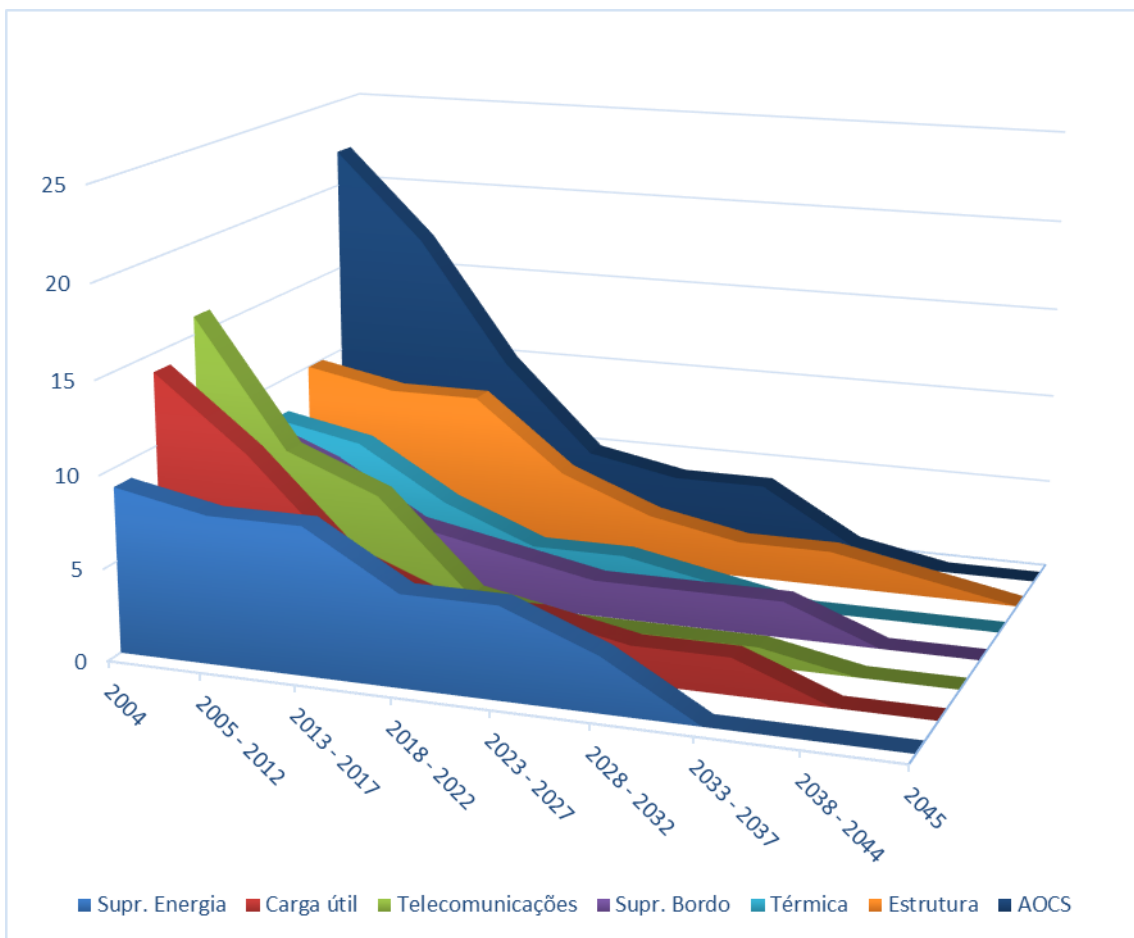


Figura 3.6 – Perda de recursos por área.
 Fonte: adaptada de Cardoso, (2012, p.40).

Apresenta-se, na Tabela 3.2, uma síntese dos problemas mais recorrentes descritos com detalhamento e possíveis soluções.

Tabela 3.2 – Síntese dos problemas do setor espacial.

Problemas	Detalhamento	Possíveis Soluções
Política espacial brasileira com baixo <i>status</i> na agenda de governo e pouca conexão com a demanda de longo prazo dos órgãos federais.	<p>Baixa demanda dos órgãos federais por produtos e serviços de satélites nacionais, em razão de restrições orçamentárias que afetam o poder de compra, e levam a optar pela aquisição de serviços fornecidos por agências espaciais estrangeiras ou empresas internacionais.</p> <p>Agenda de governo favorece projetos espaciais com aplicação ambiental ou social.</p>	<p>a) Centralização das aquisições de dados, imagens, e serviços de satélites, por meio de uma agência.</p> <p>b) Linhas especiais de financiamento para empresas que desenvolvam satélites nacionais.</p> <p>c) Obrigatoriedade de participação mínima da indústria nacional no desenvolvimento dos sistemas espaciais.</p> <p>d) Priorização de projetos espaciais voltados para o atendimento de demandas sociais e ambientais.</p>

<p>Agência Espacial Brasileira (AEB) com pouca autonomia política, administrativa e orçamentária.</p>	<p>Vinculação ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), associada à insuficiência de recursos próprios reduz a autonomia orçamentária.</p>	<p>a) Identificação de novas fontes de recursos para o Fundo Setorial Espacial (Lei nº 9.994 de 24 de julho de 2000) b) Mudança do formato jurídico-institucional da AEB, de autarquia para agência reguladora ou empresa pública. c) Estabelecer contratos entre a AEB e o MCTI, visando à ampliação da autonomia político-administrativa.</p>
<p>AEB com baixa capacitação em gestão de políticas e regulação.</p>	<p>Ausência de quadro próprio, especializado em gestão e regulação da política espacial.</p>	<p>a) Criação da carreira específica para o setor. b) Valorização de conhecimentos e habilidades nas áreas de gestão evitando o predomínio de cientistas e técnicos em funções gerenciais. c) Ampliação da cooperação com órgãos federais. d) Estímulos à formação de núcleos de estudos e pesquisas em política espacial e regulação do setor espacial.</p>
<p>Insuficiência do Marco Regulatório das Atividades Espaciais.</p>	<p>Norma de compras e contratações (Lei nº 8.666/93) inadequada para contratações de sistemas de alta complexidade tecnológica.</p>	<p>a) Normas específicas para compras e contratações. b) Ampliação do marco regulatório das atividades espaciais. c) Lei específica para as atividades espaciais brasileiras.</p>
<p>Indústria espacial brasileira com baixa capacitação tecnológica e frágil inserção no mercado internacional.</p>	<p>Instituições de Ciência e Tecnologia, ICT, INPE e IAE/DCTA atuam como <i>prime contractors</i> de projetos tecnologicamente maduros. Inexistência de uma empresa nacional, pública ou privada, com capacitação tecnológica e financeira para assumir o desenvolvimento de projetos de alta complexidade tecnológica e grande porte.</p>	<p>a) Criação de empresa pública (ou fortalecimento de uma empresa privada nacional) para atuar como <i>prime contractor</i>. b) Transferência de projetos tecnologicamente maduros das ICTs para a indústria nacional. c) <i>Joint venture</i> de empresas nacionais e estrangeiras para atuar em mercados com menores barreiras à entrada (ex: microssatélites). d) Utilização dos recursos do Fundo Setorial Espacial para estimular a formação de parcerias entre ICTs e empresas brasileiras. e) Exigência de participação mínima da indústria nacional no desenvolvimento dos sistemas espaciais utilizados na prestação de serviços de satélite contratados por órgãos federais.</p>

Fonte: adaptada do Caderno de Altos Estudos (2010, p.49;50).

Tabela 3.2 – Conclusão

Conforme o exposto, conclui-se que há muitas barreiras para a concepção de um projeto espacial no País. As três citadas constituem apenas uma amostra de todo o arcabouço de dificuldades em que se encontram os projetos espaciais no Brasil, e também representam as maiores dificuldades que o INPE encontra na gestão de seus projetos.

Não se busca, neste estudo, exaurir toda a discussão referente ao tema, que é muito mais abrangente do que os problemas aqui abordados. A Tabela 3.2, por exemplo, detalha melhor outras dificuldades enfrentadas nessa área. O objetivo é mostrar um panorama geral do cenário brasileiro para o desenvolvimento de projetos que têm como solução a concepção de uma missão espacial.

Diante desse contexto, a solução provável seria uma reforma estrutural dos órgãos responsáveis, como AEB e INPE, e também da legislação aplicável, dando maior incentivo à pesquisa e fazendo com que novas tecnologias se transformem em um produto final, gerando avanços tecnológicos e capacitação da indústria e dos recursos humanos.

Como uma mudança tão profunda dificilmente possa ocorrer em curto ou médio prazo, pretende-se com este estudo trazer alguma luz para a melhoria da gestão de projetos espaciais dentro do atual contexto, propondo um Contratante Principal no meio da cadeia cliente-fornecedor, o que ampliaria a flexibilidade e a agilidade para a gestão de projetos complexos.

4 PROPOSTA

Mediante os argumentos apresentados, torna-se visível a dificuldade de desenvolvimento de um projeto espacial, embora a abordagem de conceitos referentes ao gerenciamento de projetos e à engenharia de sistemas possa contribuir para facilitar esse processo. Há, porém, uma questão a ser abordada: o modelo hoje praticado pelo programa espacial brasileiro é passível de melhoria ou já atingiu seu esgotamento?

Para responder a essa questão é possível adotar a seguinte abordagem referente a ICT. Ela poderia desenvolver soluções tecnológicas ou usar a Lei da Inovação para esse fim, e a partir daí incluir um Contratante Principal para gerir o projeto e assumir o papel de integrador do sistema de mais alto nível ou de parte dele. O Apêndice A traz uma descrição mais detalhada da Lei.

Pode haver uma miríade de outras possibilidades, mas essas não ajudariam a responder a pergunta feita acima. Por exemplo, a ICT poderia assumir o papel de desenvolvedor de todo sistema-missão; ou ela poderia desenvolver as tecnologias críticas nas fases iniciais do projeto e passar para as empresas privadas adotando a Lei nº 8.666 para todas as contratações. Essa é a solução que tem sido adotada, padecendo dos problemas descritos no Capítulo 3 (Análise).

O sistema-missão é o sistema espacial que deve ser desenvolvido para dar o suporte a uma missão. Este sistema é dividido em segmentos e os mais usuais são o Segmento Espacial, composta de um ou mais satélites, o Segmento Solo dividido em; segmento solo de controle, composto de estações e centros de controle; segmento solo aplicações, composto de estações específicas de recepção de dados, e de centros de processamento, armazenamento e distribuição dos dados da missão; e Segmento Lançador, composto do veículo lançador.

Conforme descrito na revisão de literatura (Capítulo 2) um dos pontos críticos de um programa espacial, no qual decorre a maioria dos atrasos, é a falta de

maturidade tecnológica, pela dificuldade de manter o cronograma quando se adota uma tecnologia com um TRL (*Technology Readiness Level*) baixo, e pelas incertezas que são inerentes a esse tipo de projeto.

4.1. Processo de Desenvolvimento de Tecnologias

O TRL tem a função de medir a maturidade do projeto e neste trabalho ele será utilizado para estabelecer o momento em que um dado produto será transferido para a indústria fornecedora (especializada na área do produto). Quanto mais alto for o TRL transferido para indústria, menos modificações sofrerá o produto ao ser incorporado ao sistema. Por outro lado, quanto mais alto for o TRL transferido, mais necessidade de informações de interface consolidadas, são demandadas.

O Contratante Principal, ou integrador, teria dificuldades para lidar com os riscos de uma tecnologia não madura no contexto do desenvolvimento de um sistema completo. Por essa razão, recomenda-se que a fase inicial do desenvolvimento seja feita de forma desacoplada do desenvolvimento do sistema completo ou que no mínimo as fases iniciais do projeto sejam prolongadas até que a apropriada maturidade tecnológica desses itens críticos seja alcançada, e que estas atividades sejam realizadas sob a responsabilidade direta de uma ICT.

