



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21c/2020/05.20.21.47-TDI

## UMA ABORDAGEM DE ENGENHARIA DE SISTEMAS APLICADA A PROJETOS PARA GRANDES INFRAESTRUTURAS NO SETOR ESPACIAL

João Rizzetto Neto

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Geilson Loureiro, aprovada em 26 de maio de 2020.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/42GT5QE>>

INPE  
São José dos Campos  
2020

## **PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GBDIR)

Serviço de Informação e Documentação (SESID)

CEP 12.227-010

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/7348

E-mail: pubtc@inpe.br

## **CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):**

### **Presidente:**

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CGCPT)

### **Membros:**

Dra. Carina Barros Mello - Coordenação de Laboratórios Associados (COCTE)

Dr. Alisson Dal Lago - Coordenação-Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA)

Dr. Evandro Albiach Branco - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (COCST)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT)

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação - (CPG)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

### **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

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

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Ivone Martins - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Cauê Silva Fróes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21c/2020/05.20.21.47-TDI

## UMA ABORDAGEM DE ENGENHARIA DE SISTEMAS APLICADA A PROJETOS PARA GRANDES INFRAESTRUTURAS NO SETOR ESPACIAL

João Rizzetto Neto

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Geilson Loureiro, aprovada em 26 de maio de 2020.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/42GT5QE>>

INPE  
São José dos Campos  
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Rizzetto Neto, João.

R529a Uma abordagem de engenharia de sistemas aplicada a projetos para grandes infraestruturas no setor espacial / João Rizzetto Neto. – São José dos Campos : INPE, 2020.

xxiii + 218 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21c/2020/05.20.21.47-TDI)

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2020.

Orientador : Dr. Geilson Loureiro.

1. Engenharia de sistemas. 2. Grandes infraestruturas. 3. Setor espacial. I.Título.

CDU 629.78

---



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/).

Aluno (a): **João Rizzetto Neto**

Título: "UMA ABORDAGEM DE ENGENHARIA DE SISTEMAS APLICADA A PROJETOS PARA GRANDES INFRAESTRUTURAS NO SETOR ESPACIAL"

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

**Engenharia e Tecnologia Espaciais/Eng. Gerenc. de Sistemas Espaciais**

Dr. Leonel Fernando Perondi



Presidente / INPE / São José dos Campos - SP

Participação por Vídeo - Conferência

Aprovado      ( ) Reprovado

Dr. Geilson Loureiro



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

Participação por Vídeo - Conferência

Aprovado      ( ) Reprovado

Dr. Adalberto Coelho da Silva Júnior



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

Participação por Vídeo - Conferência

Aprovado      ( ) Reprovado

Dr. Luis Eduardo Vergueiro Loures da Costa



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

Participação por Vídeo - Conferência

Aprovado      ( ) Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

( ) maioria simples

unanimidade

São José dos Campos, 26 de maio de 2020



Dedico este trabalho a meus pais, Hugo (in memoriam) e Jane que sempre me incentivaram a aprimorar meus conhecimentos. Dedico ainda a minha esposa Rejane e a meus filhos Carlos Eduardo, Fernanda e João Henrique pelo apoio durante a elaboração deste trabalho e com os quais compartilho os valores de desenvolvimento pela educação que recebi dos meus pais.



“Antes que você se torne um líder, o sucesso é seu próprio crescimento.  
Quando você se torna um líder, o sucesso é fazer os outros crescerem”.

Jack Welch (1935-2020)



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Dr. Geilson Loureiro pelas valiosas contribuições e confiança depositada em meu trabalho.

Aos professores da Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais, pela dedicação e capacidade de compartilhamento de seus conhecimentos.

Ao Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por ter me dado a oportunidade de desenvolver atividades de gestão no projeto de ampliação do laboratório, contribuindo para desenvolver este trabalho de mestrado em um ambiente ao mesmo tempo operacional e acadêmico.

A todos os demais discentes da Pós-graduação do INPE que, direta ou indiretamente, durante a convivência nas atividades de formação acadêmica, contribuíram para a realização desta dissertação.



## RESUMO

Para montagem, integração e testes, lançamento ao espaço, operação e desenvolvimento de aplicações de sistemas do segmento espacial, é necessária a implantação de infraestruturas de grande porte para instalação e operação dos equipamentos necessários para cada atividade. A implantação deste tipo de infraestrutura, devido a suas características de necessidade da execução de grandes obras civis e serviços de instalação, é um processo que apresenta grandes desafios de ordem técnica e administrativa. O objetivo deste trabalho é criar uma abordagem de implantação de projetos de grandes infraestruturas para o setor espacial utilizando de forma customizada os conceitos de engenharia de sistemas. Estes conceitos, embora frequentemente utilizados em projetos de desenvolvimento de sistemas espaciais, são aplicados de forma marginal em projetos de implantação de grandes infraestruturas para o setor. A abordagem desenvolvida neste trabalho visa à melhoria do planejamento, execução e gestão dos processos relacionados ao ciclo de vida de grandes infraestruturas de sistemas espaciais a serem implantadas para o desenvolvimento de atividades no setor espacial brasileiro e em outros setores de tecnologia com características semelhantes. Os aspectos de implantação de equipamentos operacionais e operação funcional da infraestrutura não serão desenvolvidos nesta abordagem.

Palavras-chave: Engenharia de Sistemas. Grandes Infraestruturas. Setor Espacial.



# **A SYSTEM ENGINEERING APPROACH APPLIED TO LARGE INFRASTRUCTURE PROJECTS IN THE SPACE SECTOR**

## **ABSTRACT**

For assembly, integration & testing, launching into space, development and operation of system applications in the space segment, it is necessary to implement large-scale infrastructures to install and operate the essential equipment for each activity. The implementation of this type of infrastructure, mandatory for the execution of large civil works and installation services, is a process that presents great technical and administrative challenges. The objective of this work is to create an approach for the implementation of large infrastructure projects for the space sector, using the systems engineering concepts. These concepts, although frequently used in development of space system projects, are marginally applied in infrastructure implementation projects for the sector. The approach developed in this work aims to improve the planning, execution and management of the processes related to the life cycle of infrastructures to be implemented by INPE for the development of activities in the space sector and can be applied in other scientific institutes or technology sectors with similar characteristics. The implementation aspects of operational equipment and functional operation of the infrastructure will not be developed in this approach.

Keywords: Systems Engineering. Large Infrastructures. Space Sector.



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 - Sistema espacial e seus segmentos.....	8
Figura 2.2 - Contribuições da engenharia de sistemas no gerenciamento de um projeto. ....	13
Figura 3.1- Processos técnicos de gerenciamento de projeto.....	16
Figura 3.2- Fases do ciclo de vida dos projetos NASA. ....	18
Figura 3.3 -Abordagem de engenharia de sistemas da NASA aos processos técnicos do projeto. ....	20
Figura 3.4- Estrutura normativa dos processos técnicos de projeto da ECSS.	23
Figura 3.5- Normas de gerenciamento de projetos espaciais ECSS.....	24
Figura 3.6- Ciclo de vida de missão espacial típica.....	33
Figura 3.7 -Representação do ciclo de vida de um projeto de grande infraestrutura ( <i>Large Infrastructure Project – LIP</i> ) .....	45
Figura 3.8 -Relação entre as estruturas analíticas de sistema, trabalho e organizacional para implantação de <i>Large Infrastructure Project – LIP</i> . ....	48
Figura 4.1- Fluxograma de procedimentos implantação de obra pública. ....	54
Figura 5.1- Fases do ciclo de vida de projetos de GISE. ....	59
Figura 5.2 Fases do ciclo de vida de projetos de GISE comparados aos ciclos de vida de projetos na NASA e na norma ECSS.....	61
Figura 5.3- Atividades da Fase 0 .....	63
Figura 5.4 – Exemplo de representação gráfica de cronograma de implantação de projeto GISE.....	66
Figura 5.5 -Atividades da Fase I do ciclo de vida de desenvolvimento de projetos de implantação de GISE.....	71
Figura 5.6- Organograma típico para equipe de projeto em implantação de GISE.....	75
Figura 5.7- Modelo V de engenharia de sistemas.....	77
Figura 5.8 – Fase II GISE - Etapas de desenvolvimento do projeto.....	86

Figura 5.9 -Atividades da Fase III do ciclo de vida de desenvolvimento de projetos de implantação de GISE.....	97
Figura 5.10 -Atividades da Fase III do ciclo de vida de desenvolvimento de projetos de implantação de GISE.....	103
Figura 6.1- Configuração do Laboratório de Integração e Testes de satélites do INPE antes da ampliação.....	109
Figura 6.2- <i>Layout</i> concepção inicial ampliação do Laboratório de Integração e Testes de satélites do INPE.....	110
Figura 6.3 – Extrato do documento termo de referência de contratação de serviços de projeto para a ampliação do LIT .....	115
Figura 6.4 -Projeto executivo de arquitetura do projeto executivo da ampliação do LIT.....	117
Figura 6.5 -Projeto executivo estrutural, corte da área 2, projeto de ampliação do LIT.....	118
Figura 6.6 -Projeto executivo de arquitetura, corte da área 2, projeto de ampliação do LIT.....	119
Figura 6.7 -Projeto executivo rede elétrica de distribuição da área 2, projeto de ampliação do LIT.....	120
Figura 6.8 -Projeto executivo climatização da área 2, projeto de ampliação do LIT.....	121
Figura 6.9 -Exigência de habilitação técnica para execução das obras civis do projeto de ampliação do LIT.....	124
Figura 6.10 -Evolução das obras civis da área 2 do projeto de ampliação do LIT.....	126
Figura 6.11 -Detalhes das instalações de utilidades do projeto de ampliação do LIT.....	127

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 3.1 Objetivos e produtos típicos das fases do ciclo de vida de projeto	19
Tabela 5.1 Fases do ciclo de vida de grandes infraestruturas para o setor espacial. ....	60
Tabela 5.2- Exemplo de representação de orçamento sintético com despesas comuns de projeto GISE. ....	68
Tabela 5.3- Exemplo de cronograma de desembolso de investimentos para implantação de projeto GISE em cinco anos.....	69
Tabela 5.4- Atividades dos grupos da equipe de projeto. ....	84
Tabela 6.1- Exemplo de cronograma de implantação de projeto GISE.....	111
Tabela 6.2 – Resumo das dimensões e outras características de áreas internas previstas no projeto de ampliação do LIT.....	113
Tabela 6.3 -Planejamento de reuniões técnicas durante as etapas de desenvolvimento do projeto executivo da ampliação do LIT. ....	116
Tabela 6.4 -Planilha orçamentária para execução de obras civis do projeto de ampliação do LIT.....	123
Tabela 7.1 -Referência de custos de projeto, execução de obra e civil e instalações de utilidades do projeto de ampliação do LIT no INPE.....	132



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIT	Laboratório de Integração e Testes
ETE	Engenharia e Tecnologia Espaciais
ESA	<i>European Space Agency</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
GISE	Grandes Infraestruturas de Sistemas Espaciais
INCOSE	<i>International Council on Systems Engineering</i>
NCOSE	<i>National Council on Systems Engineering</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
ECSS	<i>European Cooperation for Space Standardization</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
ES	Engenharia de Sistemas
GP	Gerenciamento de Projetos
GOCNAE	Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais
MECB	Missão Espacial Completa Brasileira
CRC	Centro de Rastreamento e Controle
CBERS	<i>China Brazil Earth Resources Satellite</i>
LEO	<i>Low Earth Orbit</i>
MEO	<i>Medium Earth Orbit</i>
GEO	<i>Geosynchronous Equatorial Orbit</i>
AIT	<i>Assembly, Integration and Test</i>
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>
HVAC	<i>Heating, ventilating and Air Conditioning</i>
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices
SEH	<i>Systems Engineering Handbook</i>
CSE	Área de Concentração em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais

WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>
SBS	<i>System Breakdown Structure</i>
OBS	<i>Organizational Breakdown Structure</i>
LIP	<i>Large Infrastructure Projects</i>
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo .....	3
1.2 Motivação .....	3
1.3 Metodologia utilizada .....	5
1.4 Estrutura do trabalho .....	6
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Sistemas espaciais .....	8
2.1.1 Segmento espacial .....	9
2.1.2 Segmento de solo .....	9
2.1.3 Segmento de aplicação .....	10
2.1.4 Segmento suporte .....	10
2.1.5 Segmento de lançamento .....	11
2.2 Engenharia de sistemas .....	11
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
3.1 Abordagem de implantação de projetos na NASA .....	15
3.2 Abordagem de implantação de projetos na ESA .....	22
3.2.1 Planejamento do projeto na ESA .....	25
3.2.2 Organização do projeto na ESA .....	27
3.2.3 Fases do ciclo de vida de projetos na ESA .....	28
3.2.3.1 Fase 0 (ESA) .....	29
3.2.3.2 Fase A (ESA) .....	29
3.2.3.3 Fase B (ESA) .....	30
3.2.3.4 Fase C (ESA) .....	31
3.2.3.5 Fase D (ESA) .....	31
3.2.3.6 Fase E (ESA) .....	32
3.2.3.7 Fase F (ESA) .....	32
3.3 Abordagem de implantação de projetos no INCOSE .....	34
3.3.1 Abordagem de implantação de projetos no INCOSE .....	34
3.3.1.1 Processo de planejamento do projeto .....	35

3.3.1.2	Processo de Avaliação e Controle do Projeto .....	37
3.3.1.3	Processo de gerenciamento de decisões.....	38
3.3.1.4	Processo de gerenciamento de riscos.....	39
3.3.1.5	Processo de gerenciamento da configuração .....	40
3.3.1.6	Processo de gerenciamento da informação .....	41
3.3.1.7	Processo de medição .....	42
3.3.1.8	Processo de garantia de qualidade .....	43
3.3.2	Projetos de grandes infraestruturas no INCOSE.....	44
	<b>4 PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS NO SETOR PÚBLICO .....</b>	<b>53</b>
4.1	Fase preliminar à licitação.....	54
4.1.1	Programa de necessidades.....	54
4.1.2	Estudos de viabilidade.....	55
4.1.3	Anteprojeto .....	55
4.2	Fase interna da licitação.....	55
4.2.1	Projeto básico e projeto executivo.....	55
4.2.2	Edital de licitação .....	56
4.3	Fase externa da licitação.....	57
4.4	Fase contratual.....	57
4.5	Fase posterior à contratação.....	57
	<b>5 ABORDAGEM DE ENGENHARIA DE SISTEMAS PARA IMPLANTAÇÃO DE GRANDES INFRAESTRUTURAS PARA O SETOR ESPACIAL- GISE ...</b>	<b>58</b>
5.1	Fase 0 – GISE – estudos e concepção .....	62
5.1.1	Iniciativa de estudos .....	63
5.1.2	Identificação das necessidades.....	64
5.1.3	Definição dos objetivos da infraestrutura.....	64
5.1.4	Concepção inicial .....	65
5.1.5	Cronograma de implantação .....	65
5.1.6	Estimativa de custos.....	67
5.1.7	Cronograma de investimento .....	68
5.1.8	Aprovação da implantação do projeto .....	69
5.2	Fase I – GISE – requisitos dos projetos .....	70

5.2.1 Constituição da equipe de projeto .....	71
5.2.2 Elaboração de requisitos .....	76
5.2.2.1 Requisitos funcionais da infraestrutura.....	77
5.2.2.2 Requisitos de execução dos serviços de projeto.....	79
5.2.3 Contratação dos serviços de projeto .....	83
5.3 Fase II - GISE – desenvolvimento dos projetos .....	85
5.4 Fase III – GISE – requisitos das obras e instalações .....	96
5.5 Fase IV – GISE – execução de obras e instalações .....	102
<b>6 ESTUDO DE CASO - ASSOCIAÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA AO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO LIT NO INPE. ....</b>	<b>108</b>
<b>7 DISCUSSÃO .....</b>	<b>128</b>
7.1 Aplicabilidade da abordagem .....	128
7.2 Repetibilidade dos processos.....	129
7.3 Limitações identificadas .....	130
7.4 Lições aprendidas com a aplicação desse processo no INPE .....	130
<b>8 CONCLUSÃO .....</b>	<b>133</b>
8.1 Resumo das contribuições .....	134
8.2 Trabalhos futuros .....	135
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO A – EXPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS DO EDIFÍCIO .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO B – TERMO DE REFERÊNCIA CONTRATAÇÃO DE PROJETO... ..</b>	<b>180</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os projetos e implantações de Grandes Infraestruturas no Setor Espacial (GISE), envolvendo as edificações, as instalações de utilidades (energia, fluidos, condicionamento de ar, etc.) e os equipamentos dedicados às atividades a serem desenvolvidas em aplicações em sistemas espaciais, são projetos complexos baseados em uma grande quantidade de requisitos, visando garantir em todas as fases a confiabilidade e desempenho dos produtos desenvolvidos, podendo se beneficiar de uma abordagem sistêmica integrada para atingir seu sucesso.

Grandes infraestruturas de sistemas espaciais (GISE), conforme definição utilizada neste trabalho referem-se ao conjunto de instalações físicas (edificações e utilidades) e equipamentos funcionais instalados nesta infraestrutura que permitem realizar em condições permanentes as atividades de suporte ao desenvolvimento de sistemas espaciais. As instalações físicas destinadas a um laboratório de integração e testes de satélites, por exemplo, contêm os meios para manipulação, montagem, integração e testes (funcionais e climáticos) de satélites ou seus subsistemas, enquanto um centro de rastreamento contém os equipamentos necessários ao rastreamento e comunicação com os satélites.

Os equipamentos funcionais instalados nas GISE são definidos e especificados conforme a utilização a qual se destinará a infraestrutura, compreendendo normalmente complexos equipamentos (de testes, de comunicação, de rastreamento, etc.). Com elevada carga tecnológica integrada, estes equipamentos frequentemente necessitam de condições de instalação e ambientais de operação peculiares. Seus requisitos específicos implicam em muitas interfaces com a edificação e suas utilidades. Fundações e bases especiais, ambientes internos com rigorosas condições de controle de temperatura, umidade e limpeza e utilidades com elevado grau de estabilidade são necessários para evitar-se interferências que possam prejudicar sua performance.