Nesta fase inicial, a tarefa poderá ser cumprida integralmente dentro da ICT, como atividade de P&D, ou em parceria com empresa especializada, o que é desejável. Alcançada a maturidade almejada, a empresa integradora assumiria as etapas seguintes, preferencialmente tendo a empresa que já trabalhou com a ICT na fase inicial como subcontratada. Esse trabalho propõe que os produtos com tecnologias não consolidadas sejam desenvolvidos na fase inicial até o nível TRL 4, uma vez que este nível não requer informações totalmente consolidadas do sistema ao qual o produto será integrado e do ambiente operacional no qual irá funcionar.

4.2. O Contratante Principal no desenvolvimento de um projeto espacial

O enfoque aqui recomendado é o de um Contratante Principal como integrador de um ou mais segmentos contratados. Nesse contexto, a ICT teria a flexibilidade de usar a Lei da Inovação na fase inicial, que continuaria a trazer os ganhos já abordados, como flexibilidade para projetos de desenvolvimento tecnológicos com alto risco, e a possibilidade de recontração das empresas que conceberam a solução de *design* para a produção do produto.

Há ainda outra possibilidade que seria da ICT estudar e desenvolver tais tecnologias. Nesse caso, o dinheiro repassado pelo Estado não seria para contratação de uma empresa privada, e sim diretamente para a instituição, que assumiria o risco de desenvolver o projeto desde o ciclo inicial, e depois contaria com um Contratante Principal que faria o papel de integrador, trazendo os benefícios de agilidade que uma empresa privada pode ter.

Como demonstra a Figura 4.1, o papel da ICT na fase inicial de amadurecimento tecnológico é preservado, além de outros papéis a ela inerentes, que serão explorados ao longo deste capítulo.

É preciso, porém, dar ênfase a dois pontos. Primeiramente, a presença de um Contratante Principal não muda o fato de que nenhuma estrutura funcionará se não houver investimentos do governo em nível e ritmo adequados. Depois, é preciso lembrar que a Lei nº 8.666/93 continuará em vigor para a contratação do integrador pela ICT, e todas as dificuldades inerentes a esse processo ainda existirão, embora se possam antecipar importantes ganhos de eficiência. A Figura 4.1 exemplifica os esforços qualitativos desse processo.

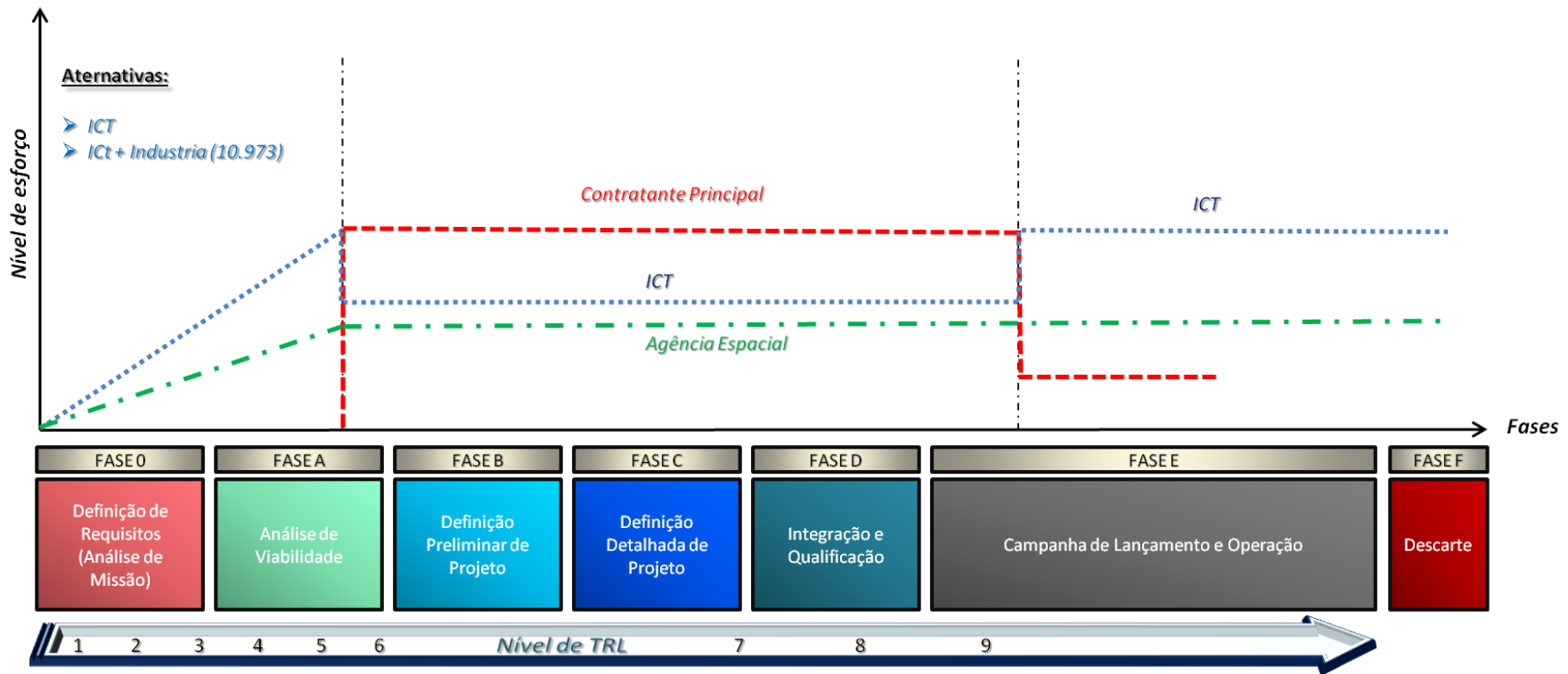


Figura 4.1 – Nível de esforço da ICT e contratante principal.

Como ilustra a Figura 4.1, a Lei da Inovação poderia ser adotada pelas para o desenvolvimento das novas tecnologias, ou a ICT poderia cumprir a tarefa, com a sua própria engenharia e financiada pelo seu próprio orçamento. Adicionalmente, à ICT também caberia importante contribuição na etapa inicial dos estudos de viabilidade, da concepção da missão, e o estabelecimento dos requisitos em nível sistêmico, a serem desenvolvidos em parceria com a agência espacial. Depois dessa fase inicial, aconteceria a contratação de um Contratante Principal, o que não eliminaria o esforço do instituto para conduzir toda a gestão do contrato, usando sua *expertise* técnica para o projeto.

Também não se pode descartar o eventual envolvimento do integrador nas Fases 0 e A, durante as quais ele poderia trazer importantes contribuições sob o ponto de vista da arquitetura de implementação da missão. No entanto, para efeito de discussão do modelo proposto, esta alternativa não é tratada.

A ICT também poderia dar suporte a pequenas empresas e pesquisadores, fazendo com que o estudo saísse do papel e ganhasse maturidade suficiente para ela concluir o desenvolvimento. Em contrapartida, a partir desse acordo o Contratante Principal teria flexibilidade para estabelecer diferentes tipos de contrato com os Subcontratados. O Apêndice B apresenta os tipos de contratos mais usuais nesse processo.

As contratações de recursos humanos também ganhariam flexibilidade, pois o Contratante Principal iria operar pelo regime legal das contratações industriais, e não das contratações do setor público. Assim, seria definida a organização do projeto e também, para ambos os lados, de uma estrutura organizacional coerente para sua implementação em todos os níveis da cadeia cliente-fornecedor. A seção 4.3 descreve em detalhes essa solução.

Todos os envolvidos participam do ciclo de vida do projeto, cada um com diferentes níveis de esforço de acordo com a fase, conforme Figura 4.2. Ressalta-se que, como abordado na revisão bibliográfica, um projeto possui começo e fim bem definidos. Então, o mesmo acaba com a fase de comissionamento, logo após o lançamento, quando a operação passaria para a

responsabilidade da ICT que tem essa capacitação, que faria a operação da missão e toda a gestão de seus dados, até seu descarte.

4.3. Arquitetura da ICT e Contratante Principal para gestão do projeto

Nesse cenário, a ICT adota a visão de que ela é o cliente e o Contratante Principal é o fornecedor de um ou mais segmentos. Na visão do Contratante Principal, a ICT é o cliente e as empresas subcontratadas para o fornecimento do produto final são os fornecedores. A Figura 4.2 traz uma proposta de estrutura organizacional para os programas que refletem os papéis tanto da ICT quanto do Contratante Principal.

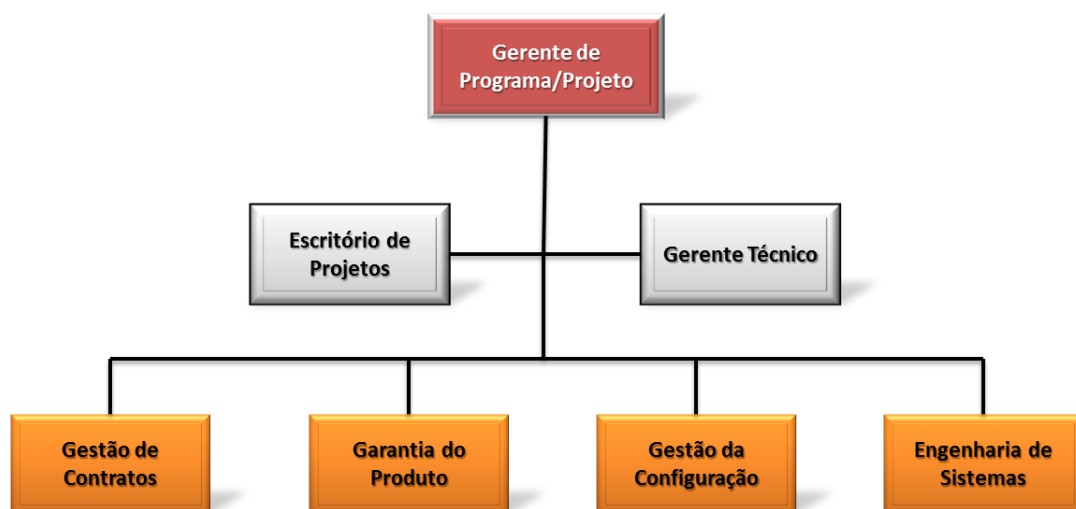


Figura 4.2 – Organograma para implementação do programa/projeto da ICT e Contratante Principal.

Essa composição para os programas seria espelhada tanto para a ICT, quanto para o Contratante Principal, conforme Figura 4.3. Os dois teriam a responsabilidade de gerenciar o projeto por meio de uma estrutura dividida em pacotes de trabalho bem definidos que envolveriam o gerente de programa/projeto; escritório de projetos (PMO); gerente técnico; gestão de contratos; garantia do produto; gestão da configuração; e engenharia de

sistemas. Para cada uma das funções seria designado uma pessoa para fazer parte da equipe e que seria responsável pelo pacote de trabalho.

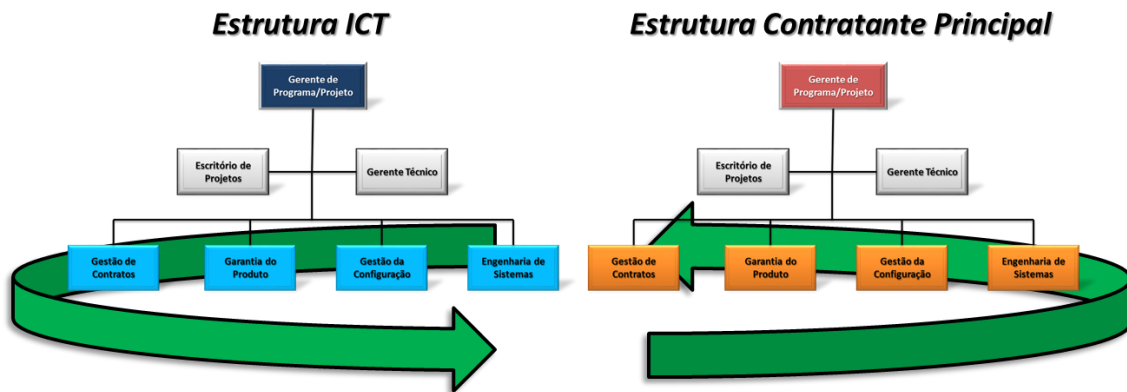


Figura 4.3 – Organograma da ICT e Contratante Principal para gestão do projeto.

No primeiro pacote, de alto nível, a função do gerente de programa/projeto é o de autoridade central e única para responder tanto ao cliente quanto ao fornecedor; estabelecer as atividades necessárias para o término do projeto; alocar recursos do contrato; e implementar o programa. Ele também responde diretamente à alta administração, com quem mantém contato direto e frequente por meio de relatórios ou reuniões técnicas, para garantir o apoio necessário à continuidade do programa ou projeto.

Esse gerente é o canal principal para assuntos referentes ao programa/projeto, com o cliente ou fornecedor. Responde ainda pelos afazeres diários das organizações para assuntos do programa/projeto, departamentos funcionais, contratados, Subcontratados, gerencia os custos em conjunto com o escritório de projetos (PMO), e é responsável por todos os contratos do programa e subcontratos, em conjunto com o grupo de gestão de contratos. No desempenho das suas funções, desenvolve as seguintes atividades:

- Interfaceia com o cliente e mantém controle dos requisitos do programa/projeto.

- Aloca trabalho a ser realizado pela equipe de projeto, departamentos funcionais, se necessário, e pelos Subcontratados.
- Direciona o planejamento do programa com a ajuda do PMO, e aprova um conjunto completo de planos auxiliares: *work breakdown structure*, cronograma, planos de gerenciamento de custo; de riscos; da configuração etc., para servir como *baseline* para o controle do programa.
- Garante, com a ajuda do gerente técnico, conformidade técnica com as exigências contratuais que levam ao sucesso da missão.
- Gerencia o planejamento, organização, execução e controle de todos os processos que concorrem para desenvolvimento, fabricação, aquisição, montagem e teste para a entrega do produto final ao cliente, conforme a declaração de escopo do projeto.
- Identifica, com a ajuda das outras áreas, os riscos inerentes ao programa e toma todas as disposições necessárias para gerenciá-los.
- Gerencia, com suporte do PMO, o esforço necessário para garantir que cada tarefa do programa seja realizada com sucesso, dentro do prazo e dentro do orçamento acordado. Avalia de perto as tarefas e, em caso de desvio, toma decisões apropriadas para manter os objetivos do programa/projeto depois de pesar cuidadosamente todos os parâmetros envolvidos: desempenhos, confiabilidade, custo e cronograma. Ele faz com que os recursos e competências adequadas estejam disponíveis na quantidade e na data correta.
- Reporta ao cliente e à alta administração o *status* do programa/projeto.
- Afere o desempenho do programa/projeto em reuniões de avaliação frequentes com sua equipe e os Subcontratados.

O Escritório de Projetos (PMO) tem a função de autoridade e responsabilidade sobre o planejamento, organização, coordenação e controle de todos os processos que são necessários para o desenvolvimento, montagem, integração, teste, fabricação e entrega ao cliente de acordo com a declaração de escopo ou declaração de trabalho (*Statement of Work* – SOW).

Além disso, monitora e controla a boa execução de todas as atividades do programa/projeto de acordo com os planos auxiliares. Suporta o controle de configuração e documentação, controla o cronograma e também todos os itens de ação (IAs) gerados. Pode, se for necessário, gerenciar o cumprimento das restrições de controle de importações e exportações ou dar suporte à gestão logística. O PMO responde diretamente ao gerente de programa/projeto.

O Gerente Técnico, que responde diretamente ao gerente de programa/projeto, tem a atribuição de garantir que a solução de *design* satisfaça os requisitos do cliente e seja implementada em consonância com a política da empresa, legislação, regras e regulamentos. Ele desempenha o papel de interface técnica com o cliente ou Subcontratado, e lida com a solução de arquitetura, *design* e desempenho.

Esse gerente analisa as necessidades do cliente e define a linha de base dos requisitos iniciais, portanto pode avaliar opções de soluções técnicas de arquitetura, a fim de garantir o melhor *trade-off* entre os requisitos do cliente e os parâmetros restritivos do programa/projeto, como cronograma, custos, estratégia de fazer ou comprar e os riscos e oportunidades, verificando a consistência da solução.

O Gerente Técnico garante, com o apoio de outras áreas, que o *design* da solução leve em conta as especificações definidas em contrato, normas e regulamentos, incluindo a segurança do produto e as exigências de normas ambientais. Suporta, também, as revisões de projeto e aprova, juntamente com o gerente de programa/projeto, as principais entregas nos marcos do projeto. Revisa e aprova a conclusão da integração, verificação, validação e os resultados da qualificação. É responsável por:

- Gerenciar a solução de acordo com as necessidades dos clientes, garantir que as especificações do sistema e subsistemas reflitam os requisitos, e que os requisitos técnicos do programa/projeto sejam atendidos pelo *design* do sistema.
- Garantir também a consistência de interfaces em todos os níveis, sistema, subsistemas e equipamentos; e a realização de todas as análises necessárias.
- Realizar reuniões com as equipes, em nível de sistema e subsistemas, para identificar problemas de interface em tempo hábil para resolução, e garantir a aderência ao cronograma e aos requisitos técnicos.
- Contribuir para a elaboração de um plano de desenvolvimento e teste.
- Participar do Comitês de Controle de Configuração (CCB) e Comitê de Não conformidade (NRB), e assegurar a adequação técnica dos documentos emitidos por esses comitês.
- Garantir, nas revisões, o cumprimento de metas técnicas.
- Monitorar a implementação do plano de desenvolvimento e teste.

O grupo de Gestão de Contratos é apontado pelo PMO como responsável pelo contrato durante a duração do projeto. Dá apoio jurídico ao gerente de programa/projeto nas contratações e pagamentos de eventos que geralmente ocorrem em marcos, como, por exemplo, as revisões de projetos.

O Gerente de Garantia do Produto (PA) verifica a adequação do projeto às especificações técnicas. Interage diretamente com o Gerente Técnico e com o PMO para assegurar a correta aplicação das especificações de confiabilidade, segurança e garantia de qualidade em todos os níveis do sistema.

O gerente de PA tem como atribuições: assegurar a implementação e manutenção das atividades de garantia do produto; garantir a qualidade e confiabilidade de *hardware* e *software*, aplicando a disciplina de garantia da

qualidade, conforme descrito no plano de garantia do produto; e participar da análise de risco do programa/projeto.

O Gerente de Configuração é o responsável pelos processos necessários para estabelecer e manter as características do produto, tanto funcionais como físicas, e a documentação aprovada e configurada. Dentre suas atribuições deve identificar e manter atualizado os *baselines* configurados durante todo o ciclo de vida do projeto; definir o tipo de controle de configuração a ser adotado pelos Subcontratados; organizar e conduzir os Comitês de Controle de Configuração (CCBs) e garantir que:

- todos os itens entregues sejam identificados, fabricados, inspecionados, testados e operados de acordo com os documentos configurados;
- todas as mudanças feitas na documentação sejam aprovadas e implementadas mediante a análise dos impactos advindos dessas alterações; e
- toda a informação gerada ou recebida seja identificada, armazenada, e distribuída de maneira segura e dentro do prazo.

Dentre os pacotes de trabalho destaca-se também o Engenheiro de Sistemas (SE), que é responsável por elaborar as especificações do satélite e documentação das interfaces de sistema (veículo lançador, segmento solo); preparar, coordenar e liberar documentos de controle de *design*, tais como especificações de subsistema, desenhos de controle de interface; e fazer a análise estrutural e térmica para garantir compatibilidade dos requisitos de subsistemas e componentes com ambientes de lançamento e órbita.

Além dessas atribuições deve, também, acompanhar e analisar os testes de compatibilidade eletromagnética (EMI/EMC) e análise de radiação para garantir compatibilidade dos requisitos de subsistemas/componentes com desempenho seguro do satélite integrado; supervisionar a elaboração do plano de integração, montagem e teste (AIT); elaborar e revisar outras estimativas gerais, como massa, potência consumo, a dissipação de energia etc.; prestar

apoio de engenharia, incluindo a análise de dados e resolução de problemas em todas as fases de *design* (desenvolvimento, fabricação, montagem, integração e teste); e analisar a missão para todas as fases do ciclo de vida do satélite.

A Figura 4.4, dando continuidade a essa análise, descreve a cadeia proposta de uma forma global. O método será abordado e descrito no estudo em questão, e a *posterior* será proposto um método específico para a cadeia produtiva espacial, com suas funções e papéis detalhados. Faz-se, também, uma sucinta explanação de como é formada uma missão espacial no estudo em questão.

A missão envolve os segmentos: espacial (satélite), solo, e lançador. O segmento espacial é definido como o próprio satélite, que é dividido em duas partes principais: a carga útil e o módulo de serviço. A primeira parte, a carga útil, é composta de equipamentos que servem para o atendimento dos objetivos da missão, como, por exemplo, uma câmera para monitoramento de queimadas em uma floresta.

A segunda parte, o módulo de serviço, tem a função de suporte da primeira, dando condições para seu pleno funcionamento, como os painéis solares e baterias que fornecem energia para o satélite. Há, também, os subsistemas de telecomunicações, energia, e estrutura, entre outros. Cada subsistema é composto por equipamentos, partes e peças.

O segmento solo desdobra-se no centro de controle, que é responsável pelo monitoramento e controle do satélite por análises de telemetria e telecomandos para operações a bordo; e no centro de missão (Segmento Solo Aplicações), que é responsável pelo recebimento dos dados. Se a missão for de sensoriamento remoto, por exemplo, esse segmento recebe as imagens que podem ser tratadas e disponibilizadas para os usuários.

Finalmente, o segmento lançador é representado pelo foguete, que coloca o satélite em órbita.

4.4. Cadeia Cliente-Fornecedor genérica

Retomada a Figura 4.4, a cadeia produtiva é formada pelo patrocinador, responsável pelo financiamento do projeto e pelas necessidades da missão. No segundo nível está o integrador, que tem a função de desenvolver o produto espacial, transformando as necessidades em requisitos funcionais, e decompondo os requisitos até uma solução física, a especificação do projeto, que pode ser geral ou detalhada, e atender as necessidades propostas.

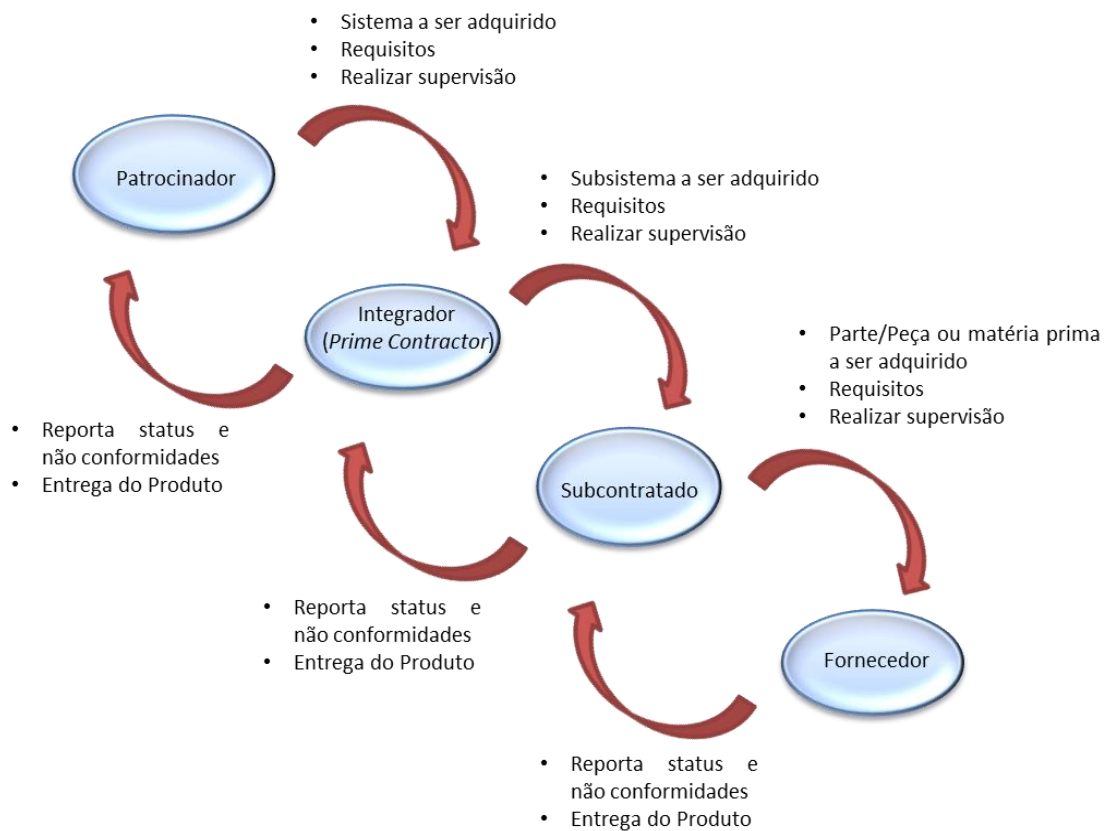


Figura 4.4 – Cadeia Cliente-Fornecedor.