A implantação de uma GISE, conforme abordagem deste trabalho, tratará principalmente dos aspectos referentes à implantação das instalações físicas (edificações e utilidades), desde sua fase de concepção até a conclusão dos trabalhos de construção e instalações. O desenvolvimento do projeto e implantação das instalações físicas devem ser plenamente compatíveis com os equipamentos que serão instalados na mesma conforme sua atividade fim, mesmo que a definição detalhada das características dos mesmos e seu fornecedor muitas vezes venha a ser definido no andamento do processo e não nas suas fases iniciais.

As características principais das grandes infraestruturas de sistemas espaciais tratadas neste trabalho são:

- necessidade de grandes investimentos (superior a 30 M US\$);
- singularidade em relação aos requisitos de projeto e operação;
- complexidade dos meios de testes ou equipamentos operacionais a serem implantados, exigindo múltiplas interfaces com a edificação;
- complexidade em função da grande quantidade de atividades e de *stakeholders* envolvidos;
- longos prazos de execução, que normalmente envolvem vários anos desde a sua concepção até sua finalização;

As GISE geralmente têm um longo ciclo de vida desde a definição do problema até a conclusão da implantação da solução, com fases tecnicamente complexas, envolvendo várias disciplinas necessárias para atendimento de requisitos e especificações frequentemente desafiadoras, envolvendo múltiplos *stakeholders* com diferentes pontos de vista sobre o equilíbrio entre custo e benefício das soluções a serem implantadas. Usualmente, são implantações que causam significativos impactos no ambiente físico em função de suas dimensões.

A complexidade dos projetos de implantação de uma GISE deriva da quantidade de componentes necessários para configurar a solução de engenharia e do alto grau de inter-relações entre estes componentes.

## **1.1 Objetivo**

Projetos de sistemas espaciais desenvolvidos por empresas de grande tradição de atuação no setor como a NASA e a ESA utilizam a abordagem de engenharia de sistemas.

Os conceitos de engenharia de sistemas para o desenvolvimento de sistemas espaciais possuem uma abordagem ampla e minuciosa para o caso de produtos do segmento espacial e de lançamento, mas menos detalhada quando aborda aspectos de infraestruturas do segmento solo, de suporte ou de lançamento.

O objetivo principal desse trabalho é o de propor uma abordagem estruturada envolvendo os conceitos e práticas preconizadas pela Engenharia de Sistemas, a ser aplicada na definição e implantação de grandes infraestruturas para sistemas espaciais (GISE) e para projetos de mesmas características em instituições congêneres.

## **1.2 Motivação**

As atividades no segmento espacial iniciaram-se no Brasil em 1961, com a criação do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais – GOCNAE, que foi o embrião do instituto que veio a se tornar o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, em 1971.

A partir de 1978, o Brasil optou por desenvolver um programa espacial autônomo, que foi batizado de Missão Espacial Completa Brasileira - MECB. O INPE ficou responsável pelo desenvolvimento (projeto e integração) de quatro satélites de sensoriamento remoto. A MECB foi aprovada em 1979 e foi um importante marco para o INPE, que teve um aumento significativo de seu orçamento, permitindo a contratação de recursos humanos especializados e o desenvolvimento de diversos projetos de ampliação de sua infraestrutura, visando a implantação de diversas atividades do segmento de pesquisa e tecnologias espaciais. Este programa financiou entre outras infraestruturas, a criação em 1986 dos Laboratórios Associados de Plasma, Sensores e

Materiais, Computação e Matemática Aplicada e Combustão e Propulsão, o Laboratório de Integração e Testes – LIT, inaugurado em 1987 e o Centro de Controle e Rastreamento de Satélites – CRC, inaugurado em 1988.

Visando o acesso às tecnologias sensíveis para o desenvolvimento de satélites de sensoriamento remoto, incluindo a operação, recepção, processamento e divulgação de imagens, ainda em 1988 o INPE firmou um acordo de cooperação com instituições do segmento espacial da China, ficando o programa conhecido como CBERS (*China Brazil Earth Resources Satellite*). Este programa que incluía satélites de sensoriamento remoto com dimensões de até 4 metros de altura e 1.500 kg que foram projetados em parceria e integrados alternadamente nas instalações do INPE e dos institutos correspondentes na China.

A capacitação do INPE para o desenvolvimento de atividades e a constante preparação para futuros desafios necessitaram do contínuo desenvolvimento de projetos e implantações de infraestruturas específicas, permitindo às equipes envolvidas nestas atividades adquirir ampla experiência nesta atividade.

A motivação para o desenvolvimento dessa dissertação envolve aspectos relacionados à missão do INPE, ao interesse profissional e funcional do autor neste assunto e ao compromisso de evolução acadêmica do mesmo dentro do programa do curso de pós-graduação do INPE de Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais.

A constante busca de melhores resultados na implantação de projetos complexos de grande porte tem aumentado o interesse de entidades profissionais e do meio acadêmico sobre o desenvolvimento de abordagens específicas de engenharia de sistemas para esta aplicação, contribuindo para a relevância deste trabalho.

Existe uma multiplicidade de normas e manuais relativos ao desenvolvimento de atividades e projetos no segmento espacial que abordam aspectos de gerenciamento de projetos específicos deste segmento, baseados nos conceitos de Engenharia de Sistemas. Para a implantação de projetos para

grandes infraestruturas espaciais no Brasil, não se encontra na literatura atual, uma abordagem que permita a utilização dos conceitos gerais de engenharia de sistemas customizados às peculiaridades e exigências legais destes tipos de implantações.

### **1.3 Metodologia utilizada**

Seguindo os termos conceituais difundidos por GIL (2002) e SILVA (2005), a metodologia de desenvolvimento deste trabalho possui as seguintes classificações:

- Do ponto de vista da sua natureza, é uma Pesquisa Aplicada, objetivando gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos;
- Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, é uma Pesquisa Qualitativa, não requerendo o uso de métodos e técnicas estatísticas, mas coletando dados e informações de um ambiente real, envolvendo análise de aspectos de implementação de infraestruturas típicas do setor espacial;
- Do ponto de vista de seus objetivos, conforme GIL (2002), é uma Pesquisa Exploratória, partindo de duas diferentes abordagens, da análise de experiências práticas e histórico de problemas e resultados, analisando as melhores práticas e os resultados de projetos recentemente realizados.

Os objetivos deste trabalho serão atingidos por meio de:

- Revisão bibliográfica dos conceitos de engenharia de sistemas aplicados à sistemas espaciais, com foco em infraestruturas;
- Revisão bibliográfica sobre as práticas correntes de implantação das GISE no INPE, Brasil e no mundo;
- Apresentação da fundamentação teórica relativa aos conceitos de implantação de grandes infraestruturas espaciais;

- Elaboração de metodologia para implantação das GISE, baseada em uma abordagem integrada de engenharia de sistemas;
- Aplicação da abordagem no caso real do projeto de expansão do LIT.

#### **1.4 Estrutura do trabalho**

Este trabalho foi estruturado em sete capítulos, com seus respectivos conteúdos:

**Capítulo 1 – Introdução** - Este capítulo é a introdução da dissertação, contendo o descritivo do escopo, os objetivos, a motivação, os resultados esperados, a metodologia utilizada e a estrutura do trabalho.

**Capítulo 2 – Fundamentação Teórica** – Neste capítulo são inicialmente revistos os conceitos de Sistemas Espaciais e os fundamentos gerais da disciplina Engenharia de Sistemas.

**Capítulo 3 – Revisão de Literatura** – São revistas neste capítulo as características de abordagens de implantação de infraestruturas para o setor espacial desenvolvidas por autores e organizações que utilizam a engenharia de sistemas como fundamento.

**Capítulo 4 – Processos de implantação de infraestruturas no setor público** – Descreve a abordagem de implantação de obras com recursos públicos preconizada pelos órgãos de controle, com seus requisitos legais e etapas de implantação.

**Capítulo 5 – Abordagem Proposta** – Propõe uma abordagem de engenharia de sistemas para projetos e implantação de GISE. Os aspectos de implantação de equipamentos operacionais da atividade-fim da infraestrutura não serão desenvolvidos nesta abordagem.

**Capítulo 6 – Estudo de Caso – Ampliação do LIT** - Estudo de caso com a comparação dos processos previstos na abordagem desenvolvida e os procedimentos utilizados no projeto de expansão do LIT e os resultados obtidos.

**Capítulo 7 – Discussão** – analisa os principais aspectos da abordagem e avalia sua aplicabilidade e possibilidades de repetitividade dos processos em projetos de GISE em geral. Identifica as limitações da abordagem e compara a abordagem com processos dedicados a desenvolvimento de outros sistemas para aplicação espacial. São ainda explanadas as principais lições aprendidas na utilização desta abordagem em projetos executados no INPE.

**Capítulo 8 - Conclusão:** Apresenta a execução dos objetivos geral e específicos do trabalho, resumizando suas contribuições e limitações e aponta para possibilidades de futuras pesquisas, visando a continuidade e maturação da abordagem descrita.

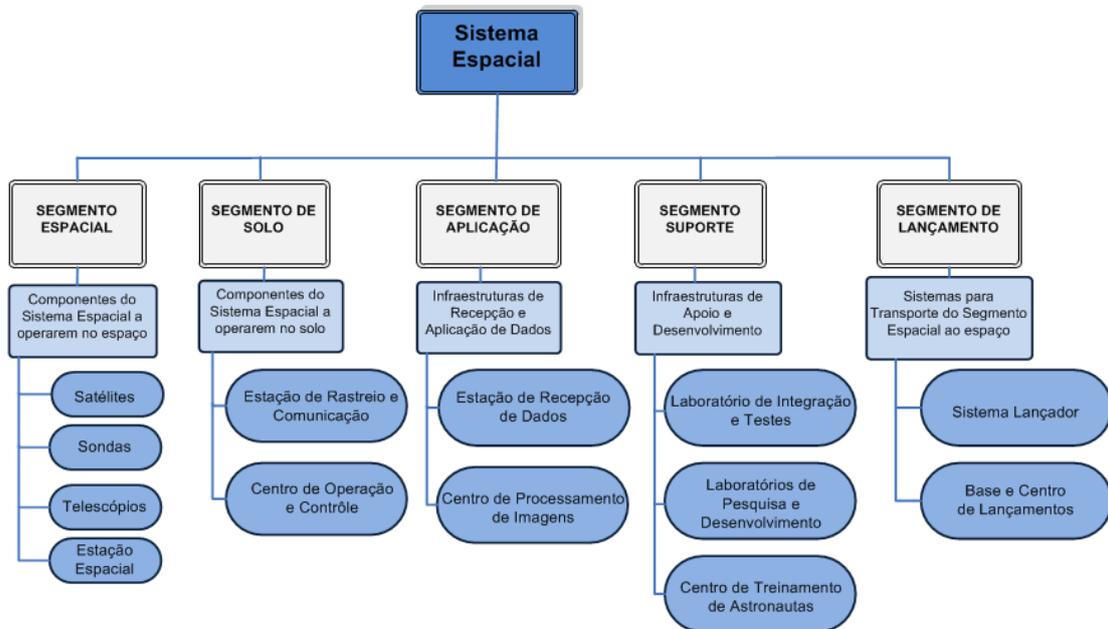
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sistemas espaciais

Sistema Espacial é um conjunto de funções que interagem e se inter-relacionam para atingir um objetivo específico estabelecido por meio de uma missão espacial (ECSS-S-ST-00-01C, 2012).

A Figura 2.1 mostra uma representação de um sistema espacial indicando os quatro segmentos que o compõem e exemplificando componentes de cada segmento.

Figura 2.1 - Sistema espacial e seus segmentos.



Fonte: ECSS-S-ST-01C (2012).

Em sua configuração mais frequente, um sistema espacial é composto pelos segmentos espacial, de solo e de lançamento, com apoio dos serviços do segmento de suporte (ECSS-S-ST-00-01C, 2012).

### **2.1.1 Segmento espacial**

Inclui os elementos ou equipamentos que serão colocados em órbita ou enviados a missões específicas no espaço. Sua configuração tem como premissas de projeto e construção as condições climáticas fora da atmosfera terrestre e as distâncias de comunicação em função de sua missão (órbita terrestre ou em longas distâncias para levantamento de dados de diversos corpos celestes). Apesar de sua operação final ser em ambiente espacial, deve ainda cumprir os requisitos para operação em solo na fase de pré-lançamento e, durante o lançamento, até atingir sua órbita ou trajetória na direção do seu objetivo de missão. Fazem parte deste segmento:

- Satélites – equipamentos destinados a orbitar a terra em diversas altitudes, segundo sua missão (LEO, MEO, GEO);
- Naves Espaciais Tripuladas – Naves destinadas ao envio de astronautas a missões de ida e volta ao espaço por curtos períodos ou por longos períodos como por exemplo na estação espacial;
- Sondas Espaciais – Veículos espaciais não tripulados utilizados para coleta de dados e exploração de planetas e outros corpos celestes;
- Módulos da Estação Espacial – Conjunto de módulos espaciais em órbita terrestre baixa destinados a abrigar astronautas por longos períodos para desenvolvimento de experimentos laboratoriais e observação da terra e do espaço.

### **2.1.2 Segmento de solo**

Inclui os equipamentos e infraestruturas posicionados no solo para operação e controle dos sistemas colocados em órbita. Relacionados com operação e controle de satélites, fazem parte deste segmento:

- Estação de Rastreamento e Comunicação que estabelece o canal de comunicação (link) com os satélites;

- Centro de Operações e Controle que elabora os planos de voo e define os comandos a serem enviados aos equipamentos espaciais, principalmente referentes ao controle de órbita e de atitude.

### **2.1.3 Segmento de aplicação**

Inclui os equipamentos e infraestruturas posicionados no solo para as atividades de recepção, processamento e disseminação de dados coletados pelos sistemas do segmento espacial. Relacionados com a recepção, o tratamento, armazenamento e disponibilização dos dados da missão aos diversos *stakeholders* e usuários, fazem parte deste segmento:

- Centro de comando da missão, responsável pelas funções de operação da carga útil (*payload*) dos elementos do segmento espacial;
- Estação de recepção de dados da missão, responsável pelo recebimento e armazenamento dos dados coletados pela missão;
- Centro de Processamento de imagens no caso de utilização de satélites de sensoriamento remoto.

### **2.1.4 Segmento suporte**

Inclui os equipamentos e infraestruturas que, possibilitam a execução de tarefas necessárias para o desenvolvimento do segmento espacial, mas não estão diretamente associados às funções de operação dos produtos deste segmento. São meios usados para dar suporte ao desenvolvimento dos elementos dos outros segmentos, normalmente associados a diversas missões. São exemplos deste segmento:

- Laboratório de Integração e Testes de Satélites, que são infraestruturas destinadas a montagem e interligação de subsistemas, bem como a disponibilizar os diversos equipamentos de testes funcionais e ambientais de satélites, nas suas diversas fases de integração;

- Centros de Treinamento, onde astronautas recebem treinamento e formação para viagens espaciais;
- Laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento, onde são desenvolvidas pesquisas, experimentos e desenvolvimento de tecnologias relativas à atividade espacial.

### **2.1.5 Segmento de lançamento**

Inclui os equipamentos e infraestruturas destinados à execução de tarefas necessárias para o transporte ao espaço dos elementos desenvolvidos no segmento espacial. O segmento de lançamento é composto pelo lançador propriamente dito e pela infraestrutura necessária para a fabricação, teste e entrega dos elementos do lançador:

- Sistema lançador, que é o sistema capaz de lançar ao espaço os elementos do segmento espacial;
- Base de lançamento, que são infraestruturas equipadas para as atividades de lançamento e operação dos sistemas lançadores.

## **2.2 Engenharia de sistemas**

Engenharia de Sistemas (ES) é uma abordagem interdisciplinar com definição de recursos que viabilizam a realização bem-sucedida de sistemas. A Engenharia de Sistemas possui seu foco principal na definição das necessidades e das funcionalidades requeridas dos clientes nas fases iniciais do ciclo de desenvolvimento, com ênfase na formalização e registro destes requisitos, para em seguida proceder com a síntese do projeto e validação do sistema, considerando todos os aspectos do sistema: operações, custo e cronograma, desempenho, testes, fabricação, treinamento, suporte e descarte. A Engenharia de Sistemas considera os aspectos comerciais e as

necessidades técnicas de todos os clientes com o objetivo de oferecer um produto de qualidade que atenda às necessidades do usuário. (INCOSE 2004).

A Engenharia de Sistemas é uma abordagem multidisciplinar colaborativa de engenharia para derivar, desenvolver e verificar uma solução sistema balanceada ao longo do ciclo de vida e que atenda às expectativas dos “*stakeholders*” (LOUREIRO,1999).

O significado de “*stakeholder*” neste trabalho é o de um indivíduo ou organização que é materialmente afetada por uma entrega ou uma decisão incluindo os elementos do grupo que está implementando o projeto ou tomando as decisões.

Relativamente recente em relação aos demais ramos da engenharia, a denominação “Engenharia de Sistemas” é atribuída aos Laboratórios Bell em citação feita em 1940. Com o aumento da complexidade dos produtos ou sistemas a serem desenvolvidos e a necessidade de desenvolvimento considerando todos os aspectos funcionais e operacionais destes sistemas, a ES passou a integrar o cotidiano de empresas e de organismos envolvidos com este tipo de projeto, notadamente para sistemas espaciais e de defesa, como os da NASA, da ESA e de departamentos de defesa de vários países.

Na sua evolução como disciplina, a Engenharia de Sistemas desenvolveu métodos e procedimentos que aplicados ao desenvolvimento de produtos ou sistemas de alta tecnologia, consideradas todas as fases de seu ciclo de vida, orientam o projeto para sua conclusão em conformidade com seus requisitos, dentro do cronograma e orçamento previstos.