Fonte: adaptada de Applied Space System Engineering (2009, p.331).

Na atual cadeia Cliente-Fornecedora brasileira a agência espacial e a ICT teriam o papel de patrocinadores, ou agência contratante, assumindo, portanto, a responsabilidade de financiamento do projeto, já que se trata de uma encomenda de Estado.

Diante da solução completa ou parcial da missão, o Contratante Principal pode adquirir o produto no exterior ou desenvolvê-lo no seu próprio país, por meio de subcontratos. Essa opção exige a aquisição de peças e/ou matéria prima e é nesse contexto que entra o fornecedor. Uma visão mais detalhada desse relacionamento é dada pela Figura 4.5.

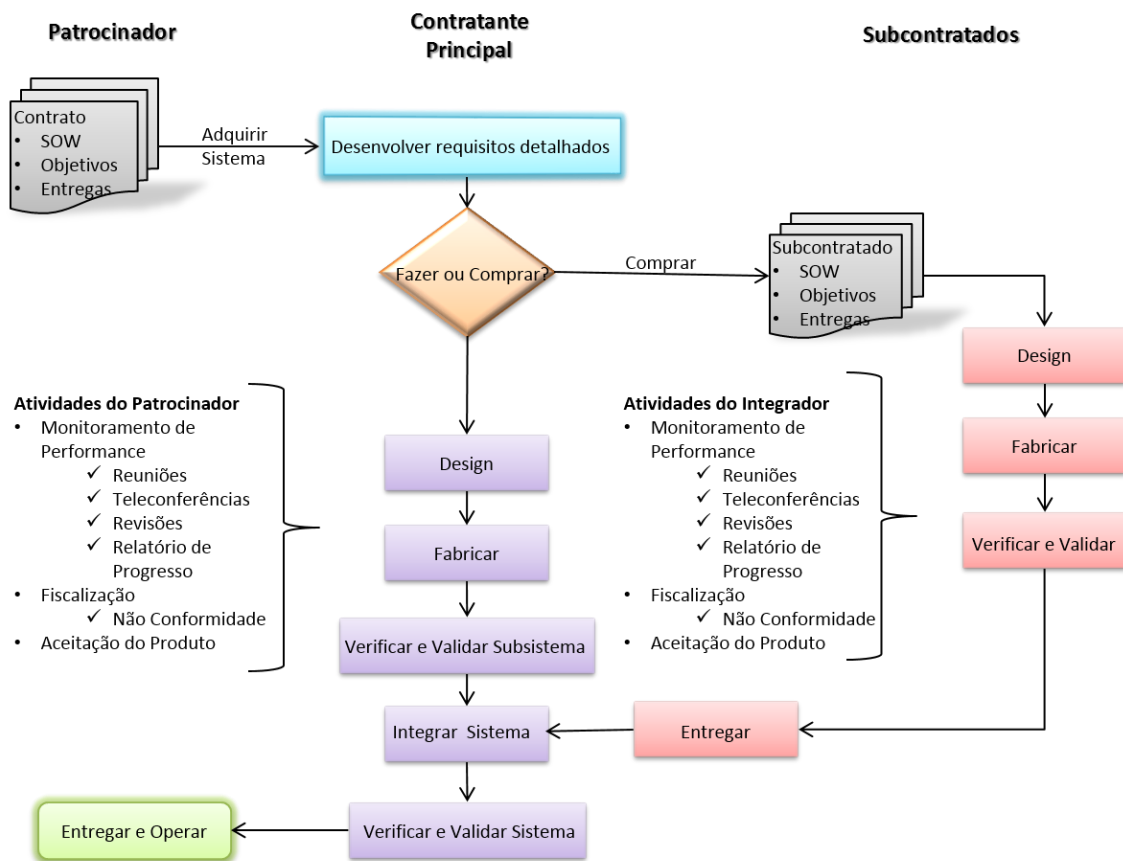


Figura 4.5 – Cadeia detalhada Cliente-Fornecedor.

Fonte: adaptada de Applied Space System Engineering (2009, p.332).

Conforme abordado na Figura 4.5, o patrocinador provê para o Contratante Principal documentos como o SOW, com objetivo (Necessidades), requisitos de sistema de alto nível e entregas, assim como o ciclo de vida do projeto, com datas de início e encerramento, revisões e métodos de aceitação. Todas as

definições são acordadas em mútuo esforço e precisam ser altamente detalhadas, visto que no início de um projeto as mudanças de requisitos são muito menos impactantes do que no seu decorrer.

A comunicação é importante nesse processo, já que é comum o patrocinador apontar um time para o acompanhamento do Contratante Principal, que tem como missão definir um método de comunicação para o monitoramento do desempenho. A comunicação ocorre por meio de reuniões entre Contratante Principal/Fornecedor e relatórios de progresso.

Não havendo restrições por parte do patrocinador, e munido de todas as informações, o Contratante Principal pode questionar-se quanto à melhor solução: fazer ou subcontratar. Os dois caminhos seguirão todos os processos estabelecidos e maturados pela engenharia de sistemas.

As necessidades serão transformadas em requisitos técnicos (*shall be, shall do*), seguindo pela decomposição lógica e funcional até uma solução física de arquitetura a ser alcançada. Esse procedimento acontecerá para todos os níveis, desde sistemas até equipamento, passando pela implementação do sistema, integração de todas as partes, verificação conforme especificações, validação das operações e transição para operação.

No caso de um Subcontratado, todos os processos descritos serão repetidos, porém, assim como ocorre entre patrocinador e Contratante Principal haverá também o acompanhamento entre Contratante Principal e Subcontratado. Todas as interações e interfaces entre patrocinador-integrador serão válidas entre o integrador-fornecedor. A Figura 4.6 sintetiza essas relações:

	Entrada para o próximo nível	Recebido do próximo nível	Comunicação e Fiscalização
Patrocinador	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contrato para o integrador • SOW • Objetivos ou requisitos • Entregas (sistema, documentação) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Relatório de progresso ➤ Waivers e desvios ➤ Entregáveis 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reuniões ➤ E-mails ➤ Teleconferências ➤ Revisões ➤ Não conformidades do Integrador
Integrador	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contrato para o subcontratado • SOW • Especificações • Entregas (Subsistema qualificado ou componente pronto para integração, documentação) ➤ Requisição de compra aos fornecedores 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Relatório de progresso ➤ Waivers e desvios ➤ Entregáveis do subcontratado ➤ Peças/Partes do fornecedor para componentes fabricados pelo Integrador 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reuniões ➤ E-mails ➤ Teleconferências ➤ Revisões ➤ Relatório de não conformidades do Subcontratado ➤ Revisão dos certificados de conformidade dos fornecedores
Subcontratado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requisição de compra aos fornecedores 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Peças/Partes do fornecedor 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisão dos certificados de conformidade dos fornecedores

Figura 4.6 – Comunicação cadeia Cliente-Fornecedor geral.

Fonte: adaptada de Applied Space System Engineering (2009, p.333).

Após a visão geral da cadeia cliente-fornecedor propõe-se uma nova cadeia, agora entre o Comitê Diretor de Projeto (Patrocinadores e usuários) o Projetista Integrador do Sistema-Missão (ICT), Contratante Principal e fornecedores, descrevendo suas características. A Figura 4.7 exemplifica a arquitetura funcional desses atores.

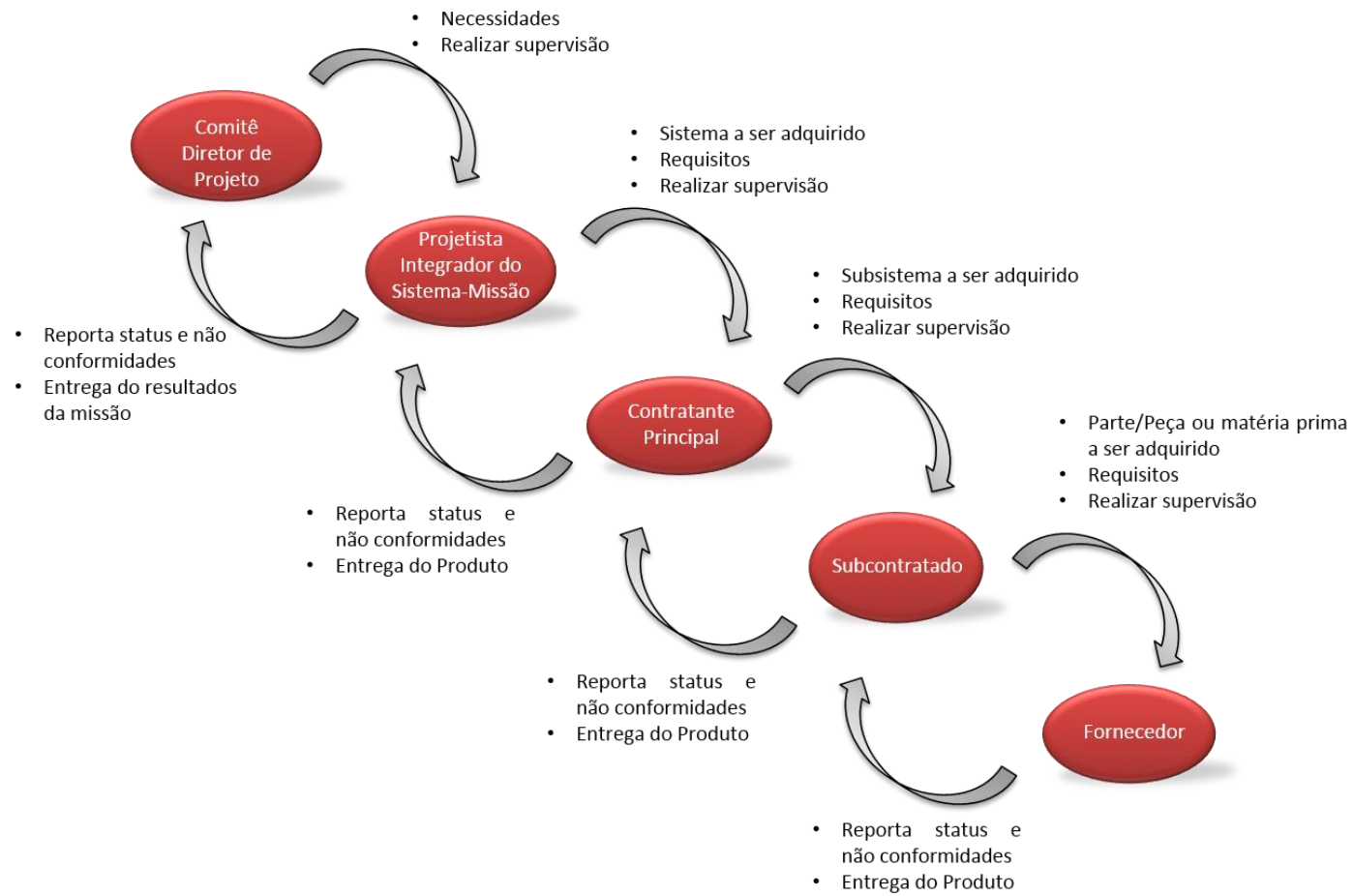


Figura 4.7 – Cadeia Cliente-Fornecedor proposta.

4.5. Comitê Diretor de Projeto

O Comitê Diretor de Projeto tem a função de patrocinador e de provedor das necessidades de uma missão específica, e realiza supervisão do programa para garantir que os requisitos sejam atendidos. É composto pela agência espacial provendo recursos financeiros, a ICT provedora dos meios (recursos humanos e instalações técnicas e os representantes de organizações usuárias.

A agência espacial tem o papel de patrocinador nessa cadeia, podendo receber contribuições de organizações usuárias com o intuito de ajudar a financiar o projeto. É responsável por todos os projetos e programas que são propostos para atingir os objetivos do PNAE e que refletem as estratégias da Presidência da República. Outro fator importante da agência espacial é reunir as demandas dos interessados da missão espacial como: agências do governo e comunidade científica, por exemplo.

Os recursos são escassos, finitos, por isso cabe à agência, no papel de gestora do portfólio espacial do País, priorizar a alocação de recursos e definir quais projetos/programas serão executados. Dentro do ciclo de vida do projeto ela atua na Fase 0, cujo propósito é obter uma visão de alto nível do sistema que será desenvolvido, e que atenderá às necessidades dos *Stakeholders* dentro das restrições programáticas, estabelecendo o objetivo da missão, requisitos de alto nível, e o conceito de operação preliminar.

O levantamento dos *stakeholders* é uma atividade de suma importância nessa fase, já que eles são os responsáveis pelos requisitos que definem a declaração da missão, também chamada Termo de Abertura, documento formal que autoriza o início do projeto. Os *stakeholders* podem ser divididos em grupos para uma melhor visualização de suas necessidades.

Uma classe importante desses *stakeholders* são os usuários, que possuem representatividade no Comitê Diretor de Projeto através de alguns usuários chave que são eleitos para representar toda a comunidade e garantir que o programa atenda às suas necessidades. São fundamentais na elaboração da

Declaração de Missão, assim como, desempenhando as atividades de monitoramento e controle para garantir que os seus requisitos sejam atendidos.

A Declaração de Missão é uma importante saída dessa fase, que acontece após a Revisão de Definição de Missão (MDR), e se caracteriza pela identificação das necessidades, expectativa de desempenho, e restrições de operação, custo e prazo.

O levantamento das necessidades, ou requisitos preliminares, é uma função interativa da Fase 0 entre a agência espacial e ICT, visto que o próprio Instituto ajudará na formulação dos requisitos e especificações que resultarão na solução do projeto. Nesse contexto, a agência lidera e o instituto respalda as atividades.

Incluem-se, também, o monitoramento e o controle, assim como entradas e saídas desenvolvidas pelo Comitê Diretor de Projeto durante a descrição de suas atividades. Sabe-se que durante a fase de execução, pelo Contratante Principal e as subcontratadas, ele precisa acompanhar o projeto para que o projeto consiga atingir os requisitos dentro dos parâmetros restritivos, como custo, prazo e qualidade. Seguem as principais entradas, atividades, e saídas durante o ciclo de vida da missão.

Entradas: plano estratégico; acordos de cooperação; leis e regulamentações aplicáveis; necessidades; restrições do projeto; recebimento dos relatórios de progresso; e a entregas do resultado da missão.

Atividades: identificar as partes interessadas (*stakeholders*); elicitar necessidades/requisitos dos *stakeholders*; analisar e manter necessidades/requisitos (*baseline* de requisitos); desenvolver a declaração de missão; análise do cronograma e dos relatórios de progresso; participação em reuniões técnicas e revisões de projeto; fiscalização dos requisitos do projeto; acompanhamento de revisões do projeto; validação e aceitação dos resultados da missão.

Saídas: declaração de missão; *baseline* de necessidades/requisitos; expectativas dos *stakeholders* validadas; itens de ação; documento de aceitação da entrega do projeto.

4.6. O papel do Projetista Integrador do Sistema-Missão

A partir das saídas do Comitê Diretor do Projeto, a função do Projetista Integrador do Sistema-Missão, que na maioria das vezes é uma ICT, nessa cadeia é transformar todas as necessidades em requisitos e, dependendo da maturidade do projeto, em uma solução de *design* físico, ao menos em nível de sistema e depois operá-lo até o descarte. Com isso, a ICT se encaixa nas Fases 0, A, E e F do ciclo de vida do projeto.

O Projetista Integrador do Sistema-Missão pode ser responsável pela integração do sistema de mais alto nível ou pode passar essa responsabilidade para o Contratante Principal. Isso depende da estratégia adotada para cada tipo de programa espacial.

É importante destacar que os atores interagem variavelmente em todas as fases, já que os processos são interativos entre eles. Nessa etapa a ICT é quem lidera enquanto o Comitê Diretor de Projeto respalda. É interessante para o Projetista Integrador do Sistema-Missão ter um grupo de engenharia de sistemas que trabalhe em sistema de engenharia simultânea, como os equivalentes TEAM-X, da NASA, e CDF, da ESA (ESA, 2014?; NASA, 2014?).

Esses times são caracterizados por um grupo de profissionais, cada um deles especializado em uma área específica, como, por exemplo, cargas úteis, controle de atitude, solo, telecomunicações e missão, entre outras. Esses profissionais são reunidos em um mesmo ambiente e interagem em tempo real para chegar a uma solução de sistema que atenda aos requisitos dos projetos propostos. As principais entradas, atividades e saídas desenvolvidas pelo Projetista Integrador do Sistema-Missão durante o ciclo de vida são:

Entradas: declaração de missão; *baseline* de necessidades/requisitos; relatório de desempenho e testes; pedidos de Desvio, Waivers e ECRs; e entregas intermediárias do projeto.

Atividades: aplicar decomposição lógica funcional; resolver possíveis conflitos dos requisitos técnicos derivados; validar o conjunto de requisitos técnicos derivados; estabelecer o *baseline* dos requisitos técnicos derivados; estabelecer árvore funcional; recomendar um conceito de sistema como solução; especificar interfaces externas: *ground, support systems, launch means* etc.; desenvolver SOW; acompanhamento de revisões de projeto e testes; acompanhar reuniões técnicas, reuniões mensais de progresso e MIPs; monitoramento e controle do relatório mensal de progresso, cronograma, IAs; não conformidades, ECRs, fiscalizar gestão de riscos; validar a entrega; e preparar para operar o sistema.

Saídas: solução de arquitetura de *design* ao menos em nível de sistema; SOW; IAs; pedidos de mudança de engenharia.

No ICT serão desenvolvidos os seguintes processos clássicos de engenharia de sistemas:

- Análise de requisitos: transforma as necessidades e/ou expectativas em requisitos técnicos (*shall be, shall do*).
- Decomposição de requisitos: os requisitos são derivados de um nível mais alto para os mais baixos, determinando as funções lógicas do produto.
- Análise das alternativas de sistemas: ao final da decomposição chega-se a diferentes tipos de conceitos que podem atender a missão. Torna-se necessário, então, *trade off* para escolha da melhor solução dentro dos parâmetros restritivos.

- Geração de especificações de sistema: ao final são geradas as especificações da solução para o sistema que será entregue por uma SOW para o resto do desenvolvimento.
- Operação do sistema.

A Figura 4.8 ilustra esses processos, assim como toda a comunicação entre os atores da cadeia proposta.

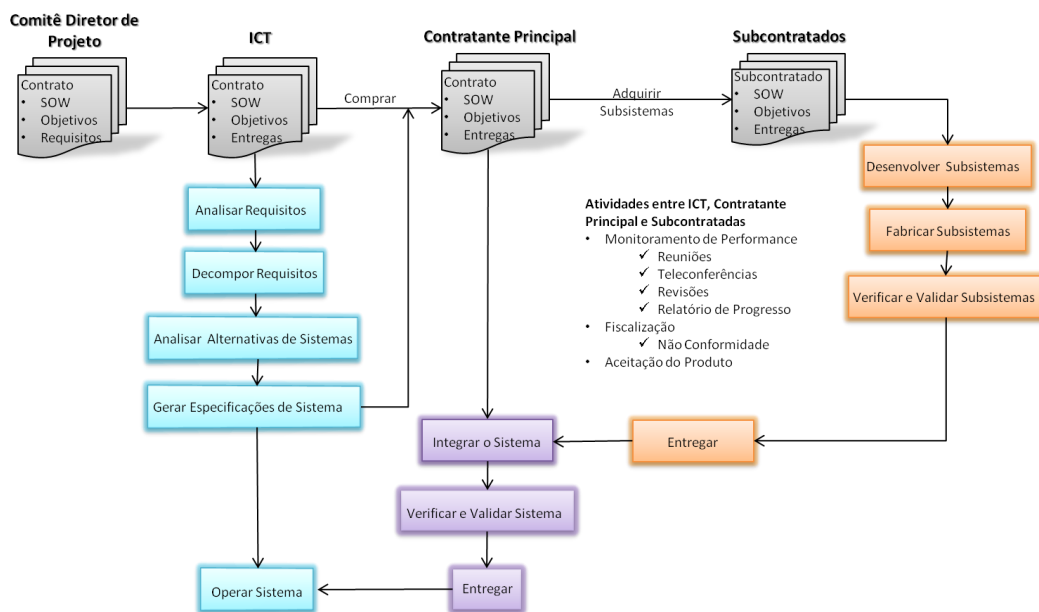


Figura 4.8 – Cadeia detalhada Cliente-Fornecedor proposta.

O SOW (*Statement of Work*) é uma saída importante nesse processo, pois define o **quê** e **como** o projeto vai ser entregue pelo Contratante Principal, servindo de contrato ou regras entre as partes. Deve abordar escopo e objetivos: equipamentos e quantidades a serem entregues; *Work Breakdown Structure* (WBS) e dicionário; cronograma; orçamento; recursos humanos; configuração e documentação; garantia do produto; e instruções de entrega.

Na fase de execução do projeto, de responsabilidade do Contratante Principal e dos Subcontratados, o Projetista Integrador do Sistema-Missão (ICT) tem a

função de monitoramento e controle. O escritório de projetos (PMO) pode acompanhar o gerenciamento monitorando o cronograma, as revisões de projeto com suas RIDs e IAs, os *baselines* configurados, CCBs e as ECRs, a documentação e seu controle de versão, assim como a gestão dos riscos e o próprio contrato com suas extensões.

Os fiscais técnicos devem fiscalizar o andamento técnico do projeto, participando de reuniões técnicas e bancas de revisão, gerando IAs e garantindo que os requisitos sejam verificados e atendidos.

4.7. O papel do Contratante Principal

O Contratante Principal assume o papel da ICT na cadeia e pode ser responsável pela integração do segmento satélite ou outros segmentos como: Satélite; Satélite, Solo e Lançador; ou de todo o sistema-missão. Trazendo algumas vantagens, já citadas, como agilizar as contratações e flexibilizar o tipo de contrato e a contratação de recursos humanos. Com a ICT no papel de Contratante Principal há apenas uma modalidade de aquisição permitida por lei, que é a de preço e prazo fixos, conforme descrito na seção 2.8.

É importante ressaltar que isso não significa que todo esse processo seja feito sem diligência e método. Em verdade, o Contratante Principal desenvolve um processo bem robusto para qualquer tipo de contratação.

O exemplo a seguir descreve todo o processo de contratação do satélite SGDC pela Telecomunicações Brasileiras S.A. (TELEBRAS): os requisitos preliminares *Request for Information* (RFI); *Request for Proposal* (RFP); e *Best and Final Offer* (BAFO). (Estadão, 2014?)

Primeiramente, foram estabelecidos os requisitos preliminares de alto nível, nesse caso pela TELEBRAS, como cliente. Com esses requisitos a TELEBRAS realizou uma RFI ao mercado por meio de veículos de comunicação, como revistas e jornais do segmento em questão.

A RFI buscou soluções técnicas quando se têm poucas informações ou conhecimento do produto, e com isso foi possível que o aprimoramento dos requisitos. Nessa etapa, onze empresas responderam à RFI.

Depois do aprimoramento dos requisitos foi lançada a requisição de proposta ou *Request for Proposal* (RFP) e nove empresas responderam, demonstrando interesse no desenvolvimento do satélite. Tiveram início, então, as negociações para o fornecimento do satélite.