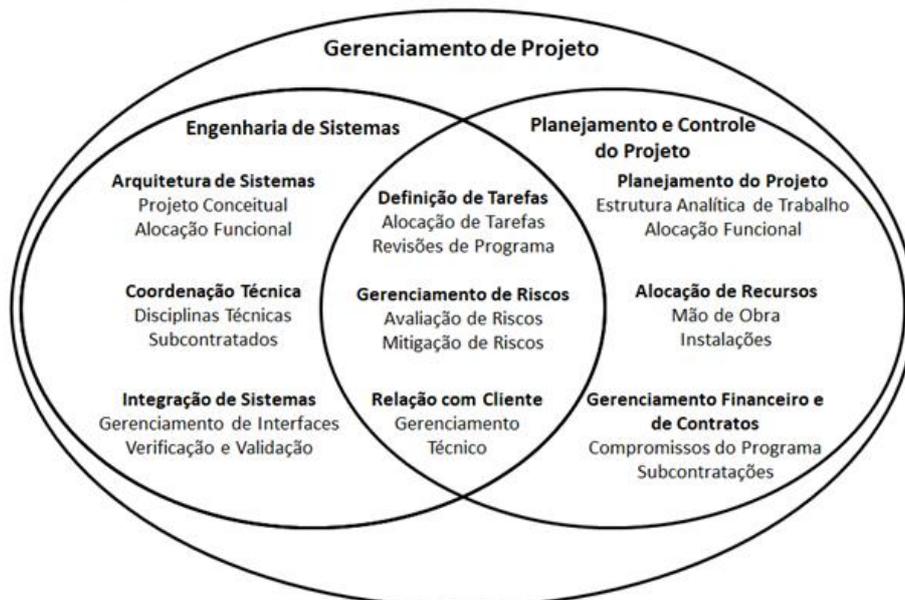
Em 1990, foi fundado o *National Council on Systems Engineering* (NCOSE), por um grupo formado por representantes de organizações e corporações dos EUA. O nome da organização foi alterado em 1995 para *International Council on Systems Engineering* (INCOSE).

Podemos destacar as seguintes iniciativas no desenvolvimento da engenharia de sistemas:

- Elaboração das normas ECSS por meio da cooperação entre agências espaciais;
- Elaboração da norma ISO/IEC/IEEE 15288 pelos diversos países membros dos três organismos normativos;
- Publicação do Systems Engineering Handbook pelo INCOSE, disponibilizando os conceitos, conteúdos e práticas de engenharia de sistemas, em formato de manual;
- Publicação do NASA Systems Engineering Handbook, um manual editado pela NASA para uniformizar a aplicação dos conceitos de engenharia de sistemas em seus projetos espaciais.

Conforme KOSSIAKOFF (2011), engenharia de sistemas é um dos componentes do gerenciamento de um projeto de desenvolvimento de sistemas, compondo com as atividades de planejamento e controle o domínio do gerenciamento do projeto. Conforme indicado na Figura 2.2, as atividades de engenharia de sistemas e de planejamento e controle possuem atividades específicas mas incluem também atividades compartilhadas, como a alocação de recursos, gerenciamento de riscos e gerenciamento técnico.

Figura 2.2 - Contribuições da engenharia de sistemas no gerenciamento de um projeto.



Fonte: Adaptado de Kossiakoff and Sweet (2003).

A implantação de uma infraestrutura para o sistema espacial requer a execução de uma grande quantidade de atividades inter-relacionadas envolvendo equipes com muitas pessoas e diversas empresas, buscando o objetivo de que o sistema seja projetado e executado considerando-se não somente os aspectos técnicos da utilização final, mas também os aspectos de suporte à operação do sistema, incluindo manutenção, documentação, treinamento, etc.

As tarefas de engenharia de sistemas incluem análise de requisitos, estudos de trade-off (análise de alternativas), revisões técnicas, requisitos e avaliações de testes, requisitos de projeto do sistema, gerenciamento de configuração, etc. Kossiakoff salienta a importância da inclusão das atividades de engenharia especializada nas fases iniciais de desenvolvimento das soluções de engenharia do sistema a serem implementadas.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

Neste item será mostrado como a literatura trata o desenvolvimento de projetos e implantações de infraestruturas para o setor espacial.

#### **3.1 Abordagem de implantação de projetos na NASA**

O *Handbook* NASA (2017) foi escrito e publicado com o objetivo de fornecer orientação geral e informações atualizadas sobre engenharia de sistemas para promover a prática da Engenharia de Sistemas nos projetos de sistemas espaciais desenvolvidos pela equipe da NASA. O manual descreve as melhores práticas de engenharia identificadas pela NASA e que segundo a mesma, devem ser incorporadas no desenvolvimento e implementação de todos os programas e projetos da NASA, independentemente de sua dimensão.

Segundo a abordagem da NASA, um projeto é um investimento específico com objetivos, requisitos, custo de ciclo de vida, início e fim definidos.

A abordagem de engenharia a ser utilizada nos sistemas desenvolvidos pela NASA em seus projetos “ requer um conjunto sistemático e disciplinado de processos que são aplicados de forma recursiva e iterativa para o projeto, desenvolvimento, operação, manutenção e encerramento de sistemas ao longo do ciclo de vida dos programas e projetos”.

No *Handbook* NASA está definido o conceito de engenharia de sistemas como “uma abordagem metódica e multidisciplinar para o projeto, a realização, o gerenciamento técnico, as operações e o descarte de um sistema”. Seu processo é focado no desenvolvimento e na realização de um produto final.

As atividades de Gerenciamento do Projeto incluem a responsabilidade geral do projeto, o gerenciamento da equipe do projeto e a garantia de que o projeto termine com a entrega de um sistema tecnicamente correto dentro do custo e cronograma previstos. O gerente do projeto responde ainda pelos aspectos de

segurança, desempenho técnico e sucesso da missão. As atividades de Engenharia de Sistemas e de Planejamento e Controle estão sob a coordenação do gerente do projeto.

Na Figura 3.1 são ilustradas as interações entre as atividades de Gerenciamento, Engenharia de Sistemas e Planejamento e Controle de um projeto.

Figura 3.1- Processos técnicos de gerenciamento de projeto.



Fonte: Adaptado de NASA (2017).

As atividades de SE possuem foco no projeto e realização dos sistemas e nos processos de gerenciamento técnico. As atividades de Planejamento e Controle (P & C) são dedicadas à identificação e controle dos custos e prazos do projeto.

## Ciclo de Vida do Projeto

Um dos conceitos fundamentais usados pela NASA para o gerenciamento de grandes sistemas é o conceito de fases do ciclo de vida completo de projetos (ou produtos).

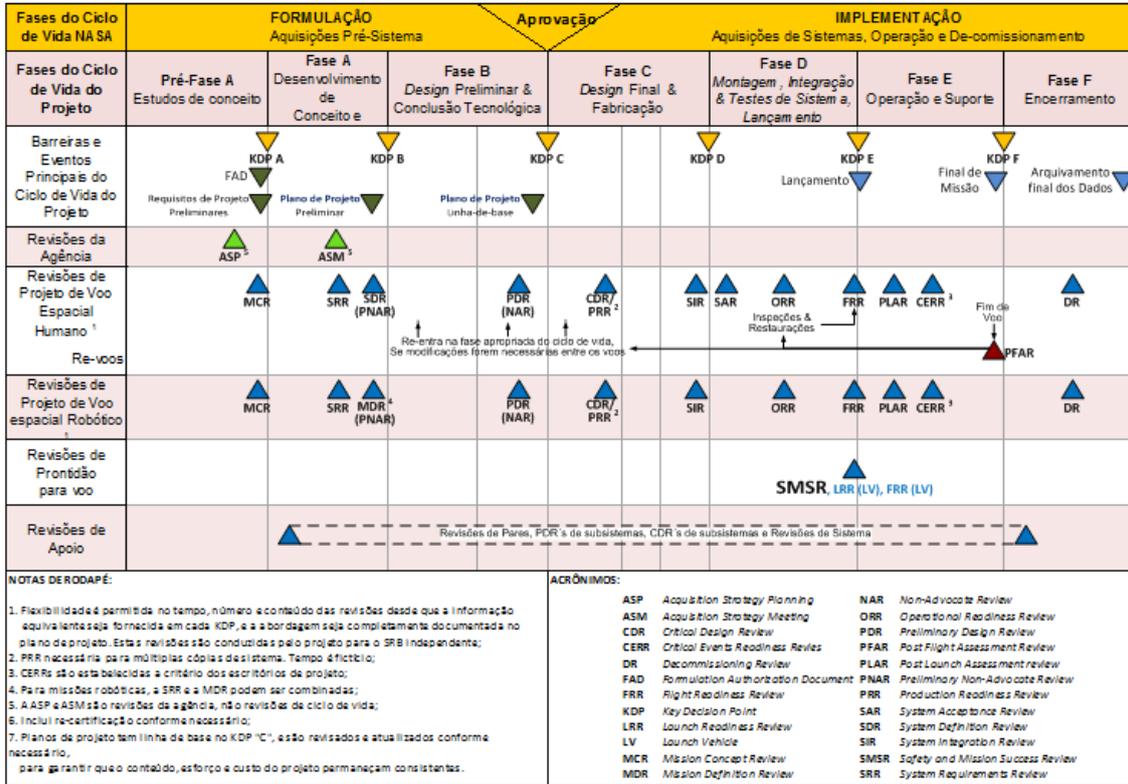
A decomposição do ciclo de vida completo do projeto em fases permite organizar todos os processos em grupos menores e mais facilmente gerenciáveis. A representação do ciclo de vida em fases possibilita ainda uma melhor visibilidade com relação ao progresso do projeto nos aspectos técnicos e orçamentários.

Os projetos da NASA são inicialmente divididos em dois segmentos, o segmento de Formulação e o segmento de Implementação. No segmento de Formulação, os requisitos iniciais do sistema são estabelecidos, os conceitos (soluções) viáveis são determinados e a partir da análise destas possibilidades (*trade off*), uma definição do sistema a ser implantado é estabelecida. No segmento de Implementação, o projeto detalhado dos produtos do sistema é concluído e os produtos a serem implantados são fabricados, montados, integrados e testados. No final deste segmento, os produtos e sistemas são transferidos aos usuários finais para sua utilização e cumprimento da missão prevista.

Estes segmentos são subdivididos em sete fases que contemplam o ciclo de vida completo do projeto, iniciando pela chamada pré-fase A e na sequência as fases identificadas pelas letras de A, B, C, D, E e F.

Nos limites entre as fases do ciclo de vida do projeto, são estabelecidos eventos de decisão (*Key Decision Points – KDP*) que são os eventos através dos quais a autoridade decisória designada pela NASA decide se o projeto está habilitado para passar para a próxima fase do ciclo de vida ou para o próximo evento de decisão. Na Figura 3.2, está representada de forma esquemática a estrutura prevista pela NASA para abordar o ciclo de vida completo de um projeto.

Figura 3.2- Fases do ciclo de vida dos projetos NASA.



Fonte: Adaptado de NASA (2017).

Visando padronizar os procedimentos, a NASA define os documentos que tipicamente são emitidos, os eventos mais importantes e as revisões técnicas que devem ocorrer em determinadas fases do ciclo de vida do projeto. Na Tabela 3.1, estão indicados os objetivos e os produtos típicos de cada fase do ciclo de vida completo de um projeto, segundo a NASA .

Tabela 3.1 Objetivos e produtos típicos das fases do ciclo de vida de projeto.

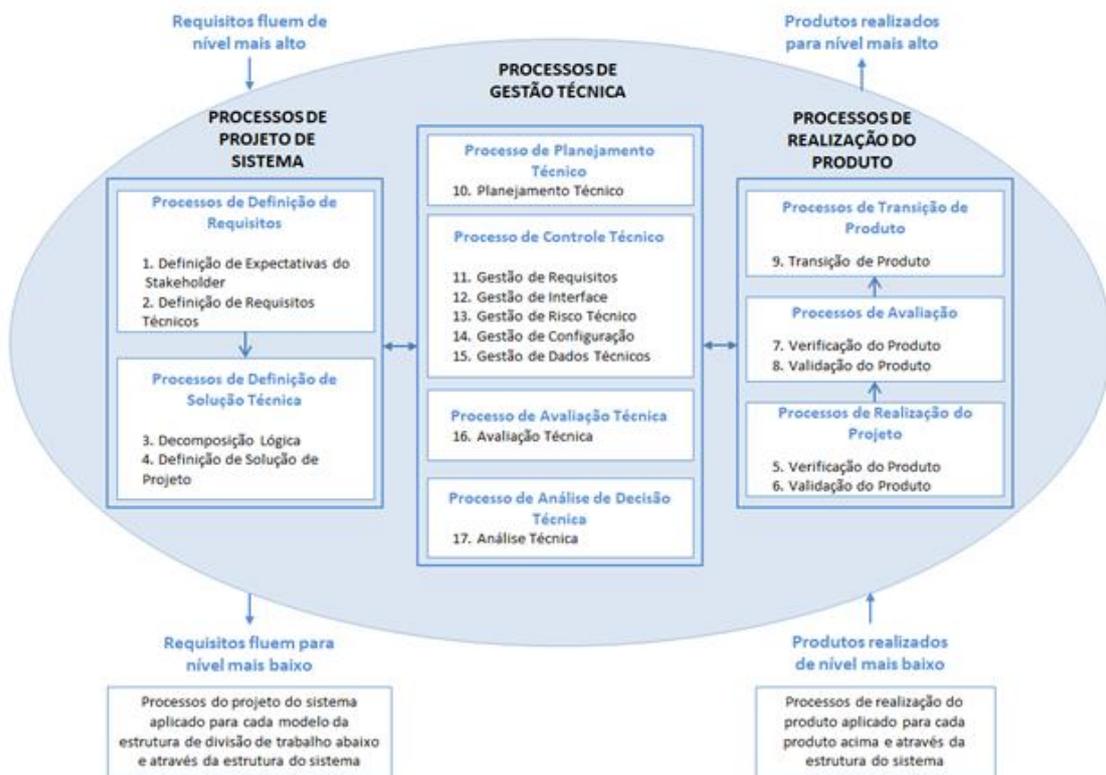
	<b>Fases</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Produtos Típicos</b>	<b>Controle / Decisão (Revisões)</b>
<b>FORMULAÇÃO</b>	<b>Pré-Fase A</b> Estudos Conceituais	Produzir uma ampla gama de conceitos e alternativas que possam ser utilizadas nos programas e projetos selecionados. Analisar a viabilidade do sistema a ser desenvolvido, desenvolver os conceitos preliminares da missão, elaborar os requisitos preliminares e avaliar a viabilidade da performance, custo e cronograma previstos. Identificar as potenciais necessidades tecnológicas e definir o escopo do projeto.	Simulações, relatórios de análise, relatórios de estudos, desenvolvimento de modelos e maquetes preliminares para confirmar a viabilidade dos conceitos.	Revisão de Conceito de Missão ( <b>MCR</b> - Mission Concept Review).
	<b>Fase A</b> Desenvolvimento do Conceito e Tecnologia	Confirmar a viabilidade e a conveniência do novo sistema proposto e sua compatibilidade com os planos estratégicos da NASA. Desenvolver o conceito final da missão, os requisitos no nível do sistema, o desenvolvimento necessário da tecnologia do sistema e os planos de gerenciamento técnico do projeto.	Simulações, relatórios de análise, relatórios de estudos, desenvolvimento de modelos de engenharia e maquetes do conceito de sistema definido.	Revisão de Requisitos do Sistema ( <b>SRR</b> - System Requirements Review). Revisão de Missão ( <b>MDR</b> - Mission Definition Review).
	<b>Fase B</b> Definição de Tecnologia e Projeto Preliminar	Definir o projeto em detalhes suficientes para estabelecer uma linha de base inicial capaz de atender às necessidades da missão. Desenvolver os requisitos dos componentes da estrutura final do sistema e dos sistemas de apoio e gerar um projeto preliminar para cada produto final.	Produtos finais na forma de maquetes, relatórios de estudos comerciais, documentos de interfaces e especificações técnicas e protótipos.	Revisão Preliminar de Projeto ( <b>PDR</b> - Preliminary Design Review).
<b>IMPLEMENTAÇÃO</b>	<b>Fase C</b> Projeto Executivo e Fabricação	Concluir o projeto detalhado do sistema (incluindo subsistemas associados e sistemas operacionais). Fabricar os componentes e sistemas (hardware) e desenvolver os softwares associados.	Projetos detalhados dos produtos finais, fabricação dos componentes dos produtos finais e softwares desenvolvidos.	Revisão Crítica de Projeto ( <b>CDR</b> - Critical Design Review). Revisão Pronto para Produção ( <b>PRR</b> - Production Readiness Review). Revisão Integração de Sistemas ( <b>SIR</b> - Systems Integration Review).
	<b>Fase D</b> Montagem, Integração, Testes, Lançamento e Colocação em Operação	Montar, integrar e testar os elementos e o sistema (hardware e software) verificando a confiabilidade necessária para atendimento aos requisitos do sistema. Preparar o lançamento e as operações do sistema. Implementar a colocação em uso do sistema elaborado.	Produtos finais dos sistemas e sistemas de apoio prontos para operação.	Revisão de Prontidão Operacional ( <b>ORR</b> - Operational Readiness Review), Revisão de Prontidão de Voo ( <b>FRR</b> - Flight Readiness Review).
	<b>Fase E</b> Operação e Manutenção	Conduzir a missão para atender às necessidades identificadas inicialmente e apoiar a manutenção do atendimento destas necessidades. Implementar o plano de operações da missão.	Sistema operando com a performance planejada.	Revisão Pós-Lançamento ( <b>PLAR</b> - Post Launch Assessment Review), Revisão de Prontidão para Eventos Críticos ( <b>CERR</b> - Critical Events Readiness Review), Revisão de Descomissionamento ( <b>DR</b> - Decommissioning Review).
	<b>Fase F</b> Encerramento	Implementar o plano de descomissionamento / descarte do sistema desenvolvido na anterior e realizar as análises dos dados retornados.	Sistema encerrado.	Revisão de Descarte ( <b>DRR</b> - Disposal Readiness Review).

Fonte: Adaptado de NASA (2017).

Conforme descrito na NASA *Procedural Requirements* (NPR) 7123.1, os processos a serem aplicados aos produtos dos sistemas desenvolvidos pela NASA são 17 e são divididos em três conjuntos: Projeto de Sistema, Gestão Técnica e Realização do Produto. Os processos de 1 a 9 referem-se aos processos diretamente ligados ao projeto e execução dos produtos finais, enquanto os processos de 10 a 17 são processos de gerenciamento técnico transversal para planejar, avaliar e controlar a implementação dos processos de projeto e execução e para orientar a análise de decisões técnicas.

Na Figura 3.3 são ilustrados interações e fluxos de cada conjunto dos processos do projeto do sistema, realização do produto e gestão técnica.

Figura 3.3 - Abordagem de Engenharia de Sistemas da NASA aos processos técnicos do projeto.



Fonte: Adaptado de NASA (2017).

Os processos de projeto do sistema têm como objetivo definir e estabelecer a base de referência sobre as expectativas dos clientes (*stakeholders*) sobre cada produto desse sistema, definir a base de referência de requisitos técnicos, decompor os requisitos em modelos lógicos e comportamentais e converter os requisitos técnicos em uma solução de projeto que atenda as expectativas referenciais estabelecidas inicialmente.

Estes processos devem ser aplicados recursivamente para cada produto da estrutura do sistema do nível mais elevado para o nível mais baixo (*top-down approach*), até que todos os produtos do sistema estejam em condições de serem fabricados, adquiridos no mercado ou reutilizados em caso de disponibilidade.

As soluções de projeto definidas devem considerar os requisitos do sistema desejado, as restrições e diretrizes de projeto, devendo atender os objetivos operacionais e da missão e os critérios estabelecidos para avaliação do sucesso da missão.

Os processos de realização dos produtos têm como objetivo definir a implementação da realização e integração de cada produto do sistema, verificar e validar sua conformidade e autorizar sua transferência para o próximo nível hierárquico, quando os mesmos estiverem em conformidade com a solução de projeto e atingirem as expectativas dos *stakeholders*.

Estes processos devem ser aplicados recursivamente para cada produto da estrutura do sistema do nível mais baixo para o nível mais alto (*bottom-up approach*), até que todos os produtos do sistema estejam fabricados, adquiridos no mercado ou disponibilizados para reutilização.

Todos os produtos compostos serão realizados por implementação ou integração dos produtos finalizados (verificados e validados) em conformidade com os requisitos definidos nos processos de projeto.

Os processos de gerenciamento técnico tem como objetivo definir e desenvolver o planejamento técnico do projeto, desenvolver os controles

técnicos, realizar as avaliações técnicas de evolução do projeto e gerenciar os processos de tomada de decisões relativas aos aspectos técnicos e gerenciais do projeto

O controle técnico deve ser desenvolvido por meio da gestão de requisitos, gestão das relações e comunicações entre equipes e membros do projeto, avaliação e gestão dos riscos técnicos, acompanhamento da evolução dos produtos e serviços previstos para o sistema em relação aos requisitos e projetos definidos (configuração) e da gestão dos dados técnicos.

### **3.2 Abordagem de implantação de projetos na ESA**

As normas ECSS (*European Cooperation for Space Standardization*) foram desenvolvidas para dar suporte às relações formais entre os fornecedores e a Agência Espacial Europeia ESA (*European Spacial Agency*) no desenvolvimento de projetos e programas espaciais, visando a execução de seus objetivos em termos de desempenho técnico, custos e prazos de entrega, incluindo:

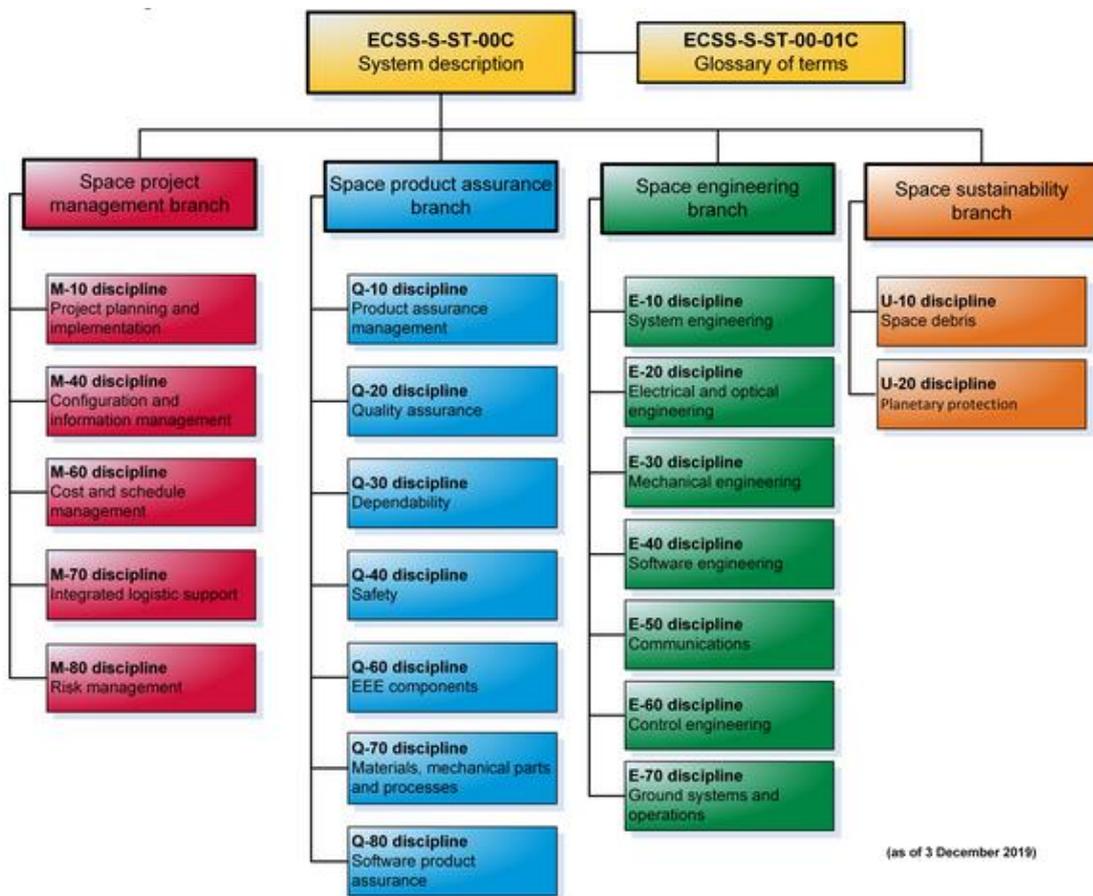
- otimização da rentabilidade de projetos e programas espaciais;
- melhoria da competitividade da indústria espacial europeia;
- melhoria da qualidade e segurança dos projetos e produtos espaciais;
- promoção de uma comunicação técnica e inequívoca entre todas as partes envolvidas, baseada em documentos oficiais;
- redução de riscos e garantia de interoperabilidade e compatibilidade entre as interfaces por meio da elaboração de requisitos e utilização de métodos de eficácia comprovada.

As normas ECSS foram desenvolvidas por meio de uma cooperação de esforços entre as agências espaciais, indústrias e demais fornecedores do segmento espacial europeu, visando o sucesso na implementação de projetos e programas espaciais. Conforme representado na Figura 3.4, o conjunto de

normas que abordam os aspectos das atividades foi dividido em quatro segmentos:

- Gerenciamento de Projeto (M-Branch);
- Garantia do Produto (Q-Branch).
- Engenharia (E-Branch);
- Sustentabilidade (U-Branch);

Figura 3.4- Estrutura normativa dos processos técnicos de projeto da ECSS.

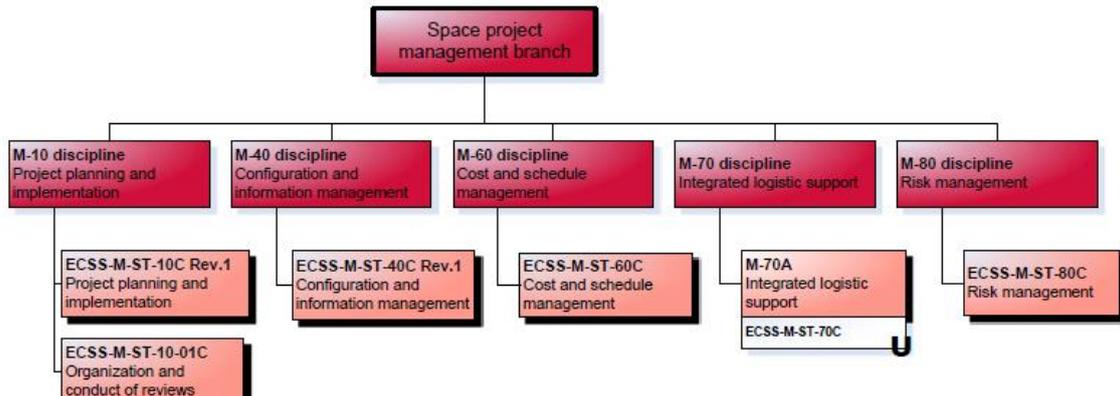


Fonte: ECSS -Trees (2020).

Os conceitos de Gerenciamento de Projetos da ECSS estão no grupo de disciplinas de gerenciamento de projetos espaciais (*Space Project Management Branch*), sendo que estes conceitos são preconizados tanto para

o gerenciamento dos aspectos de desenvolvimento de sistemas espaciais como para o desenvolvimento de infraestruturas aplicáveis. Na Figura 3.5 está representado o conjunto de normas que abordam o gerenciamento de projetos.

Figura 3.5- Normas de gerenciamento de projetos espaciais ECSS.



Fonte: ECSS-Trees (2020).

Conforme definido na ECSS-M-ST-10C (*Project planning and implementation*), a implantação de um projeto deve ser realizada por meio do planejamento e implementação de um completo conjunto de processos que devem conter todos os aspectos do gerenciamento e controle deste projeto. Isto deverá ser realizado por meio de:

- estabelecimento dos requisitos e restrições do projeto, derivados da declaração de missão;
- definição das fases e marcos formais, permitindo o controle da evolução do projeto com relação ao custo, cronograma e objetivos técnicos;
- definição da estrutura analítica do projeto;
- composição de uma organização do projeto para realizar todas as atividades previstas no projeto.

A norma ECSS-M-ST-10C define os principais elementos necessários ao planejamento e implementação do projeto e identifica os requisitos e produtos

de níveis mais elevados, os quais formarão um planejamento de projeto integral, incluindo os requisitos das normas ECSS dos segmentos de engenharia espacial e garantia do produto espacial.

Conforme definido na norma ECSS, a criação de uma estrutura organizacional bem estruturada é um fator chave para garantir uma abordagem de gestão do projeto eficaz e eficiente. As atividades de implementação do projeto podem ser realizadas por um grupo de projeto único, composto por equipe que domine todas as disciplinas previstas no projeto, ou por um grupo de projeto que atende as atividades operacionais principais, complementado pelo apoio de equipe externa ou especialistas técnicos para as demais especialidades não contempladas na equipe de projeto.

### **3.2.1 Planejamento do projeto na ESA**

Conforme a ECSS-M-ST-10C, o planejamento e a implementação de um projeto de sistema espacial é composto pelo conjunto de processos que desde a fase inicial do ciclo de vida do sistema até sua fase final, organizam as atividades realizadas por todos os participantes da cadeia completa de fornecimento, do projeto até a colocação em serviço e descomissionamento, quando aplicável. A elaboração do planejamento do projeto deve considerar as informações e contribuições de todas as disciplinas do projeto, buscando o compromisso de resultado de cada um dos componentes.

É muito comum que o projeto de um sistema espacial envolva um segmento espacial e um segmento terrestre que sejam implementados concomitantemente, possuindo ambos, frequentemente, interfaces com o segmento de serviços de lançamento.

Segundo a norma ECSS, os seguintes itens são os principais elementos que devem de forma equilibrada, compor o Planejamento de um projeto:

- **definição dos objetivos e propósitos do projeto:** deverão ser descritos no documento de definição da missão, devendo o documento

incluir os requisitos definidos para a missão e as restrições, caso existam;

- **identificação de tecnologias disponíveis ou a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias:** avaliação a ser feita em conjunto entre especialistas e potenciais fornecedores, ajustando as expectativas de prazo e custos para a execução dos objetivos;
- **verificação da possibilidade de reutilização de equipamentos/produtos disponíveis ou a necessidade de desenvolvimento de novos:** esta avaliação também tem forte potencial de impacto nos prazos e custos do projeto. Esta análise aplica-se tanto aos sistemas espaciais propriamente ditos como às infraestruturas e outros meios de apoio ao desenvolvimento do sistema;
- **avaliação da disponibilidade de Recursos Humanos, ferramental e instalações ou da necessidade de desenvolvimento de novos recursos:** esta análise indicará se os recursos de suporte à execução das atividades estarão disponíveis em quantidade e qualificação necessárias para o desenvolvimento das atividades conforme cronograma;
- **realização periódica de avaliação de riscos:** as avaliações de risco e estudo de eliminação ou mitigação devem ser feitas regularmente, acrescentando-se as novas condições que surjam no desenvolvimento do projeto;
- **definição de uma abordagem de desenvolvimento do projeto:** desenvolvida em conjunto entre clientes finais e fornecedores, visando o atendimento da definição da missão em conformidade com os requisitos e as restrições estabelecidas;
- **identificação dos produtos do projeto:** deverão ser definidos os produtos a serem entregues em cada fase do projeto que são necessários para a execução dos objetivos do projeto;

- **identificação dos requisitos e restrições do cliente:** estas informações deverão ser disponibilizadas nos processos iniciais de consulta de referência para aquisição de materiais e serviços, incluindo as condições comerciais, industriais e demais aspectos a serem considerados nos futuros processos formais de aquisição;
- **elaboração dos documentos de requisitos do projeto para consultas por parte de potenciais fornecedores:** esta documentação será utilizada tanto para as consultas estimativas como para os processos efetivos de aquisição. Elementos típicos desta documentação são:
  - ❖ Declaração de escopo dos trabalhos;
  - ❖ Especificações técnicas;
  - ❖ Requisitos de gerenciamento;
  - ❖ Requisitos de garantia da qualidade;
  - ❖ Requisitos de fornecimento;
- **Elaboração do plano de gerenciamento do projeto:** documento que define a metodologia e a abordagem de gerenciamento a ser aplicada durante a execução de todas as fases do ciclo de vida do projeto.

### 3.2.2 Organização do projeto na ESA

Conforme a ECSS-M-ST-10C, para garantir uma abordagem de gerenciamento do projeto eficiente e eficaz, é necessária a definição de uma organização formal do projeto considerando todas as atividades a serem desenvolvidas durante o ciclo de vida completo do projeto. Segundo a norma ECSS, a equipe de projeto poderá ser dimensionada para atender a todas as necessidades do projeto com elementos próprios da equipe ou, como frequentemente ocorre, ser dimensionada para atender as principais especialidades do projeto e apoiada por equipes de suporte externo ou consultorias para os demais objetos. Os aspectos de maior relevância a serem contemplados na organização de um projeto são:

- definição da estrutura organizacional: deve ser a mais abrangente possível, considerando todas as disciplinas envolvidas no projeto com suas inter-relações, interfaces e nível de hierarquia, com estabelecimento de critérios claros e objetivos de aprovação e aceitação de cada elemento ou atividade do sistema;
- definição dos relatórios e outros meios de comunicação relativos ao desenvolvimento do projeto: o registro e a divulgação das informações do projeto são essenciais para garantir o entendimento dos avanços e dificuldades por todos os componentes da equipe de projeto e também dos colaboradores externos; e
- definição das auditorias necessárias para identificar possíveis problemas no avanço do projeto: auditorias são elementos que possibilitam uma análise independente da evolução dos processos, auxiliando o gerenciamento do projeto a identificar eventuais áreas críticas que possam prejudicar a evolução e o resultado final do projeto.

### **3.2.3 Fases do ciclo de vida de projetos na ESA**

Segundo a ECSS-M-ST-10C, os projetos do segmento espacial tipicamente são divididos em sete fases relacionadas com sete conjuntos de atividades a serem desenvolvidas, iniciando pela fase 0 (zero) e na sequência as fases identificadas pelas letras de A, B, C, D, E e F.

Na conclusão de atividades importantes de desenvolvimento do projeto e também em alguns limites entre as fases do ciclo de vida do projeto, são estabelecidos eventos de revisão do projeto (*project reviews*), que são os eventos através dos quais são verificadas as evoluções das atividades e decidida a continuidade ou revisão das mesmas.

### 3.2.3.1 Fase 0 (ESA)

**Análise da missão e identificação de necessidades:** fase conceitual de criação do projeto, tendo suas atividades usualmente coordenadas pelo idealizador e principal patrocinador do projeto, em colaboração com os *stakeholders* de primeiro nível e usuários finais do sistema. São definidas as necessidades da missão, as performances a serem atingidas e as restrições operacionais do projeto.

Nesta fase, deve ser elaborada a especificação técnica preliminar com os requisitos técnicos iniciais e uma estimativa preliminar de custos e prazos (baseada em dados históricos ou levantamentos no mercado), para verificação preliminar da viabilidade do projeto. São levantadas as primeiras alternativas (conceitos de missão) para a execução dos objetivos do projeto.

A revisão de projeto prevista para esta fase é a Revisão de Definição de Missão (MDR – *Mission Definition Review*), que realizada no final da fase, tem por objetivo aprovar a declaração de missão, os requisitos técnicos e os aspectos programáticos da missão e autorizar a evolução para a próxima fase.