Iniciou-se, então, a etapa que antecede a escolha do fornecedor e a assinatura do contrato, a *Best and Final Offer* (BAFO). Nela, três empresas finalistas, munidas de suas propostas, foram detalhadamente analisadas, dando origem ao relatório comparativo para escolha da melhor alternativa. Todo esse processo demandou aproximadamente nove meses de esforço contínuo, que estão resumidos na Figura 4.9.

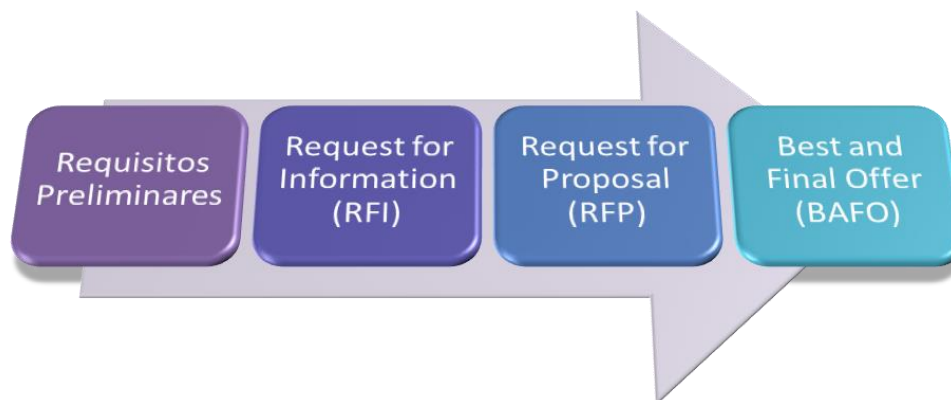


Figura 4.9 – Processo de Aquisição do satélite SGDC.

A menor burocracia para alocação de recursos humanos, pelo Contratante Principal privado, também é uma vantagem nessa cadeia, visto que ele pode contratar e treinar os recursos com maior facilidade, buscar consultores internacionais sem a demora burocrática dos órgãos públicos, além da possibilidade de contratação de mão de obra temporária para determinados

projetos, no caso de falta de demanda. As principais atividades desenvolvidas pelo Contratante Principal durante o projeto são:

Entradas: SOW; objetivos; restrições; entregas; IAs, e aceitação do produto.

Atividades: desenvolver o plano de gestão do programa ou projeto; criar ou decompor WBS e árvore do produto; desenvolver cronograma e solução para níveis de subsistemas e equipamentos; planejar e monitorar qualidade e configuração, gerenciamento de riscos/política de gestão de riscos, aquisições, comunicação; desenvolver planos de gestão de custos, de recursos humanos e de requisitos; orientar e gerenciar a execução do projeto e Subcontratados; gerenciar as expectativas das partes interessadas; montagem, integração e testes; verificar escopo e se todos os *waivers* e desvios foram aceitos; demonstrar que o produto não tem não-conformidades que impeçam de ser colocado em operação; montagem, integração e validação; autorizar entrega do produto; e IAs.

Saídas: dossiê *As-Built* e EIDP; produto pronto para lançamento e operação; relatórios de integração e de desempenho; solicitação de mudanças; mudanças validadas; *design* final; *Interface Control Document* (ICD); plano de gerenciamento do projeto ou programa; planos auxiliares; WBS e árvore de produto; especificação técnica em nível de equipamento; Documento de aceite do produto.

A maioria das atividades do Contratante Principal concentra-se entre as Fases B, C e D, quando mescla seu papel entre líder e suporte. É nessa etapa do projeto que as interações de comunicação entre toda a cadeia se intensificam. A Figura 4.10 apresenta essas interações, e quem recebe e provê informação para cada um dos atores da cadeia. As setas laranja representam as informações dadas, e as azuis as recebidas.

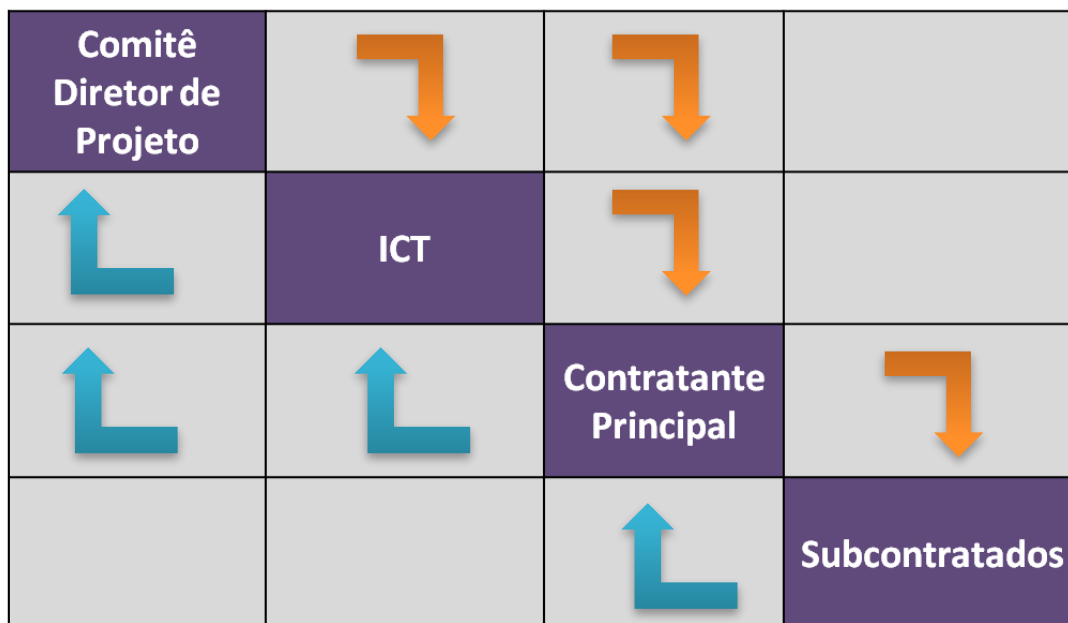


Figura 4.10 – Fluxo da comunicação Cadeia Cliente-fornecedor proposta.

Ao abordar o gerenciamento de projeto é possível citar o plano de gerenciamento de projetos como uma atividade a ser desenvolvida a partir de um grande esforço, e que tem forte relação com outras atividades. De modo bem abrangente, é dentro desse plano que podem estar todos os outros planos auxiliares, como o de gerenciamento de requisitos, gerenciamento de prazo, de custo, de qualidade, de garantia do produto de configuração, de riscos, de comunicação e de aquisições.

Assim como esses planos podem ser concebidos individualmente, podem também apresentar-se separadamente. Caso isso ocorra, o plano de gerenciamento de projetos descreverá sucintamente tudo aquilo que será executado (plano de base), referenciando os outros documentos que representam, juntos, o *baseline* do projeto.

Esses planos representam uma imagem ou aquilo que é idealizado para o projeto: o que será executado, monitorado e controlado por esse *baseline*. Qualquer alteração será precedida de ações para recuperação do que foi proposto. Cabe então ao Contratante Principal fazer uma declaração detalhada do escopo do projeto, abrangendo todas as entregas a serem feitas.

Evidentemente, todo processo deve ser aprovado pelo Projetista Integrador do Sistema-Missão (ICT).

Desenvolve-se, assim, uma WBS com seu dicionário, descrevendo as entregas e os pacotes com seus respectivos responsáveis. Com isso, acorda-se o cronograma contendo os marcos de entregas de revisão de projetos, de documentação, inspeções obrigatórias, e duração das atividades com precedências, entre outros.

Nesse momento do projeto já foram realizados os sequenciamentos das atividades; o levantamento das necessidades dos recursos humanos para sua execução; a descrição; treinamento; e certificação da mão de obra disponível e selecionada. O histograma de recursos pode, então, ser desenvolvido e alocado aos recursos humanos necessários. Isso se aplica caso parte do projeto seja desenvolvida pelo Contratante Principal, caso contrário deve ser elaborado o plano de aquisições.

Os custos podem ser refinados, e definido um método de controle tanto para os custos quanto para os prazos. O plano de configuração e documentação é constituído estabelecendo e mantendo as características funcionais e físicas do produto pela documentação configurada. Fazem parte também a identificação, controle e verificação do estado da configuração.

O controle da configuração define os processos para pedidos de ECRs e sua classificação, como, por exemplo, classe 1 e classe 2, e o fluxo das atividades para sua aceitação diante de uma banca que analisa os impactos e concede ou não essas mudanças. Esse comitê é chamado *Configuration Control Board* (CCB). Toda mudança, via ECR, modifica a solução proposta que atende os requisitos gerais do projeto, por isso necessita da aprovação do Comitê Diretor do Projeto e Projetista Integrador do Sistema-Missão.

O Contratante Principal é responsável pela organização das revisões de projetos. O Comitê Diretor do Projeto e Projetista Integrador do Sistema-Missão podem participar das revisões e reuniões técnicas, mas o contratante precisa

manter rastreabilidade e o controle sobre os IAs, além de implementar o controle para emissão e aprovação dos documentos gerados pelo projeto.

Reuniões mensais de progresso devem acontecer periodicamente entre o Contratante Principal, o Comitê Diretor do Projeto, e o Projetista Integrador do Sistema-Missão, para discussão do progresso das atividades e os processos críticos vinculados ao projeto. As atas dessas reuniões serão documentadas e configuradas. Relatórios de progresso serão gerados mensalmente e entregues a ICT e a agência espacial, com o cronograma resumido e situação atual do programa.

Em caso de atraso ou áreas problemáticas um plano de ação precisa ser gerado para recuperação do cronograma ou mitigação dos impactos. O plano de gerenciamento de risco, contendo a identificação dos riscos, probabilidades e impactos, também deve ser gerado, assim como um plano de resposta e monitoramento dos riscos.

Para que haja a verificação e validação do produto final, tanto na qualificação como no modelo de voo, é crucial que aconteça o acompanhamento das partes interessadas, dos requisitos, da montagem, integração e teste do sistema como um todo.

4.8. Papel dos Subcontratados

Basicamente, para o patrocinador a interface entre Subcontratado e Contratante Principal é similar à do Contratante Principal para o patrocinador. Uma SOW é gerada com os requisitos melhor detalhados ou até uma especificação. As restrições, como custo e prazo, são informadas pelo Contratante Principal ao Subcontratado.

Um documento primordial é o de interface técnica, o ICD, negociado entre o Contratante Principal e Subcontratados, e que impacta diretamente na concepção dos subsistemas. É preciso lembrar que é de responsabilidade do contratado (Subcontratado) fornecer uma solução em nível de subsistema, cujo

os equipamentos podem ser desenvolvidos por ele ou comprados de fornecedores, e será integrado pelo Contratante Principal.

Segundo Larson *et al* (2009), o documento de ICD deve informar os elementos seguintes: a) interfaces elétricas (circuito de interface): identificação dos conectores elétricos e pinagens; características da fonte de *Power*; b) interfaces mecânicas (*footprint* de montagem): envelope mecânico; c) interface térmica: tipo de interface; range de temperatura; d) locação de recursos técnicos: massa, *power*, volume etc.: d) definição dos ambientes eletromagnético, térmico e de radiação; e) medidas de controle de medida; e f) métodos de transporte e manuseio.

Essa etapa do ciclo de vida do projeto é representada pelo final da Fase B e as Fases C e D, e as principais atividades são:

Entradas: especificações; restrições; SOW; e IAs.

Atividades: decomposição de requisitos em nível de subsistema e equipamento; solução de arquitetura física de subsistemas e equipamentos; desenvolvimento, fabricação e testes; informar andamento do projeto ao Contratante Principal; e resolver não conformidades, desvios, *waivers* e IAs.

Saídas: subsistema ou equipamentos; relatórios de andamento do projeto; e pedidos de desvios, *waivers*, não conformidade, e ECRs.