### 3.2.3.2 Fase A (ESA)

**Viabilidade:** atividade usualmente coordenada pelo cliente de mais alto nível apoiado pelos principais fornecedores, com seus resultados relatados e discutidos com o grupo idealizador do projeto. São analisados e desenvolvidos os possíveis conceitos de sistemas e de operação visando confirmar a viabilidade técnica e programática de cada solução e a escolha da solução de projeto a ser desenvolvida.

São identificadas as tecnologias críticas e as alternativas de desenvolvimento ou aquisição das mesmas. São evoluídos os estudos de conceitos de operação e de sistema desenvolvidos na fase anterior (Fase 0), visando identificar a solução mais adequada para ser aprofundada na próxima fase (Fase B).

Elabora-se o planejamento preliminar de gerenciamento do projeto incluindo aspectos de análise de riscos e garantia de qualidade.

A revisão de projeto prevista para esta fase é a Revisão Preliminar de Requisitos (PRR – *Preliminary Requirements Review*), que realizada no final da fase, tem por objetivo avaliar a compatibilidade das alternativas de solução com os requisitos definitivos do sistema, confirmar a viabilidade das possíveis soluções desenvolvidas, avaliar o planejamento inicial de gerenciamento do projeto e autorizar a evolução para a próxima fase.

### **3.2.3.3 Fase B (ESA)**

**Definições Preliminares:** são realizados estudos comparativos (trade-off) e identificado o conceito de sistema que será desenvolvido, entre as opções elencadas nas fases anteriores. A partir desta definição, é fixado o projeto preliminar do conceito do sistema e inicia-se os estudos de desenvolvimento das tecnologias críticas e das atividades de duração mais longa, visando compatibilizar as mesmas ao cronograma estabelecido.

Nesta fase são definidos preliminarmente os planejamentos de gerenciamento do projeto e os planos de garantia de qualidade dos produtos e atividades a serem desenvolvidas. São elaborados ainda o plano de tratamento de detritos espaciais (debris) e são atualizadas as avaliações de risco.

Existem duas revisões de projeto previstas para esta fase que são a Revisão Preliminar de Sistemas (SRR – *System Requirements Review*) que visa a aprovação dos requisitos técnicos atualizados e a Revisão Preliminar de Projeto (PDR – *Preliminary Design Review*), que realizada no final da fase, tem por objetivo avaliar as atividades de projeto desenvolvidas e autorizar a evolução para a próxima fase.

#### **3.2.3.4 Fase C (ESA)**

**Definições Detalhadas:** durante esta fase é definida a configuração final detalhada dos componentes, subsistemas e sistemas e desenvolvidos os projetos executivos dos elementos do sistema.

Nesta fase, são realizadas as verificações necessárias para confirmar a compatibilidade do projeto com os requisitos do sistema, visando a passagem para a fase de produção ou aquisição dos componentes/subsistemas/sistemas. São realizados para os elementos críticos testes de desempenho técnico e para os subsistemas o desenvolvimento de modelos de engenharia.

Com a evolução das informações, é atualizado o planejamento de fabricação/aquisição de componentes e subsistemas e o cronograma de montagem, integração e testes do sistema. A revisão de projeto prevista para esta fase é a Revisão Crítica de Projeto (CDR – *Critical Design Review*), que realizada no final da fase, tem por objetivo validar os documentos de detalhamento de projeto e atualização de planejamento elaborados durante esta fase e autorizar a evolução para a próxima fase.

#### **3.2.3.5 Fase D (ESA)**

**Qualificação e Produção:** nesta fase são realizadas as atividades de fabricação, testes de qualificação, montagem, integração e testes dos elementos e, na sequência, do sistema completo. São testadas e qualificadas as interfaces operacionais entre o sistema construído e as demais infraestruturas que fazem parte do conceito operacional.

Existem três revisões de projeto previstas para esta fase: a Revisão de Qualificação (QR – *Qualification Review*) que visa confirmar que todos os requisitos de projeto foram atingidos pelos componentes e sistema finalizados, a Revisão de Aceitação (AR – *Acceptance Review*) que oficializa que o sistema é livre de imperfeições e encontra-se em plenas condições de uso, certificando que o sistema conforme construído (*as built*) está em conformidade com o

projeto e pronto para ser colocado em operação e a Revisão de Prontidão Operacional (ORR – *Operational Readiness Review*) que realizada no final da fase, tem por objetivo certificar que o sistema, as condições de colocação em órbita e as condições de operação pelo segmento terra estão prontas e autorizar a evolução para a próxima fase.

### **3.2.3.6 Fase E (ESA)**

**Operação:** refere-se à colocação em serviço do sistema, dependendo do tipo de missão proposta, mas geralmente composta por atividades de preparação para colocação em órbita, execução de atividades associadas à operação do sistema e suporte às atividades da missão.

Nesta fase, é finalizado o plano de descarte. Existem quatro revisões de projeto previstas para esta fase: a Revisão de Prontidão para Voo (FRR – *Flight Readiness Review*) que é a revisão que confirma que o sistema está em condições para o lançamento, a Revisão de Prontidão para Lançamento (LRR – *Launch Readiness Review*) que é realizada imediatamente antes do lançamento, a Revisão de Resultado de Comissionamento (CRR – *Commissioning Result Review*), que é realizada para verificação de funcionamento após a conclusão da colocação em órbita e a Revisão de Final de Vida (ELR – *End-off-Life Review*), que realizada no final da vida útil do sistema, confirma se todos os objetivos da missão foram atingidos e verifica as condições para descarte do sistema, autorizando a passagem para a próxima fase.

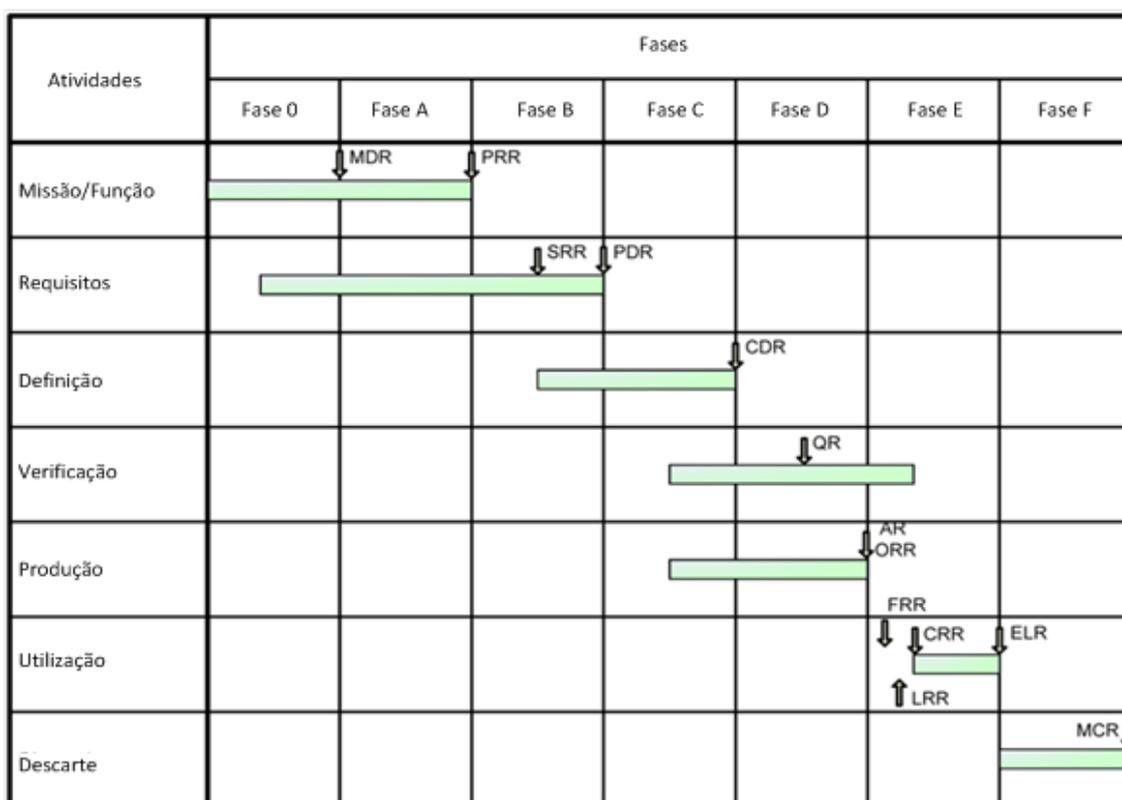
### **3.2.3.7 Fase F (ESA)**

**Descarte:** nesta fase são realizados os procedimentos planejados para o descarte do sistema, quando aplicável. A revisão de projeto prevista para esta fase final é a Revisão de Fechamento da Missão (MCR – *Mission Close-up*

Review), que realizada no final da fase, encerra as atividades do ciclo de vida completo do sistema espacial;

Na Figura 3.6, estão representadas as fases de desenvolvimento do ciclo de vida de uma missão espacial típica.

Figura 3.6- Ciclo de vida de missão espacial típica.



<b>MDR</b>	<i>Mission Definition Review</i>	<b>ORR</b>	<i>Operational Readiness Review</i>
<b>PRR</b>	<i>Production Readiness Review</i>	<b>FRR</b>	<i>Flight Readiness Review</i>
<b>SRR</b>	<i>System Requirements Review</i>	<b>CRR</b>	<i>Commissioning Result Review</i>
<b>PDR</b>	<i>Preliminary Design Review</i>	<b>LRR</b>	<i>Launch Readiness Review</i>
<b>CDR</b>	<i>Critical Design Review</i>	<b>ELR</b>	<i>End-Of-Life Review</i>
<b>QR</b>	<i>Qualification Review</i>	<b>MCR</b>	<i>Mission Close-Out Review</i>
<b>AR</b>	<i>Acceptance Review</i>		

Fonte: Adaptado de ECSS-M-ST-10C (2009).

### **3.3 Abordagem de implantação de projetos no INCOSE**

O INCOSE (*International Council on Systems Engineering*) é uma sociedade profissional e uma organização sem fins lucrativos com o objetivo de desenvolver, promover e divulgar os princípios e práticas preconizados pelo desenvolvimento da abordagem da Engenharia de Sistemas.

Segundo o INCOSE, à partir do início dos anos 2000, o segmento industrial identificou a necessidade e aumentou rapidamente sua demanda por competências em engenharia de sistemas para a definição e realização de sistemas complexos e pluridisciplinares.

Ao desenvolvermos infraestruturas para sistemas espaciais, normalmente encontramos um elevado grau de complexidade, ligado aos exigentes requisitos que são definidos para estes sistemas para compatibilizá-los com os produtos ou serviços que serão fabricados, montados, integrados, testados e operados nestas infraestruturas.

Definições e práticas da disciplina de Engenharia de Sistemas para o desenvolvimento de sistemas complexos conforme a visão do INCOSE, estão descritas no *Systems Engineering Handbook (SEH)*.

#### **3.3.1 Abordagem de implantação de projetos no INCOSE**

A abordagem do INCOSE para implantação ou *upgrade* de sistemas complexos de engenharia é pela execução de projetos específicos. Os processos de gerenciamento dos projetos são classificados pelo INCOSE como Processos de Gerenciamento Técnico.

Os Processos de Gerenciamento Técnico são processos usados para estabelecer e desenvolver o planejamento, para executar o planejamento, avaliar o realizado, o progresso em relação ao planejamento e controlar a execução até a finalização do projeto. Processos de Gerenciamento Técnico específicos podem ser invocados a qualquer momento do ciclo de vida e em qualquer nível de hierarquia dos projetos, conforme demandados pelo planejamento ou pela ocorrência de eventos imprevistos. Os Processos de

Gerenciamento Técnico são aplicados com níveis de rigor e de formalidade que dependem do risco e da complexidade do projeto.

Os Processos de Gerenciamento Técnico identificados pelo INCOSE são:

- Planejamento;
- Avaliação e Controle;
- Gerenciamento de Decisões;
- Gerenciamento de Riscos;
- Gerenciamento de Configuração;
- Gerenciamento de Informações;
- Medição;
- Garantia da Qualidade.

### **3.3.1.1 Processo de planejamento do projeto**

O Planejamento do Projeto envolve todas as etapas do projeto, desde sua formulação inicial com identificação dos seus objetivos, passando pela sua aprovação e autorização para execução, encerrando com o planejamento dos procedimentos para finalização do projeto. Inclui a identificação e definição dos equipamentos específicos, infraestrutura e equipe técnica que serão necessários para a execução das atividades previstas no ciclo de vida completo do projeto.

O Planejamento deve identificar quais recursos necessários são disponíveis internamente na organização e quais deverão ser buscados em outras estruturas de apoio ou no mercado, garantindo a disponibilidade dos mesmos em conformidade com as previsões de data e tempo de utilização.

O processo de planejamento do projeto inclui três grupos de atividades :

#### **1) Definição do Projeto:**

- Análise da proposta do projeto e dos acordos relacionados com a definição de objetivos, escopo e restrições do projeto.
- Definição das práticas e procedimentos organizacionais específicos para utilização na execução do projeto.

- Definição de uma Estrutura de Trabalho baseada na arquitetura do sistema em desenvolvimento.
- Definição e manutenção de um modelo de ciclo de vida específico derivado dos modelos de ciclo de vida definidos pela organização. Esta atividade inclui a definição de marcos principais, eventos de decisões e revisões do projeto.

## **2) Planejamento e Gerenciamento Técnico do Projeto**

- Estabelecimento das responsabilidades e perímetro de atuação das autoridades do projeto.
- Definição de alto nível de pacotes de trabalho para cada tarefa e atividade identificada. Cada pacote de trabalho deve estar vinculado aos recursos necessários, incluindo as estratégias de aquisição.
- Desenvolvimento do cronograma do projeto em conformidade com os objetivos e estimativa dos trabalhos a serem desenvolvidos.
- Definição da infraestrutura e dos serviços necessários à execução do projeto.
- Levantamento de custos e elaboração do orçamento previsto.
- Planejamento da aquisição de materiais, bens e serviços necessários à execução do sistema.
- Preparação de um plano de gerenciamento de engenharia de sistemas, definindo como o projeto será organizado, estruturado, conduzido e monitorado para a execução do produto em conformidade com os requisitos elaborados. O plano deve considerar os aspectos mais importantes do projeto como a definição dos processos de Engenharia de Sistemas a serem utilizados, as abordagens de análise funcional, o cronograma, a definição das revisões técnicas e as responsabilidades dos membros da equipe.
- Geração do planejamento personalizado de gerenciamento da qualidade, do escopo, do risco, da comunicação e dos controles para a execução dos requisitos do projeto.
- Estabelecimento dos critérios a serem usados para definição dos principais marcos, eventos de decisões e revisões do projeto.

### **3) Ativação do Projeto**

- Início formal das atividades do projeto.

#### **3.3.1.2 Processo de Avaliação e Controle do Projeto**

O Processo de Avaliação e Controle do Projeto tem como propósito avaliar e controlar a viabilidade do planejado em relação ao andamento do projeto, determinando o status do projeto e garantindo que a performance está em conformidade com o cronograma, o orçamento e os requisitos técnicos estabelecidos para o sistema.

Os projetos devem ter avaliações periódicas e revisões técnicas nos pontos chave de decisão com o objetivo de disponibilizar as informações necessárias para autorizar o avanço do projeto e garantir a execução dos objetivos parciais planejados.

O processo de avaliação e controle possibilita o levantamento de dados que permitem verificar a evolução do projeto em relação ao planejado e em caso de discrepâncias, identificar a deficiência para a tomada de medidas para mitigação e correção.

O nível de complexidade e rigor dos processos de avaliação e controle recomendados variam com a complexidade do sistema em desenvolvimento, devendo portanto ser personalizados por projeto.

O processo de Avaliação e Controle inclui três grupos de atividades:

#### **1) Planejamento da Estratégia de Avaliação e Controle do Projeto:**

- Desenvolvimento da estratégia de planejamento das avaliações e dos marcos de realização das revisões técnicas e demais;

#### **2) Avaliações do Projeto:**

- Revisão dos resultados das avaliações associadas ao projeto;
- Avaliações dos desvios entre previsto e realizado para custos, cronograma e performances técnicas;

- Avaliação da eficácia e eficiência das atividades de execução do projeto (fazer as coisas certas / fazer certo as coisas);
- Avaliações da disponibilidade e adequação da estrutura e recursos disponibilizados ao projeto;

### **3) Controle do Projeto:**

- Definição de ações preventivas quando as avaliações indicarem tendência de desvio dos objetivos ou requisitos;
- Realizar ações para resolução de problemas quando avaliações indicarem não conformidade com os critérios de performance planejados;
- Realizar ações corretivas quando as avaliações indicarem desvios com relação ao planejamento aprovado;
- Decisão de continuidade ou não do projeto nos eventos de revisão de projeto para passagem à fase seguinte;

#### **3.3.1.3 Processo de gerenciamento de decisões**

O Processo de Gerenciamento de Decisões tem o objetivo de fornecer uma estrutura analítica para identificar, caracterizar e avaliar objetivamente um conjunto de alternativas para uma decisão em qualquer ponto do ciclo de vida e selecionar a ação mais adequada.

O processo de gerenciamento de decisões estão intimamente ligados às decisões de definição de conceitos, à seleção e definição de soluções durante a fase de desenvolvimento e produção de componentes e sistemas e posterior utilização final dos sistemas.

O processo de Gestão de Decisões está dividido em 3 grupos de atividades:

#### **1) Preparação para Decisões:**

- Definição da estratégia de gerenciamento de decisões;
- Análise, definição e registro formal dos objetivos das decisões a serem tomadas;

#### **2) Análise das Informações para Decisões:**

- Definição de estrutura e amplitude de decisão;
- Desenvolvimento de objetivos e métricas de avaliação;
- Desenvolvimento de alternativas de soluções via análise de vantagens e desvantagens (*trade-offs*);
- Elaboração da síntese dos resultados das decisões;

### **3) Tomada e Gerenciamento de Decisões:**

- Registro das decisões e armazenamento dos dados e informações que a basearam;
- Comunicação dos efeitos das decisões;

#### **3.3.1.4 Processo de gerenciamento de riscos**

O Processo de Gerenciamento de Riscos tem o objetivo de identificar, analisar, tratar e monitorar os riscos continuamente. O processo de gerenciamento de riscos é utilizado para preparar as equipes de projeto para a ocorrência de eventos que venham a prejudicar o avanço do projeto e os objetivos de custos, prazos e performance técnica.

A estruturação da gestão de riscos permite antecipar as análises e definição de ações de mitigação para os efeitos da ocorrência dos riscos mais prováveis.

O processo de Gestão de Riscos está dividido em 5 grupos de atividades:

#### **1) Planejamento de Gerenciamento de Riscos:**

- Definição da estratégia de gerenciamento de riscos;

#### **2) Gerenciamento do Perfil de Riscos:**

- Identificação dos riscos, sua probabilidade de ocorrência, seus possíveis efeitos e seu estado de tratamento;
- Definição dos limites de aceitabilidade de condições de ocorrência dos riscos;
- Comunicação periódica de evolução dos riscos com os pertinentes envolvidos;

#### **3) Análise de Riscos:**

- Definir as situações de risco e identificar os riscos;
- Análise quanto à probabilidade de ocorrência e a magnitude de efeitos para priorização de ações;

- Definição de procedimentos, recursos necessários para a solução ou mitigação dos efeitos da ocorrência e o profissional responsável pelo acompanhamento das ações para cada risco;

#### **4) Tratamento de Riscos:**

- Acompanhar a evolução dos riscos e definir o início das ações corretivas ou mitigadoras quando a evolução ultrapassar os limites aceitáveis estabelecidos no planejamento;

#### **5) Monitoramento de Riscos:**

- Elaborar e manter o registro dos itens de risco e o histórico de tratamento dos mesmos;
- Manter uma política transparente de comunicação de evolução de riscos;

### **3.3.1.5 Processo de gerenciamento da configuração**

O Processo de Gerenciamento da Configuração têm o objetivo de gerenciar e controlar os elementos e configuração do sistema durante seu ciclo de vida completo, bem como a consistência entre o produto executado e a sua configuração definida. O processo de gestão de configuração garante que os produtos finais são conformes aos requisitos definidos inicialmente ou que, em caso de alterações destes durante o processo, os produtos finais sejam conformes aos projetos e requisitos atualizados aprovados.

O processo de Gestão da Configuração está dividido em 6 grupos de atividades:

#### **1) Planejamento de Gerenciamento da Configuração:**

- Definição da estratégia de gerenciamento da configuração;
- Implementação de um plano de controle da configuração que inclua avaliação, aprovação e validação de requisitos atualizados;

#### **2) Realização da Identificação da Configuração:**

- Definição de elementos do sistema que serão monitorados pelo controle de configuração;

- Estabelecimento de linhas de base em pontos de revisão apropriados distribuídos pelo ciclo de vida com os parâmetros acordados para aprovação da passagem para próxima sequência de atividades;
- 3) Gerenciamento de Alterações da Configuração:**
- Identificação, armazenamento, atualização de revisões, aprovações, rastreabilidade das decisões e solicitações de modificações;
- 4) Acompanhamento da Evolução da Configuração:**
- Implementação de documentos de acompanhamento dos dados da configuração e comunicação do estado e evolução dos mesmos aos membros do time de projeto;
- 5) Avaliação da Configuração:**
- Realização de auditorias e revisões em pontos chaves do ciclo de vida para validação das linhas de base estabelecidas;
- 6) Controle de Atualizações:**
- Realização e armazenamento das atualizações de priorização, rastreamento, planejamento de execução e encerramento de modificações e seus documentos de referência relevantes;

### **3.3.1.6 Processo de gerenciamento da informação**

O Processo de Gerenciamento da Informação tem o objetivo de gerar, coletar, confirmar, reter, recuperar e descartar informações, divulgando às partes interessadas. O processo de gestão de informação visa garantir que as informações sejam corretamente coletadas, armazenadas e disponibilizadas com confiabilidade quando requisitadas. .

O processo de Gerenciamento da Informação está dividido em 2 grupos de atividades:

- 1) Preparação para o Gerenciamento de Informações:**
- Definição de um sistema de informações relevantes, níveis de autorização de acesso e duração do período de armazenamento;
  - Definição dos formatos de mídia considerando captura, armazenamento e transmissão das informações;

- Identificação dos agentes ou organizações autorizadas para emissão, captura, arquivo e descarte das informações, em conformidade com o previsto nos processos de gerenciamento de configuração;

## **2) Realização do Gerenciamento de Informações:**

- Recolhimento periódico das informações previstas no planejamento;
- Manutenção das informações conforme integridade, segurança e sigilo estabelecidos;
- Divulgação, em conformidade com os prazos planejados, as informações em formato apropriado para as partes designadas;
- Arquivamento das informações para verificação de conformidade com as disposições legais, contratuais, de sigilo e de encerramento;
- Descarte de informações inválidas conforme critérios da política estabelecida;

### **3.3.1.7 Processo de medição**

O Processo de Medição tem o objetivo de coletar, analisar e relatar dados e informações para apoiar o gerenciamento efetivo dos projetos e comprovar a qualidade dos produtos, serviços e processos desenvolvidos. O processo de medição é utilizado para disponibilizar as informações a serem utilizadas nos processos de verificação e tomada de decisões para continuidade das operações ou correções quando ocorrem desvios relativos ao planejado. As medições devem incluir parâmetros de controle para recursos, processos e de produtos finais.

O processo de Medição está dividido em 2 grupos de atividades:

#### **1) Preparação para Medição:**

- Identificação das necessidades de medição das partes interessadas e desenvolvimento da estratégia de realização;
- Identificação e seleção de grandezas relevantes que influenciam no desempenho técnico e de gerenciamento do projeto;
- Definição dos critérios de medição, indicadores, frequência de medição, repositório para armazenamento das medições, pontos chave de

realização de medições e responsáveis pela análise e aprovação das medições;

## **2) Realização da Medição:**

- Coleta, processamento, análise e verificação da correção das medições, armazenar e disponibilizar para as partes interessadas;
- Análise em conjunto com as partes interessadas das medições e participação na elaboração das propostas de medidas corretivas quando indicado;

### **3.3.1.8 Processo de garantia de qualidade**

O Processo de Garantia de Qualidade têm o objetivo de ajudar a garantir a aplicação efetiva dos processos de gerenciamento da qualidade da organização ao projeto. O processo de garantia de qualidade têm características preventivas e visa garantir que o desenvolvimento das atividades do projeto sejam realizadas de forma planejada para a execução dos requisitos de sucesso fixados para cada tipo de atividade.

O processo de Garantia de Qualidade está dividido em 5 grupos de atividades:

#### **1) Preparação para Garantia da Qualidade:**

- Elaboração da estratégia de garantia da qualidade;
- Detalhamento das políticas, padrões e procedimentos para as atividades de garantia de qualidade;
- Definição de níveis de responsabilidades e autoridade de decisão para as atividades de garantia de qualidade;

#### **2) Avaliações de Qualidade de Produtos ou Serviços:**

- Execução de avaliações dos critérios definidos para a garantia de qualidade de produtos ou serviços nos pontos chave definidos na política de garantia de qualidade, verificando se os critérios de garantia de qualidade foram atendidos durante o projeto, desenvolvimento, verificação, validação e produção dos componentes e sistemas;
- Verificação da eficácia da garantia de qualidade através da avaliação da conformidade dos requisitos dos produtos;

### **3) Avaliações de Processos:**

- Execução de avaliações dos critérios definidos para a garantia de qualidade dos processos nos pontos chave definidos na política de garantia de qualidade, verificando se os critérios de garantia de qualidade foram atendidos em conformidade com os procedimentos estabelecidos;
- Avaliação de conformidade das ferramentas e ambientes de apoio;
- Divulgação dos procedimentos de garantia de qualidade para a cadeia de fornecedores e avaliação da conformidade dos processos dos fornecedores com os requisitos previstos;

### **4) Gerenciamento de Documentos de Garantia de Qualidade:**

- Criação, manutenção e arquivamento de registros e relatórios previstos no sistema de garantia da qualidade;
- Identificação de incidentes e problemas associados às avaliações de qualidade de processos e produtos;

### **5) Tratamento de Incidentes e Problemas:**

- Registro, classificação, relato e análise de incidentes (anomalias de curta duração e baixo impacto) e problemas (não conformidades de alto impacto);
- Realização de análises de causa raiz e tendenciais;
- Recomendação de ações para corrigir causas dos incidentes e problemas;
- Acompanhamento de todos os incidentes e problemas até a conclusão da análise;

#### **3.3.2 Projetos de grandes infraestruturas no INCOSE**

O INCOSE, por meio do grupo de trabalho “*Infrastructure Working Group*”, criou um guia com a abordagem de Engenharia de Sistemas para aplicação em implantação de projetos de grandes infraestruturas (*Large Infrastructure Projects – LIP*), sejam elas públicas como por exemplo rodovias, estradas de ferro, geração e distribuição de eletricidade, bem como plantas industriais de

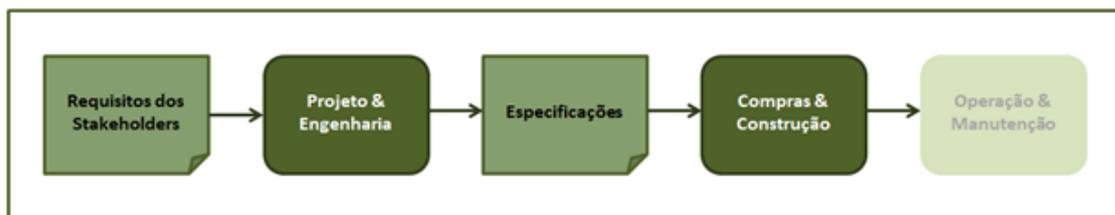
grande porte como plataformas de óleo e gás, refinarias, minas e outros projetos envolvendo grandes implantações.

Apesar da abordagem desenvolvida pelo grupo de trabalho salientar a necessidade de fase específica de detalhamento do projeto de implantação e do planejamento da fase de operação com os aspectos de manutenção necessários, a abordagem desenvolvida pelo grupo de trabalho neste guia é concentrada na aplicação dos conceitos de engenharia de sistemas nos processos de execução física (construção) da infraestrutura.

O guia busca relacionar as práticas de Engenharia de Sistemas já consagradas para os projetos e desenvolvimento de produtos dos setores aeroespacial, manufatureiro, telecomunicações, etc. para a aplicação em projetos e implantações de grandes infraestruturas de forma geral.

A implantação de uma *LIP* é composta de dois componentes principais: o desenvolvimento de uma solução de engenharia através de um projeto executivo e a entrega da solução de projeto através da contratação da execução dos serviços e das obras definidos e detalhados no projeto. Após a conclusão destas atividades, a infraestrutura é transferida para a fase de operação e manutenção. Na Figura 3.7 está representado, no nível de abstração mais alto, o ciclo de vida usual de implantação de uma grande infraestrutura.

Figura 3.7 - Representação do ciclo de vida de um projeto de grande infraestrutura (*Large Infrastructure Project – LIP*).



Fonte: Adaptado de INCOSE (2012).

Conforme definido pelo INCOSE *Infrastructure Working Group* (2012) , as principais características das *LIP* são:

- **Elevado valor de Investimento** - O grupo de trabalho considera que uma infraestrutura será classificada como *LIP* quando o investimento previsto no projeto for superior a 1 bilhão de dólares.
- **Complexidade** – normalmente existem muitas partes interessadas (*stakeholders*) no projeto e conseqüentemente muita variância de expectativas sobre os resultados de implantação, expectativas estas por vezes conflitantes. O atendimento dos requisitos estabelecidos pode ocorrer por meio de diversas soluções que muitas vezes concorrem com outras na disputa de recursos financeiros e humanos. Projetos de grandes infraestruturas envolvem o desenvolvimento de projeto frequentemente extenso e multifuncional, necessitando a definição e a integração de grande número de interfaces entre os componentes físicos do projeto.
- **Especificidade** – ao contrário de projetos convencionais onde os processos de construção são otimizados aproveitando-se as experiências de execuções anteriores, as *LIP* normalmente necessitam utilizar soluções únicas e exclusivas, com importantes impactos principalmente no custo e cronograma de execução;
- **Incertezas** – devido à complexidade do projeto, frequentemente ocorrem incertezas e imprecisões com relação ao custo e ao escopo do projeto inicialmente previstos, já que o levantamento preciso de custos se desenvolve com a evolução do detalhamento das soluções de projeto e execução.

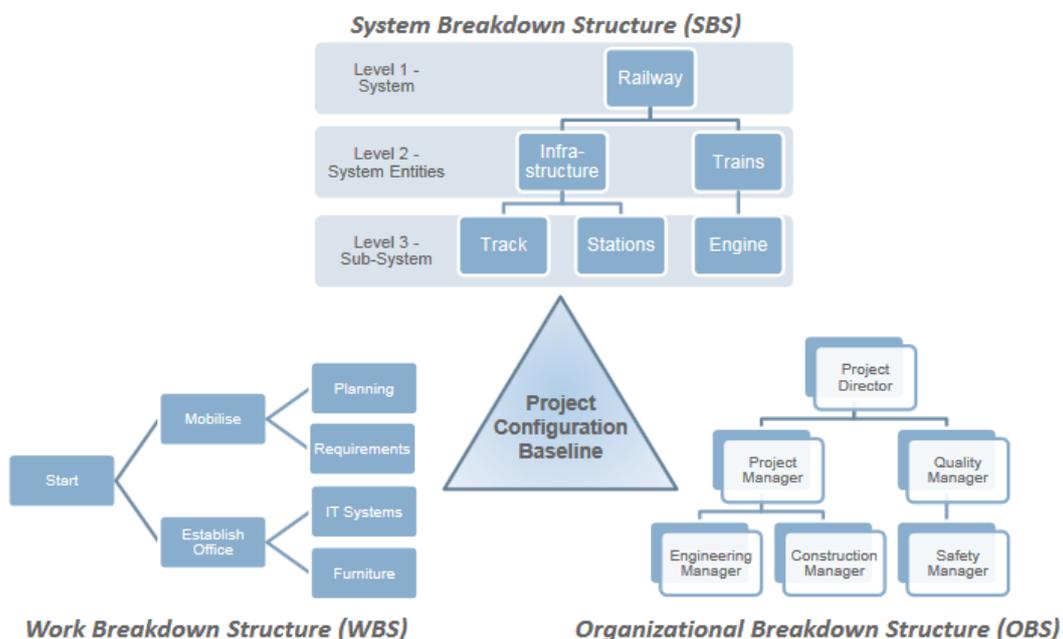
Conforme proposto pelo INCOSE no guia elaborado, a implantação de uma *LIP* se inicia com a definição do sistema a ser implementado, descrevendo-se inicialmente a solução proposta, ainda que através de um projeto conceitual, visando atender os requisitos das partes interessadas (*stakeholders*). Esta definição deverá representar o sistema como um todo, as interfaces externas ao sistema e os principais subsistemas com suas interfaces.

Uma vez definida e suficientemente desenvolvida a estrutura da solução de projeto, os subsistemas e componentes podem vir a ser desenvolvidos progressivamente. A representação da decomposição do sistema deve ser feita através de uma Estrutura Analítica do Sistema (*System Breakdown Structure – SBS*) que deve considerar:

- como o sistema será projetado, construído e integrado, considerando todas as disciplinas envolvidas e a ordem de execução das atividades, as verificações necessárias e os procedimentos para colocação em serviço;
- o escopo e a forma com que as aquisições e os contratos de serviços serão realizados;
- a definição das funções e o gerenciamento das interfaces críticas.

Conforme representado na Figura 3.8, o nível mais alto do ciclo de vida deverá ser decomposto e representado por uma Estrutura Analítica do Sistema (*System Breakdown Structure - SBS*) associada à uma Estrutura Analítica de Trabalho (*Work Breakdown Structure - WBS*) e a uma Estrutura Analítica Organizacional (*Organizational Breakdown Structure – OBS*), definindo como e por quem cada parte do sistema será realizado.

Figura 3.8 - Relação entre as estruturas analíticas de sistema, trabalho e organizacional para implantação de *Large Infrastructure Project – LIP*.



Fonte: INCOSE (2012).

A abordagem desenvolvida pelo grupo de trabalho do INCOSE salienta alguns pontos chave para o desenvolvimento do processo:

- **Estratégia de Contratação** - Devido à complexidade e às grandes dimensões técnicas e administrativas dos projetos de grandes infraestruturas, frequentemente os mesmos são divididos em projetos parciais de menor escala, facilitando a gestão das complexidades técnicas, o sequenciamento das fases, a alocação de recursos, a gestão de requisitos legais e normativos, etc. Como o custo final do projeto é significativamente influenciado pelas decisões técnicas e administrativas tomadas nas fases iniciais, é primordial que um processo seja implantado no início do processo visando gerenciar a complexidade e uma potencial ambiguidade resultante desta divisão.

Segundo o INCOSE, deve-se utilizar a abordagem de engenharia de sistemas para o desenvolvimento da estratégia de contratação, ou seja:

- ❖ Definir os requisitos, os objetivos do processo, as restrições e limitações para execução e como o resultado deverá ser verificado e medido. Considerando que os projetos de grande porte envolvem muitos participantes, os requisitos serão os direcionadores das ações, devendo ser registrados e documentados de maneira clara e estruturada.
- ❖ Fazer uma análise aprofundada da dimensão do problema, identificando quais são os principais aspectos que influenciarão o desempenho ou a eficácia da estratégia de contratação a ser utilizada.
- ❖ Elaboração dos processos e da documentação contratual dos fornecimentos, normalmente realizada por uma assessoria jurídica. Esta atividade necessita de uma atenção especial, sendo frequentemente causa de fracassos ou falhas dos projetos, mesmo que os passos anteriores tenham sido corretamente executados. A causa de falha mais frequente na estratégia de contratação ocorre quando cada membro do projeto está focado na execução da atividade que lhe foi designada e não existe um correto gerenciamento com visão sistêmica do projeto global.
- **Entrega e Aceitação do Sistema** – A entrega de sistema ou subsistema pelo contratado indica que o mesmo considera que suas obrigações (cumprimento de requisitos) foram atingidas e que o sistema deve ser transferido para a equipe responsável pelo gerenciamento do projeto ou em alguns casos, para a equipe de operação e manutenção da infraestrutura.