5 CONCLUSÕES

O modelo proposto enfatiza os seguintes aspectos:

- Ele desvincula o desenvolvimento tecnológico básico da fase de desenvolvimento dos projetos espaciais em nível de sistema, reduzindo assim o risco em termos de prazo e custo, uma vez que reduz a possibilidade de complicações no desenvolvimento pela falta do conhecimento da tecnologia em questão. Com isso fica reduzido o nível de complexidade das eventuais modificações quando do desenvolvimento do produto no contexto do projeto espacial, modificações estas que constituem um dos grandes problemas do modelo atual.
- Através de um contratante principal responsável ao menos pelo segmento espacial, o número de contratos é reduzido significativamente, uma vez que todos os equipamentos dos subsistemas serão objeto de contrato efetuado pelo Contratante Principal e não mais pela ICT integradora do sistema. Estes contratos serão firmados no âmbito privado e, portanto, não condicionados à Lei de contratações públicas.
- As eventuais modificações dos equipamentos durante as revisões poderão ter o impacto financeiro absorvido pelo Contratante Principal a partir de suas margens, uma vez que nem todos os equipamentos serão significativamente modificados. Os problemas com modificações de contrato devido às restrições da Lei e da quantidade significativa de contratos serão reduzidos pelo modelo proposto.
- Haverá uma redução significativa de demanda de pessoal, tanto para a confecção da documentação de contratação, quando para o processo de acompanhamento. A morosidade relatada devido ao processo complexo de contratação será reduzida, uma vez que somente um contrato será realizado, o da ICT com o Contratante Principal, tendo como objeto, ao menos o segmento espacial (satélite).

O modelo proposto ainda não resolve alguns problemas relatados na análise, tais como a constância do fluxo financeiro, a eventual reestruturação dos órgãos para se ter maior autonomia e a aposentadoria/contratação de pessoal. Este último problema teria sua gravidade parcialmente reduzida, uma vez que a demanda por recursos humanos nas ICTs seria reduzida pela transferência de diversas atividades para o Contratante Principal.

Com isso, conclui-se que o objetivo global estabelecido no início dessa dissertação foi atingido, uma vez que foi proposto no Capítulo 4 um modelo de processo para gestão da cadeia-cliente-fornecedor para projetos espaciais conduzidos por ICTs.

Quanto aos objetivos específicos, o primeiro, (a), de análise e diagnóstico dos principais problemas do modelo atual, o Capítulo 2 (Revisão Bibliográfica), relatou alguns problemas não somente do modelo de contratação, mas também da legislação, da estrutura organizacional e dos recursos humanos. O Capítulo 3 (Análise), com destaques e conclusões do autor deste trabalho, fez um diagnóstico mais preciso do modelo e dos problemas atuais da área.

O segundo objetivo específico, (b), a proposição de um modelo, foi cumprido pelas seções 4.1 (Processo de Desenvolvimento de Tecnologias) e 4.2 (O Contratante Principal) no desenvolvimento de um projeto espacial.

O terceiro e quarto objetivos específicos, (c) e (d) onde se requer a definição das organizações envolvidas e seus papéis, foi atingido pelas seções 4.5 (Comitê Diretor de Projeto), 4.6 (O Papel do projetista Integrador do Sistema-Missão), 4.7 (O Papel do Contratante Principal), e 4.8 (Papel dos Subcontratados).

O quinto objetivo específico, (e), que discorre sobre o impacto do TRL no desenvolvimento e a arquitetura necessária para o modelo proposto é respondido nas seções 4.1 (Processo de Desenvolvimento de Tecnologia) e 4.3 (Arquitetura da ICT e Contratante).

Apesar do modelo proposto trazer diversos benefícios, existem algumas dificuldades para implantá-lo, destacando-se as seguintes:

- Para se contratar o desenvolvimento de equipamentos usando a Lei de Inovação Tecnológica até o nível TRL-4, será necessário executar na ICT e/ou na agência espacial, por ocasião do planejamento das missões espaciais, atividades de concepção (Fase 0) das missões espaciais, de forma que as tecnologias necessárias para as missões futuras sejam claramente definidas, incorporando na contratação o núcleo da tecnologia alvo. Isto exigirá que sejam realizados sistematicamente estudos das missões espaciais futuras, o que representa hoje uma dificuldade devido aos escassos recursos humanos de alta qualificação necessários para essa fase.
- Para se contratar um Contratante Principal será necessário conduzir uma Fase A e, eventualmente, iniciar a Fase B, de forma que se complete a Revisão de Requisitos do Sistema para bem caracterizar o sistema a ser objeto do contrato. Também é necessária uma definição do processo de desenvolvimento e de sua metodologia, de forma a garantir que o Contratante Principal cumpra não somente as exigências do produto, como também as vinculadas ao processo, as quais garantem o controle da qualidade do produto pela ICT que é cliente.
- A necessidade de vencer a resistência da ICT responsável pelo desenvolvimento do sistema-missão à implantação do modelo, o que pode ser alcançado com um melhor entendimento dos papéis a serem atribuídos a ela e ao Contratante Principal.

Como recomendação para trabalhos futuros, destacam-se aspectos não atacados no modelo proposto, ou dificuldades já identificadas para sua implementação, aqui enumeradas:

- As deficiências de governança do SINDAE, e as alternativas para a melhoria do sistema.

- O estudo detalhado da Lei de Inovação, com o desenvolvimento de um modelo específico para tecnologias espaciais.
- Estudo das figuras jurídicas de órgãos públicos como fundações, agências e organizações sociais e as Leis associadas, propondo com isto uma possível migração do atual modelo de administração direta, para outros a ela vinculada, mas sem a rigidez atual.
- Avaliar a incorporação, como prática obrigatória, do estudo de Fase 0 antes da incorporação de qualquer missão espacial ao PNAE, e propor como este estudo seria efetuado considerando os órgãos envolvidos.
- Estudar o processo de desenvolvimento de uma missão espacial em detalhe, avaliando quais as atividades e documentos mínimos que deveriam ser desenvolvidos antes de se preparar o edital para a contratação de um Contratante Principal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). PROGRAMA ESPACIAL. Brasília, 2010. Disponível em:

<http://www.aeb.gov.br/programa-espacial/> Acesso em: 22/10/2014.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). ESTRUTURA ORGANIZACIONAL. Brasília, 2010. Disponível em:

<http://www.aeb.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/estrutura-organizacional/> Acesso em: 22/10/2014.

ALISKI, A. Dilma confirma construção de satélite para defesa. **O Estado de São Paulo**. 2013. Disponível em:

<http://politica.estadao.com.br/noticias/geral,dilma-confirma-construcao-de-satelite-para-defesa,1093419> (acessado em 21/06/2014).

AMACON. **The AMA handbook of project management**. 2ed. United States of America: AMA, 2006.

ASSOCIAÇÃO AEROESPACIAL BRASILEIRA (AAB). **A visão da AAB para o Programa Espacial Brasileiro**. 1ed. São José dos Campos, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO/IEC 15288: engenharia de sistemas e software – processos de ciclo de vida de um sistema**. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei da Inovação - Lei 10973/04 | Lei no 10.973, de 2 de dezembro de 2004. JusBrasil. Disponível em: <http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/97178/lei-da-inovacao-lei-10973-04>>. Acessado em: 02/08/2014.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei de Licitações - Lei 8666/93 | Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. JusBrasil. Disponível em:

<<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/103866/lei-de-licitacoes-lei-8666-93>>. Acesso em: 02/08/2014.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. PNDAE - Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1332.htm>. Acesso em: 12/09/2014.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Câmara dos Deputados - Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Disponível em:
<http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/14825/lei_licitacoes_2ed.pdf?sequence=6>. Acesso em: 12/09/2014.

CARDOSO, L. S. **Gestão do conhecimento**: um caminho para a preservação do conhecimento na área de Engenharia e Tecnologia Espacial do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2012. Monografia (Conclusão de Curso) – FGV/INPE, São José dos Campos.

CHESLEY, J.; MENRAD, B.; LARSON, W. J. **Applied project management for space system**. Estados Unidos da América: McGraw-Hill, 2008.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Concurrent design facility**. 2014. Disponível em: http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering/CDF. Acesso em: 05/07/2014.

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Technology readiness levels handbook for space applications** Noordwijk, 2009. (TEC-SHS/5551/MG/ap).

EUROPEAN SPACE AGENCY FOR THE MEMBERS OF ECSS. **ECSS-M-ST-10C**. Space project management: project planning and implementation. Noordwijk, 2009.

INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING (INCOSE). **System engineering handbook**: a guide for system life cycle processes and activities. San Diego, CA, USA, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 21500**: guidance on project management. Rio de Janeiro, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/IEC TR 24748-1**: systems and software engineering – life cycle management. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **SCD-1**. São José dos Campos, 2010. Disponível em:
<http://www.inpe.br/scd1/site_scd/scd1/missao.htm> Acesso em: 14/09/2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **CBERS**. São José dos Campos, 2010. Disponível em:
<http://www.cbbers.inpe.br/sobre_satelite/historico.php> Acesso em: 14/09/2014.

KERZNER, H. **Gestão de projetos**: as melhores práticas. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2006.

LARSON, W.; KIRKPATRICK, D.; SELLERS, J.; THOMAS, L.; VERMA, D. **Applied space systems engineering**. Estados Unidos da América: McGraw-Hill, 2009.

MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos**: como transformar ideias em Resultados. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MENDES, J. R. B. **Gerenciamento de projetos**: na visão de um Gerente de Projetos. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Lei de inovação**. Brasília, 2010. Disponível em:
<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/8477.html>> Acesso em: 02/08/2014.

NASA **Team X**. 2013. Disponível em: <http://jplteamx.jpl.nasa.gov/>. Acesso em: 05/07/2014).

NASA. **NASA systems engineering handbook**. Washington, DC, 2007.
NASA/SP-2007-6105 REV1.

PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK). **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. Project Management Institute, 2008. ISBN 1-933890-51-7.

PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK). **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. Project Management Institute, 2004. ISBN 978-1-930699-45-8.

ROLLEMBERG, R. **A política espacial brasileira**. 1. ed. Brasília: Centro de Documentação e Informação Câmara, 2010.

SABBAG, P. Y. **Gerenciamento de projetos e empreendedorismo**. 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

SANTOS, M. F. C. L. **Um roteiro prático para agilização e disciplina do fluxo interno de encaminhamento de processos de compras destinados aos usuários do INPE**. 2012. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – FGV/INPE, São José dos Campos.

VARGAS, R. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

APÊNDICE A – A LEI DA INOVAÇÃO

A Lei número 10.973, de 2 de dezembro de 2004, denominada Lei da Inovação, é aqui parcialmente apresentada com o objetivo de embasar argumentos utilizados no estudo.

A Lei baseia-se em três pilares fundamentais: a) constituição de ambiente propício às parcerias estratégicas entre universidades, institutos tecnológicos e empresas; b) estímulo à participação de instituições de ciência e tecnologia no processo de inovação; e c) incentivo à inovação na empresa. Seu principal mecanismo é a concessão de recursos humanos, financeiros, materiais e de infraestrutura para as empresas nacionais. A concessão de recursos é feita por financiamento, participação societária, ou subvenção econômica, e nesse caso exige-se uma contrapartida da empresa beneficiada.

A Lei prevê parcerias entre universidades e instituições de ciência e tecnologia (ICTs) como é o caso do INPE, e incubação de empresas no espaço público. Também dá liberdade para pesquisadores públicos constituírem suas próprias empresas de base tecnológica, ou serem contratados por empresas privadas. Permite, ainda, contratos para transferência de tecnologia a interessados na aplicação comercial.

O objetivo é o desenvolvimento industrial pela transferência do conhecimento do ambiente acadêmico para o setor produtivo, estimulando a cultura da inovação no País (MCT, 2014?).

A Lei abre a possibilidade das ICTs, como o INPE, celebrarem acordos de parceria ou contratação de empresas privadas visando à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento, que envolvam risco tecnológico, para a solução de problema técnico específico ou obtenção de produto ou processo inovador.

Ela traz a flexibilidade de prorrogar o prazo do projeto, mediante auditoria técnica e financeira, ou até mesmo encerrar o contrato tendo ele alcançado resultado apenas parcial, diferentemente da Lei nº 8.666/93, que rege as

contratações públicas comuns, onde uma vez contratado o serviço o escopo tem de ser cumprido integralmente, e se não o for penalidades cabíveis podem ser aplicadas, o que dificulta seu uso (da Lei 8.666/93) em projetos de alta complexidade e risco tecnológico.