A aceitação do sistema pela equipe de gerenciamento do projeto deve ser rigorosa e criteriosa, verificando o cumprimento dos requisitos estabelecidos, visando garantir a transferência final à equipe de operação ou manutenção.

A aplicação dos conceitos de Engenharia de Sistemas na elaboração dos procedimentos de entrega e aceitação dos sistemas com utilização

de processos de verificação e validação minimizam os riscos associados aos processos.

- **Gerenciamento de Riscos** – A identificação dos riscos e a definição de medidas de eliminação ou mitigação dos mesmos são usualmente feitas pelo responsável pela elaboração e gerenciamento dos processos de compra dos serviços ou equipamentos necessários à implantação de grandes infraestruturas.

Em projetos de grandes infraestruturas, o INCOSE recomenda que estas definições sejam feitas baseadas nos objetivos do projeto definidos pelos principais stakeholders.

É ainda muito importante que a estratégia de gerenciamento de riscos seja de conhecimento dos principais fornecedores, e que ambas partes estejam conscientes de suas responsabilidades na eliminação ou mitigação de riscos.

- **Gerenciamento de Mudanças** – A execução dos serviços de construção inicia após a elaboração do projeto executivo, mas em grandes projetos, modificações tornam-se necessárias frequentemente devido às condições de execução, medidas de eficiência e otimização de custos, condições imprevistas e várias outras possíveis razões.

O gerenciamento das mudanças é o mais importante processo durante a execução das obras de construção da infraestrutura. Falhas no gerenciamento de mudanças geram sobrecustos e dilatação de prazos que podem comprometer o cronograma global do projeto. Os requisitos de gerenciamento de mudanças variam de acordo com a abordagem definida.

Enquanto projetos altamente regulamentados como instalações nucleares exigem que os projetos executivos reflitam de forma precisa a instalação à medida que a mesma progride, para implantações menos críticas é permitido que as modificações de projeto sejam atualizadas após a conclusão das atividades (projeto conforme construído - *as built*).

O conceito fundamental do gerenciamento de mudanças é que o projeto, a documentação de suporte à operação e manutenção e as instalações devem estar coerentes até a data prevista de mudança da fase de implantação para a fase de operação.

- **Controle de Configuração** – Segundo o INCOSE, o controle da configuração do processo de projeto é essencial e crítico para o resultado do projeto de implantação.

O controle de configuração é um processo definido na Engenharia de Sistemas que tem por objetivo estabelecer e manter consistente a performance do sistema, seus atributos físicos e funcionais, em conformidade com os requisitos estabelecidos. Um dos principais conceitos de controle de configuração é que todo o projeto e documentação de suporte à operação estejam atualizados antes da passagem para esta fase.

- **Verificação e Validação de Processos** - Os critérios de verificação e validação dos processos devem ser definidos o mais cedo possível, nas fases iniciais do ciclo de vida do sistema, preferencialmente ao mesmo tempo que são definidos os requisitos a serem cumpridos.

A verificação da evolução dos processos e a validação dos resultados obtidos em comparação com os requisitos estabelecidos garantem que os processos serão desenvolvidos conforme planejado e que o resultado será conforme com os prazos e custos previstos.

No caso de implantação de grandes infraestruturas, vários sistemas serão construídos ou integrados progressivamente com a evolução das obras. É muito importante a verificação do atendimento aos requisitos durante a fase de fabricação e montagem, bem como a verificação final do sistema como parte do sistema completo.

- **Controles** - O projeto executivo deve ser desenvolvido em conformidade com as normas regulatórias, certificações e demais exigências de

organismos reguladores ou certificadores, visando a conformidade com as referidas exigências.

O projeto deve ser submetido à aprovação das autoridades competentes antes do início da execução dos serviços, visando evitar-se multas, penalidades em geral ou necessidade de alterações ou acréscimos em serviços ou obras já executadas.

#### **4 PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS NO SETOR PÚBLICO**

Diferentemente de empresas do setor privado que possuem liberdade na escolha de fornecedores e na condução dos processos de compra de materiais e serviços, o Poder Público que inclui órgãos da administração direta, autarquias, empresas públicas ou de economia mista, deve seguir procedimentos e exigências previstas em lei, notadamente a Lei Federal nº 8.666/93 - Normas para licitações e contratos da administração pública. Estes processos para compra e contratação de serviços são denominados processos licitatórios ou simplesmente licitação.

Problemas detectados durante a execução de obras e serviços ou no início da utilização da infraestrutura após entrega da obra são na sua grande maioria oriundos de aspectos não avaliados ou não tratados adequadamente durante o desenvolvimento do projeto básico e do projeto executivo. Conforme citado por NOGUEIRA (2010), a não execução de projetos de qualidade impactam diretamente na durabilidade, segurança, solidez e funcionalidade das edificações.

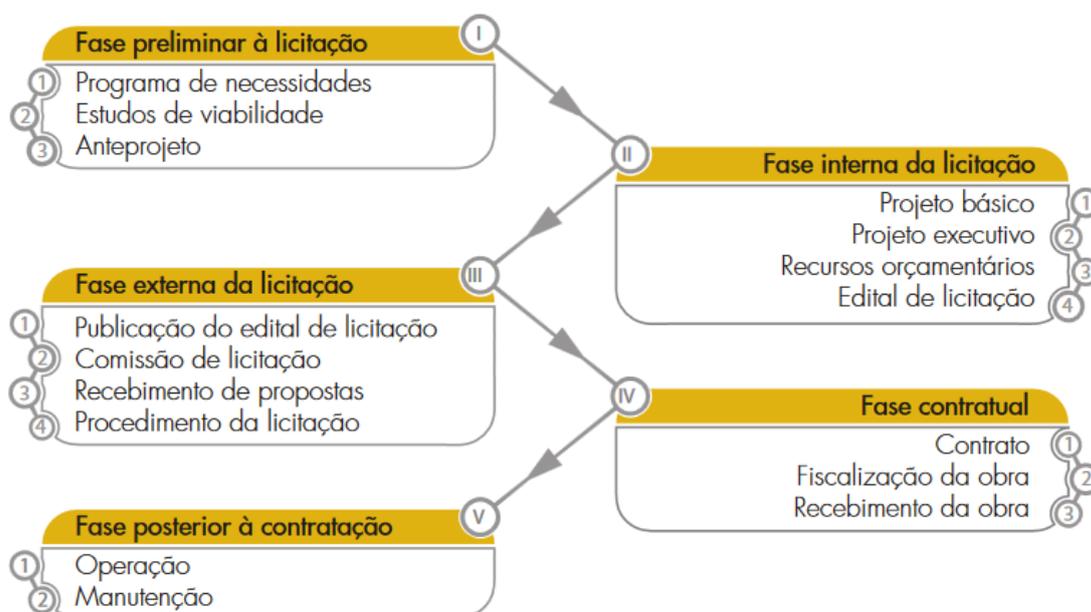
A abordagem de execução de obras públicas em geral é baseada nas definições e limitações impostas pela legislação e regras da administração pública, não sendo abordados os aspectos técnicos de desenvolvimento dos projetos necessários a implantações de infraestruturas de grande complexidade técnica.

Na estrutura governamental do Brasil, o INPE é subordinado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC, que disciplina as diretrizes para o estabelecimento de seus objetivos. Tratando-se de um órgão público, o INPE segue a legislação e exigências de órgãos fiscalizadores públicos para a utilização e prestação de contas dos recursos destinados aos projetos de implantação de infraestruturas realizados pelo instituto.

A implantação de uma GISE no Brasil deverá portanto, atender todas as exigências previstas no processo de contratação de obras públicas em geral.

Segundo o manual de Obras Públicas do TCU (2014), o processo é dividido em uma série de etapas conforme representado no fluxograma representado na Figura 4.1.

Figura 4.1- Fluxograma de Procedimentos implantação de obra pública.



Fonte: Tribunal de Contas da União - TCU (2014).

#### 4.1 Fase preliminar à licitação

As etapas relacionadas na fase preliminar de licitação da contratação dos serviços são previstos na abordagem de implantação de obras públicas como atividades a serem executadas pela organização responsável pela coordenação da implantação e são citadas como de extrema importância para evitar-se eventual impossibilidade de execução após início do processo, com consequentes prejuízos para a administração pública.

##### 4.1.1 Programa de necessidades

O órgão responsável pela iniciativa de implantação define as necessidades principais e estabelece as características básicas da

implantação, tais como: fim a que se destina, quantidade de usuários, dimensões, equipamentos necessários e outras características básicas da implantação.

#### **4.1.2 Estudos de viabilidade**

Nestes estudos são avaliadas as alternativas de implantação do projeto e os eventuais impactos ambientais. Durante esta etapa é estimado o custo da implantação e o custo/benefício da implantação.

#### **4.1.3 Anteprojeto**

Após a escolha da alternativa mais adequada entre as desenvolvidas nos estudos de viabilidade, a mesma deve ser registrada no formato de anteprojeto. A concepção inicial da infraestrutura deve ser representada no anteprojeto através de desenhos básicos de arquitetura e das instalações. O anteprojeto não é suficiente para licitar os serviços de implantação, mas define as diretrizes a serem seguidas no desenvolvimento do projeto básico.

### **4.2 Fase interna da licitação**

As etapas da Fase Interna da Licitação são destinadas à preparação para a contratação dos serviços ou obras, que serão via de regra, através de um processo licitatório. Nesta fase, são preparados os documentos que irão compor o edital de licitação e são segundo o TCU uma etapa de fundamental importância para o sucesso do empreendimento.

#### **4.2.1 Projeto básico e projeto executivo**

O projeto da implantação deve ser elaborado antes do início do processo de contratação dos serviços de execução das obras, podendo ser elaborado pelo próprio órgão interessado ou, no caso de não disponibilidade, contratado junto

a empresas especializadas no mercado. Os projetos devem ser elaborados segundo o manual em três etapas sucessivas: estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo. O projeto deve conter as especificações técnicas de materiais, equipamentos e serviços, orçamento detalhado com custos unitários e globais por serviço, indicação da taxa de benefício e despesas indiretas (BDI) e cronograma físico-financeiro da obra.

#### **4.2.2 Edital de licitação**

O edital de licitação é o documento que define as características da contratação. Os elementos e informações que devem constar no edital de licitação são descritos no artigo 40 da Lei 8.666/93, complementados por diversas determinações complementares estabelecidas por acórdãos do TCU. Conforme citado no manual do TCU, “é fundamental que a documentação e os aspectos concernentes ao processo de licitação sofram análise bastante criteriosa, visto que decisões tomadas nesta fase influenciarão em muito o modo de conduzir o empreendimento até sua conclusão”.

A contratação dos serviços de projeto e de execução de obras e instalações de utilidades deverão seguir as determinações da Lei 8.666/1993, sendo exigidas as composições unitárias dos custos dos serviços de todos os itens da planilha orçamentária, composição da taxa de BDI e composição dos encargos sociais. A Lei de Licitações determina que para habilitação das empresas, as exigências são limitadas à:

- Habilitação Jurídica,
- Qualificação Técnica,
- Qualificação Econômico-financeira,
- Regularidade Fiscal e Trabalhista.

### **4.3 Fase externa da licitação**

Esta fase inicia com a publicação do edital de licitação e seus anexos em veículos de comunicação como o Diário Oficial da União, quando se tratar de licitação elaborada por órgão ou entidade da Administração Pública Federal ou se tratar de financiamento parcial ou total com recursos federais. Após a publicação do edital de licitação, qualquer alteração que implique modificação substancial na sua formulação obrigará a prorrogação dos prazos estabelecidos. Não podem participar direta ou indiretamente da licitação de execução de serviços, nem o autor nem a empresa responsável pela elaboração do projeto básico ou executivo.

### **4.4 Fase contratual**

Esta fase inicia com assinatura do contrato e a autorização formal para o início dos serviços. Após a validação do processo licitatório e definido o vencedor, é celebrado um contrato administrativo com as exigências e condições para execução e aceitação dos serviços.

A fiscalização de execução dos contratos deve ser sistemática e tem por objetivo verificar o cumprimento das disposições contratuais, técnicas e administrativas em todos os seus aspectos, devendo ser composta equipe de fiscalização com profissionais habilitados e com experiência técnica necessária ao acompanhamento de serviços relacionados com o tipo de obra em execução.

### **4.5 Fase posterior à contratação**

Após o término dos serviços e a aprovação e recebimento definitivo pela fiscalização, inicia-se a fase de utilização da infraestrutura, com início das atividades de operação prevista e as intervenções preventivas e preditivas de manutenção . O recebimento e aceitação definitiva da obra ou serviço não exime a empresa prestadora dos serviços de responsabilidade civil e profissional, conforme previsto no contrato e na legislação.

## **5 ABORDAGEM DE ENGENHARIA DE SISTEMAS PARA IMPLANTAÇÃO DE GRANDES INFRAESTRUTURAS PARA O SETOR ESPACIAL- GISE**

Neste Capítulo, se propõe uma abordagem baseada nos conceitos da engenharia de sistemas para implantação de grandes infraestruturas para o setor espacial, por meio da descrição sequencial de processos e metodologias usadas durante a definição de seus principais requisitos, elaboração do projeto e execução de serviços de implantação física.

As crescentes necessidades de atividades relacionadas ao setor espacial e a complexidade de sua execução tem motivado o desenvolvimento de abordagens que utilizam conceitos largamente difundidos em atividades de desenvolvimento de produtos do segmento espacial. SILVA JUNIOR (2011) desenvolveu uma abordagem englobando os conceitos de engenharia simultânea e engenharia de sistemas no desenvolvimento de atividades de montagem integração e testes de satélites, enquanto SILVA L. (2013) propôs uma abordagem integrada para a solução de problemas da atividade prestação de serviços do laboratório de integração e testes do INPE. VENTICINQUE (2017), na mesma linha de pesquisa, desenvolveu uma abordagem baseada em engenharia de sistemas para o desenvolvimento de equipamentos de suporte em terra para aplicação em montagem, integração e testes de satélites.

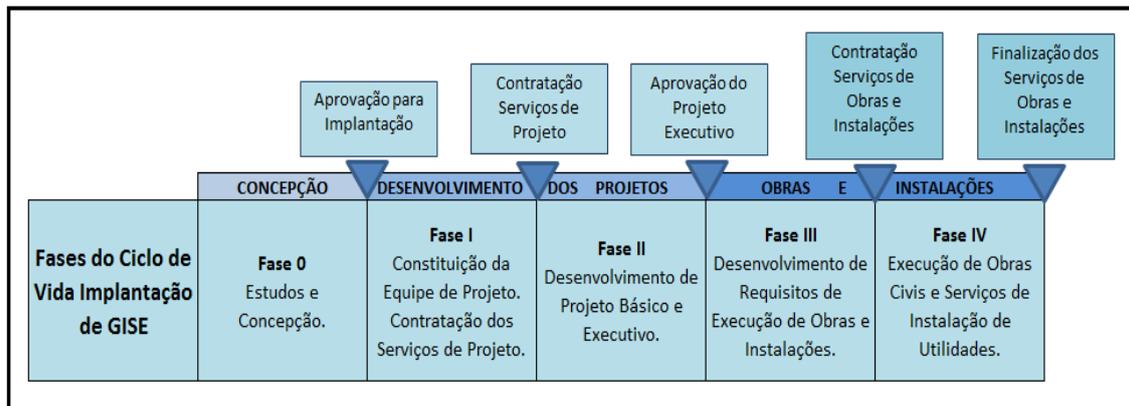
Um conceito geral preconizado para projetos no setor espacial é a separação do ciclo de vida completo do projeto em fases, com processos e condições de evolução previstas para cada fase.

Nesta abordagem, detalha-se o ciclo de vida desde sua fase inicial até a fase de conclusão e aceitação dos serviços de execução de obras civis e instalações de utilidades. Os aspectos de implantação de equipamentos operacionais e operação funcional da infraestrutura não serão desenvolvidos nesta abordagem.

Os projetos de implantação de GISE serão divididos em cinco fases, iniciando pela fase 0 (zero) e seguindo na sequência pelas fases identificadas por

algarismos romanos I, II, III e IV. A Figura 5.1 apresenta o framework detalhando as fases consideradas nesta abordagem.

Figura 5.1- Fases do ciclo de vida de projetos de GISE.



Fonte: Produção do Autor.

A abordagem proposta neste trabalho para implantação das GISE utilizará também o conceito definido pela NASA para desenvolvimento de seus sistemas espaciais, de aplicação de três grupos de processos :

- Processos de Projeto;
- Processos de Construção;
- Processos de Gerenciamento Técnico.

As principais atividades associadas aos grupos de processos em cada fase do ciclo de vida de implantação de GISE serão apresentadas nas seções 5.1 a 5.5.

As fases do ciclo de vida de implantação de uma GISE na abordagem proposta estão representadas e descritas resumidamente com seus propósitos e entregas típicas (produtos) na Tabela 5.1.