Conforme descrito no Capítulo 4, a Lei da Inovação traria ganhos importantes para os desenvolvimentos iniciais, até um ponto de maior maturidade, quando então a Lei de Licitações poderia ser usada.

O uso das duas leis em conjunto traria mais um benefício interessante, que é o de liberar o autor do projeto básico ou executivo, sendo ele pessoa física ou jurídica, para participar, direta ou indiretamente, da licitação ou da execução do projeto subsequente, o que não é possível hoje com a Lei de Licitações. A princípio usar-se-ia a Lei nº 10.973/04 para o desenvolvimento inicial e a Lei nº 8.666/93 para execução final, liberando, assim, a empresa que desenvolveu para executar o projeto, o que diminuiria substancialmente o risco do projeto. (JusBrasil, 2014?).

Para finalizar e corroborar com as afirmações feitas acima, uma sequência lógica usada nesse processo, seria a priori usar a Lei nº 8.666/93 através do artigo 24, inciso XXXI.

É dispensável a licitação: nas contratações visando ao cumprimento do disposto nos arts. 3º, 4º, 5º e 20 da lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, observados os princípios gerais de contratação dela constantes. (Incluído pela Lei nº 12.349, de 2010) (JusBrasil, 2014?).

Com isso, a posteriori, aconteceria a contratação de uma empresa privada, por exemplo, com o uso da Lei nº 10.973/04, artigo 20.

Os órgãos e entidades da administração pública, em matéria de interesse público, poderão contratar empresa, consórcio de empresas e entidades nacionais de direito privado sem fins lucrativos voltadas para atividades de pesquisa, de reconhecida capacitação tecnológica no setor, visando à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento, que envolvam **risco tecnológico**, para solução de problema técnico específico ou obtenção de produto ou processo inovador (JusBrasil, 2014?).

Cria-se uma alternativa para a contratação de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que envolvem risco tecnológico, exatamente o caso a que se referem às fases iniciais do projeto já mencionadas. É igualmente importante citar os incisos:

- 2° Findo o contrato sem alcance integral ou com alcance parcial do resultado almejado, o órgão ou entidade contratante, a seu exclusivo critério, poderá, mediante auditoria técnica e financeira, prorrogar seu prazo de duração ou elaborar relatório final dando-o por encerrado.
- 3° O pagamento decorrente da contratação prevista no caput deste artigo será efetuado proporcionalmente ao resultado obtido nas atividades de pesquisa e desenvolvimento pactuadas.

Então, depois de todo o desenvolvimento inicial, passar-se-ia o projeto ao Contratante Principal para sua continuidade, sendo cabível a contratação pela integradora da empresa que desenvolveu a tecnologia em sua fase primeira, tornando-se uma subcontratada na cadeia cliente-fornecedor.

APÊNDICE B – PROCESSOS DE AQUISIÇÃO E TIPOS DE CONTRATO

A prática habitual para os contratos estabelecidos pela administração pública brasileira, independentemente do processo licitatório adotado, é sempre a de prazos e custos fixos. Tal modalidade, existente em todo o mundo, não é necessariamente a melhor para os contratos de desenvolvimento tecnológico.

A título de exemplo, este Apêndice apresenta uma visão geral dos processos de aquisição e dos tipos de contratos adotados no exterior na gestão de projetos. Define-se, em termos gerais, sua aplicação.

Segundo o PMBOK (2008), há três tipos de contratos: o contrato a preço fixo e o a custos reembolsáveis, que são gerais, e um terceiro, o contrato por tempo e material. A ECSS-M-ST-60C (2009) considera o contrato por tempo e material como uma subdivisão do contrato de custos reembolsáveis.

Os contratos a preço fixo têm um preço fixo global para a entrega do produto; apresentado nos seguintes subconjuntos:

- Contratos de preço fixo garantido: o preço é definido no começo do empreendimento e não sofre alteração, ao menos que haja uma alteração do escopo, o que exigiria um acordo entre as partes.
- Contrato de preço fixo com remuneração: tem as propriedades do preço fixo com flexibilidade de pagamento, caso o fornecedor cumpra as métricas estabelecidas, havendo, assim, incentivos financeiros.
- Contrato de preço fixo com ajustes econômico do preço: haverá ajuste econômico para os projetos de longa duração. Um exemplo são ajustes econômicos causados pela inflação anual.

Os contratos de custos reembolsáveis caracterizam-se pelo pagamento dos custos do fornecedor, acrescidos de uma remuneração que seria o lucro; apresentado nos seguintes subconjuntos:

- Contratos de custo mais remuneração fixa: o fornecedor é reembolsado por todos os custos do projeto, adicionado de uma remuneração calculada como uma porcentagem dos custos acordados no início do projeto.
- Contratos de custo mais remuneração de incentivo: caracterizam-se pelo reembolso dos custos acrescidos de um incentivo financeiro, por atingir objetivos preestabelecidos.

Os contratos por tempo e material são calculados em relação ao tempo de trabalho e valor da hora, somados aos materiais necessários para execução. Geralmente, apresentam cláusulas de valores máximos a serem pagos. Para os projetos espaciais essa flexibilidade se faz necessária, já que os produtos têm um alto grau de incerteza e risco. A tecnologia, muitas vezes, nunca foi usada antes ou nunca foi produzida no País, e são necessários contratos diferentes do de preço fixo.

A Figura B.1 e a Tabela B.1 apresentam o grau de risco e os tipos de contratos. Ambos auxiliam na escolha mais adequada para gestão de aquisição do projeto.

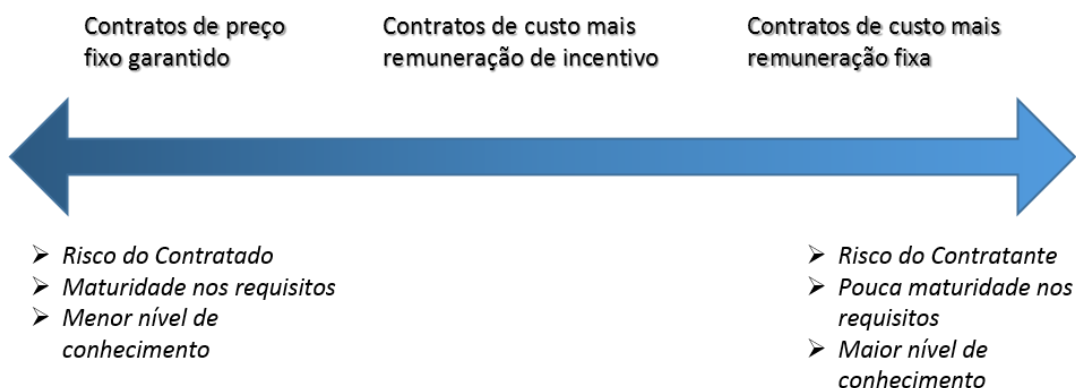


Figura B.1 – Grau de risco dos tipos de contrato.

Fonte: adaptada de Applied Space System Engineering (2009, p.373).

Tabela B.1 – Modalidades de contratos industriais.

	Contratos a preço fixo garantido	Contrato a preço fixo com remuneração	Contratos de custo mais remuneração de incentivo	Contratos de custo mais remuneração fixa	Contratos por tempo e material
Princípios	<p>O Contratado é pago após a entrega do objeto contratado.</p> <p>O Contratado assume todo o risco e responsabilidade pelo projeto.</p>	<p>Estabelece um preço fixo que é pago em consequência do sucesso do contrato.</p> <p>Adiciona um prêmio em cima do preço fixo do que é pago ao contratado.</p> <p>Envolve uma avaliação subjetiva sobre o desempenho do contratado.</p>	<p>Prevê ajuste de remuneração de incentivo sobre a relação dos custos totais em função dos custos almejados.</p> <p>Especifica os custos desejados, remuneração de incentivo ambicionada, mínima e máxima remuneração de incentivo e fórmula de ajuste.</p>	<p>Prevê o pagamento de uma taxa de remuneração que é fixada no início do contrato.</p> <p>A remuneração não varia com os custos reais incorridos, mas pode ser ajustada, como resultado de mudanças no contrato.</p>	<p>Horas diretas trabalhadas que são relacionadas com o custo fixo da hora trabalhada.</p> <p>Custo dos materiais.</p>
Aplicações	<p>Os requisitos estão bem definidos.</p> <p>Os bens ou serviços a serem adquiridos são comerciais e não precisam ser desenvolvidos.</p> <p>Não é possível fazer uma estimativa realística do custo de execução.</p>	<p>Usado quando o Governo anseia motivar o contratado e outros tipos de incentivo não podem ser aplicados e não é possível medir o desempenho de uma forma objetiva.</p>	<p>Utilizado quando o custo pretendido e a fórmula de reajustes de remuneração de incentivo podem ser negociados e sirvam para motivar o contratado.</p> <p>Comumente usado para serviços, pesquisa e desenvolvimento, e programa de testes.</p>	<p>Usado quando o contrato é para pesquisa, estudo ou exploração preliminar e desconhece-se o nível de esforço necessário.</p> <p>Usado para contratos de desenvolvimento e teste, quando uma remuneração de incentivo não é prática.</p> <p>Usado para projetos com riscos significativos de custo, cronograma ou desempenho.</p>	<p>Usado apenas quando não é possível estimar com precisão a extensão ou a duração do trabalho ou de antecipar os custos com um grau razoável de confiança.</p> <p>Comumente usado para serviços de reparo e quando o contratado não tem o sistema de contabilidade para apoiar um contrato de custos reembolsáveis.</p>
Nível de supervisão governamental	Mínimo	Significativo	Significativo	Significativo	Máxima
Limitações	<p>O risco de desempenho tem que ser bem definido e justo para que o Contratado não seja motivado a sacrificar a qualidade para obter um maior lucro.</p>	<p>Os benefícios esperados devem ser maiores do que as despesas administrativas adicionadas.</p> <p>Requer um procedimento de avaliação para premiação e um <i>board</i> para avaliação da premiação.</p>	<p>Não pode ser usado para adquirir itens comerciais.</p> <p>A supervisão do governo é necessária para garantir que o contratante utilize mecanismos eficientes de controle de custo.</p>		<p>Esse tipo de contrato não prevê qualquer incentivo positivo para o contratado controlar os custos. Por esse motivo é necessária uma quantidade significativa de supervisão.</p>

Fonte: adaptada de Applied Project Management for Space Systems (2008, p.375-378).

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO

Participaram dessa entrevista o engenheiro Janio Kono que possui graduação em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e mestrado em Eletrônica e Telecomunicações pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Atualmente trabalha como Gerente de Sistemas Espaciais do programa Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicação (SGDC) na empresa VISIONA e trabalhou como Tecnologista Sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tem experiência como: Gerente do Segmento Espacial do Satélite SCD-1; Gerente do Programa MECB; Coordenador do Programa de Satélites de Aplicação; Coordenador do Programa CBERS.

O engenheiro Mário Marcos Quintino da Silva que possui graduação em Engenharia Mecânica-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Atualmente é Gerente de Programas do programa SGDC na empresa VISIONA e trabalhou como Tecnologista Sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Tem experiência como: Coordenador geral da engenharia do INPE; Coordenador do Programa de Satélites baseados na Plataforma Multimissão; Chefe da Divisão de Sistemas Espaciais –DSE; Gerente do Segmento Espacial do Programa MECB – SGM.

Segue abaixo as perguntas que nortearam as entrevistas feitas.

- 1) *Durante o desenvolvimento dos programas espaciais brasileiros, qual foi o arranjo industrial usado?*
- 2) *O que foi desenvolvido no INPE e o que foi comprado fora?*
- 3) *Qual foi o papel do INPE da AEB e da Indústria?*
- 4) *A Indústria possuía maturidade para o desenvolvimento dos subsistemas?*
- 5) *Houve um Contratante Principal?*
- 6) *Qual é o modelo recente das contratações do programa? O desenvolvimento de equipamentos e subsistemas foi contratado?*
- 7) *Qual é sua opinião sobre a sistemática das contratações utilizadas? Quais eram os pontos positivos e negativos?*