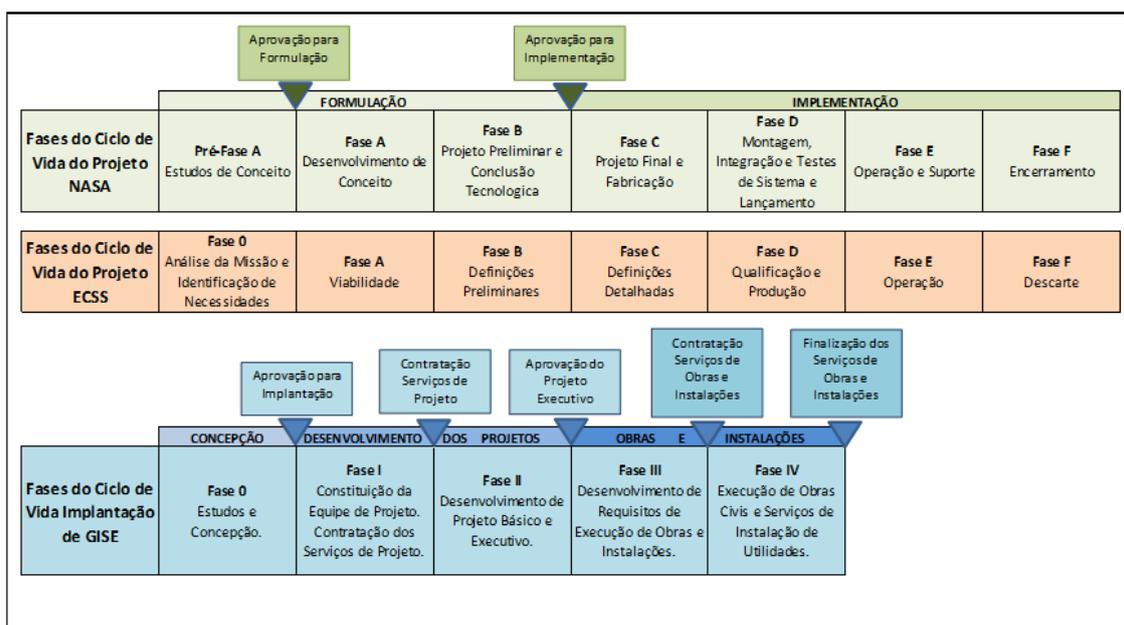
Tabela 5.1 Fases do ciclo de vida de grandes infraestruturas para o setor espacial.

Fase	Propósito	Entregas Típicas
<p><b>Fase 0</b> <b>Estudos e Concepção</b></p>	<p>Identificação de necessidades de infraestruturas para operação ou desenvolvimento de sistemas espaciais do segmento espacial, definição dos principais equipamentos a serem implantados, definição de configuração conceitual e parâmetros para análise de viabilidade de implantação.</p>	<p>Documento com descritivo das necessidades e definição dos objetivos da infraestrutura. Layout preliminar com conceito da infraestrutura, estimativa de valores de investimento e prazo de implantação do projeto.</p>
<p><b>Fase I</b> <b>Desenvolvimento de Requisitos de Projeto</b></p>	<p>Desenvolvimento dos requisitos específicos associados à atividade a ser desenvolvida na infraestrutura para servir de linha de base para o detalhamento do projeto civil e de instalações de utilidades. Definição de escopo e requisitos do processo de contratação dos serviços de detalhamento do projeto executivo.</p>	<p>Disponibilização de equipe de projeto estruturada para as atividades de engenharia de sistemas e planejamento e controle do projeto. Documento de especificações funcionais específicas da infraestrutura, documentos de interfaces entre obras civis e utilidades com os principais equipamentos a serem implantados. Definição da empresa habilitada para execução do projeto ao final do processo.</p>
<p><b>Fase II</b> <b>Desenvolvimento de Projeto Básico/executivo</b></p>	<p>Desenvolvimento do conceito de configuração da infraestrutura por meio da evolução das fases do projeto executivo até a definição completa e detalhamento de todas as atividades de obra civil e instalação de utilidades a serem implantadas. Disponibilização do projeto executivo aprovado para execução.</p>	<p>Projeto das obras civis e instalações de utilidades detalhado, elaborado por meio de versões evolutivas: estudos preliminares, projeto conceitual, projeto básico e projeto executivo. Desenhos executivos, memoriais de execução dos serviços e orçamento detalhado de serviços e materiais a serem aplicados.</p>
<p><b>Fase III</b> <b>Desenvolvimento de Requisitos de Execução de Obras e Instalações</b></p>	<p>Desenvolvimento dos requisitos para execução dos serviços de obra civil e de instalações de utilidades. Elaboração dos documentos necessários para o processo licitatório de contratação dos serviços de execução das obras civis e instalações de utilidades.</p>	<p>Termo de Referência com detalhamento do escopo dos serviços, regras de relacionamento, exigências técnicas de execução dos serviços e definição da qualificação técnica necessária para participação do processo licitatório. Definição da empresa habilitada para execução dos serviços ao final do processo.</p>
<p><b>Fase IV</b> <b>Execução de Obras Civis e Serviços de Instalação de Utilidades</b></p>	<p>Execução dos serviços contratados de execução da obra civil e das instalações de utilidades em conformidade com o escopo definido no projeto executivo. Coordenação, supervisão, fiscalização e aprovação dos serviços pela equipe de projeto.</p>	<p>Relatórios de acompanhamento e aceitação parcial e final dos serviços executados. Obras civis e instalações de utilidades da infraestrutura concluídas e disponibilizada para implantação dos equipamentos operacionais.</p>

Fonte: Produção do Autor.

A Figura 5.2 representa para efeito de comparação as fases consideradas nesta abordagem e fases do ciclo de vida de projetos preconizados pela NASA e pela ESA por meio das normas ECSS.

Figura 5.2 Fases do ciclo de vida de projetos de GISE comparados aos ciclos de vida de projetos na NASA e na norma ECSS.



Fonte: Produção do Autor.

Conforme representado na Figura 5.3, diferentemente do ciclo de vida de sistemas para o segmento espacial que devido a sua complexidade de definição de configuração e tecnologias a serem utilizadas tem sua fase de formulação de conceito estendida até a fase de finalização do projeto preliminar para ter sua aprovação de implementação, para as GISE, o final da Fase 0 corresponde a aprovação de sua implantação.

As fases do ciclo de vida de um projeto de implantação de GISE iniciam da mesma forma que os projetos em geral para o setor espacial, em uma fase de identificação de necessidades e elaboração de uma concepção inicial. Tratando-se de infraestruturas intimamente ligadas a edificações e instalações de utilidades, não é necessário desenvolvimento de novas tecnologias que

exijam desenvolvimento de modelos experimentais para comprovação das funcionalidades ou testes de subsistemas .

A aprovação do conceito na Fase 0 permite o início do processo de desenvolvimento do projeto executivo, observadas as etapas evolutivas descritas neste trabalho. A verificação da conformidade dos produtos é feita em paralelo à evolução dos trabalhos, tanto de projeto como de execução, sendo previsto no final de cada fase um evento de aprovação formal dos produtos entregues na fase, de forma similar ao estabelecido pela NASA e ECS nos seus projetos para o sistema espacial.

### **5.1 Fase 0 – GISE – estudos e concepção**

Fase de criação e início do projeto de implantação da infraestrutura, geralmente coordenada pelo idealizador do projeto em cooperação com os futuros operadores do sistema.

Nesta fase são definidas as necessidades a serem atendidas pela infraestrutura, os principais equipamentos operacionais a serem implantados, as principais características físicas (*layout* e utilidades) da infraestrutura para abrigar os equipamentos operacionais e permitir a execução de atividades fim previstas. Nesta fase são definidos também os requisitos técnicos iniciais e uma estimativa de custos e prazos para a implantação.

O conceito desenvolvido nesta fase e seus respectivos custos e prazos para implantação são analisados pelo patrocinador do projeto, estando sujeitos a ajustes e revisões até apresentarem as condições de aceitação estabelecidas pelo patrocinador.

O final desta fase ocorre com a aprovação do processo de implantação, liberação de recursos e autorização de evolução para as fases de execução. Na Figura 5.3 está representada a sequência das principais atividades a serem desenvolvidas neste período.

Figura 5.3- Atividades da Fase 0 .



Fonte: Produção do autor.

A decomposição da fase de estudos e concepção em ações sequenciais com definição das principais atividades, *stakeholders* envolvidos e definição de requisitos de execução e recursos necessários permite tornar o processo repetível e aplicável a implantações em diferentes configurações.

### 5.1.1 Iniciativa de estudos

A iniciativa de estudos para a implantação de uma GISE podem se originar de uma necessidade ou oportunidade detectada por tomadores de decisão ligados à coordenação de atividades espaciais (decisões estruturantes), por iniciativa dos corpos técnicos e comunidade científica ligados ao segmento ou iniciativas conjuntas envolvendo os tomadores de decisão de alto nível e a comunidade técnico-científica do segmento.

Independente da origem da iniciativa, os primeiros estudos de implantação de uma GISE no INPE são executados com participação majoritária dos técnicos e especialistas do segmento, que se encarregam de identificar a necessidade ou o problema a ser solucionado e de definir uma proposta de solução técnica com uma expectativa de viabilidade econômica positiva.

A solução técnica no caso de uma GISE é composta de uma infraestrutura significativa em termos de volume de obras civis e instalações, uma implantação de equipamentos e sistemas voltados à atividade fim a ser desenvolvida e uma organização funcional através de uma equipe científica, técnica e administrativa, que possibilitará a execução das atividades previstas.

### **5.1.2 Identificação das necessidades**

A identificação das necessidades, em um projeto no setor espacial envolvendo a implantação de uma GISE, é o processo de definição de “o que” ou “qual” é a demanda ou desafio técnico a ser atendido por meio da implantação da infraestrutura. O objetivo deste processo é o de identificar de forma correta e consensual entre os principais *stakeholders* envolvidos na fase inicial do projeto as necessidades a serem atendidas.

As necessidades identificadas vão originar os primeiros requisitos das implantações. Segundo LOUREIRO (1999), o conjunto de requisitos para um sistema descreve o problema para qual o sistema proposto será a solução e que o sistema proposto é o conjunto de elementos que formam uma solução balanceada para o problema descrito pelos requisitos.

Os requisitos são atributos do sistema que identificam a capacidade, a característica ou o fator de qualidade de um sistema para que este sistema atenda às expectativas dos usuários. Os requisitos definidos neste processo e acordados entre os principais *stakeholders* serão a base para o desenvolvimento das próximas atividades e de todo o planejamento e controle de evolução do projeto.

### **5.1.3 Definição dos objetivos da infraestrutura**

Considerando as necessidades estabelecidas, deverão ser definidos os propósitos e objetivos funcionais da infraestrutura, objetivos estes que irão permitir a definição dos seus componentes principais e principalmente em função destes, das necessidades de área e das utilidades para sua implantação. Infraestruturas para o setor espacial frequentemente são designadas por “laboratórios” ou como centrais de operação com suas funções e descritivo de escopo das atividades para identificar seu objetivo. .

#### **5.1.4 Concepção inicial**

Identificadas as necessidades e definido o objetivo da infraestrutura, inicia-se o processo de definição da concepção da solução, com a identificação dos principais componentes que farão parte da concepção inicial de solução:

- a) Identificação das opções de locais para implantação;
- b) Principais equipamentos operacionais previstos;
- c) Principais áreas operacionais internas e externas às edificações da infraestrutura;
- d) Quantidade de componentes das equipes técnicas, operacionais e administrativas;
- e) Identificação de utilidades típicas e específicas;
- f) Necessidade de áreas técnicas para armazenagem de materiais ou equipamentos;
- g) Necessidades de áreas externas de estacionamento e circulação de equipamentos operacionais;
- h) *Layouts* preliminares simplificados com plantas baixas, cortes e fachadas.

Nesta fase, a configuração de solução proposta é a percepção da solução a ser implantada e não a especificação técnica ou configuração final, apesar de frequentemente guardarem uma relação muito próxima entre si. O *layout* obtido nesta fase com a estimativa de metros quadrados da implantação será utilizado como referência para a elaboração da estimativa dos custos das obras civis e instalações.

#### **5.1.5 Cronograma de implantação**

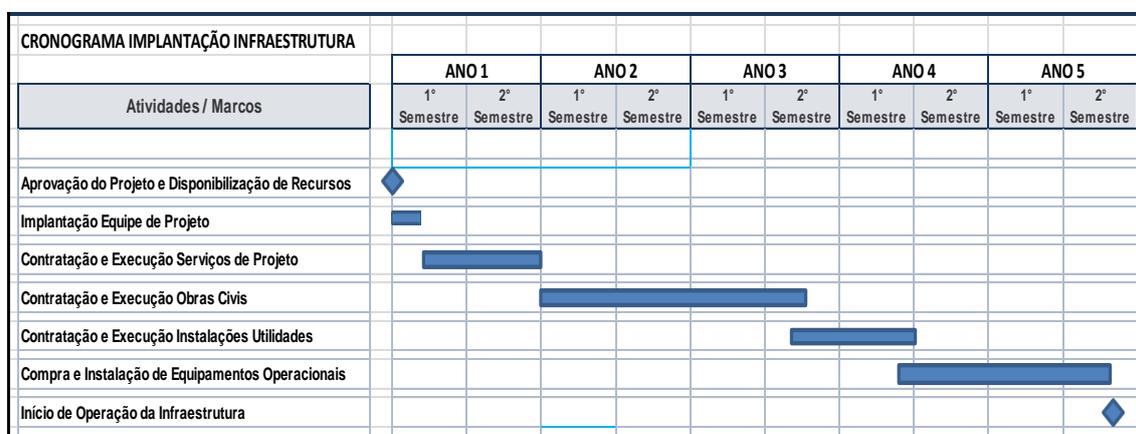
Considerando as definições da concepção inicial, deverá ser elaborado um cronograma de implantação que tem por objetivo definir as necessidades de investimento ano a ano do início à conclusão da implantação, bem como possibilitar a estimativa de custos relativos à implantação e manutenção de

equipe de projetos. Devem ser considerados prioritariamente para a definição do cronograma de implantação:

- a) Prazo para formação de equipe de projeto e disponibilização de recursos necessários à operação da mesma;
- b) Prazo estimado para contratação e execução do projeto executivo civil e de instalações de utilidades;
- c) Prazo estimado para execução de obras civis e serviços de instalação de utilidades;
- d) Prazo estimado para compra e instalação dos principais equipamentos operacionais.

O cronograma de implantação deve ainda considerar as eventuais restrições referentes a montantes de liberação anual pelo patrocinador do projeto em função de limitações orçamentárias sazonais, bem como prazos de outras eventuais atividades (aprovações órgãos públicos, licenciamento, etc.) que possuam prazos que impactem na implantação. A definição da duração das atividades previstas pode ser feita através de consultas a empresas especializadas dos segmentos ou através de histórico de duração de atividades realizadas em implantações semelhantes. Conforme representado na Figura 5.4, o cronograma frequentemente é apresentado em formato de Diagrama de Gantt.

Figura 5.4 – Exemplo de representação gráfica de cronograma de implantação de projeto GISE.



Fonte: Produção do autor.

### **5.1.6 Estimativa de custos**

Definida a concepção inicial com seus principais componentes, deverá ser elaborada uma estimativa de custos total de implantação do sistema. As estimativas são feitas com a utilização de tabelas, índices de preços, consultas a fornecedores ou através de avaliações baseadas em experiências ou histórico de composição de preços de projetos anteriores semelhantes.

A estimativa de custo total corresponde à somatória dos custos dos principais elementos do projeto:

- a) Custos referentes composição e manutenção da equipe de projeto;
- b) Custos de viagens e diárias;
- c) Custos de consultorias e serviços técnicos nacionais e internacionais quando aplicável;
- d) Custo do projeto detalhado das edificações e utilidades;
- e) Custo das obras civis;
- f) Custos das instalações de utilidades;
- g) Custos dos principais equipamentos operacionais;
- h) Custos de despesas operacionais e administrativas quando aplicável.

Segundo FLYVBJERG (2007), investigações que seu grupo de pesquisas realizou, explorando os diferentes aspectos de planejamento de implantação de grandes projetos de infraestruturas, notadamente no segmento público, o maior problema encontrado foi a desinformação sobre os custos e impactos sobre os estudos de retorno dos investimentos.

A previsão de investimento ou custos de implantação, é, portanto, um importante fator para apoio a decisão nesta fase e deve ser elaborado da forma mais criteriosa possível.

Os valores de investimento levantados ou estimados no período de concepção da infraestrutura e do projeto de implantação para as atividades a serem

realizadas constituem um orçamento sintético, que de forma resumida e limitada aos principais componentes de investimento usuais para projetos de grandes infraestruturas, serve de referência linha de base para análise e aprovação do processo pelos agentes de decisão e financiadores.

Na Tabela 5.2 vemos, como exemplo, a representação de um orçamento sintético com um conjunto simplificado de elementos de despesa comuns em projetos de implantação de GISE.

Tabela 5.2- Exemplo de representação de orçamento sintético com despesas comuns de projeto GISE.

<b>IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA SETOR ESPACIAL</b>		
<b>ORÇAMENTO SINTÉTICO</b>		
<b>CATEGORIA ECONÔMICA</b>	<b>ITEM</b>	<b>VALOR PREVISTO R\$</b>
<b>3</b>	<b>DESPESAS DE CUSTEIO</b>	
3.1	Vencimentos e Vantagens Fixas	3.000.000,00
3.2	Diárias, Passagens e Despesas de Locomoção	2.000.000,00
3.3	Serviços de Terceiros Pessoas Jurídicas	2.600.000,00
3.4	Despesas Operacionais	6.000.000,00
<b>4</b>	<b>DESPESAS DE CAPITAL</b>	
4.1	Obras Cíveis	31.000.000,00
4.2	Instalações	34.000.000,00
4.3	Equipamentos Nacionais	5.000.000,00
4.4	Equipamentos Importados	50.000.000,00
	<b>TOTAL PREVISTO</b>	<b>133.600.000,00</b>

Fonte: Produção do autor.

### 5.1.7 Cronograma de investimento

A definição de um cronograma com a previsão de aportes anuais de recursos para a execução das atividades deve ser elaborada para permitir a avaliação

das organizações patrocinadoras da implantação da disponibilidade versus necessidade de recursos durante a avaliação de viabilidade da implantação. Na Tabela 5.3 está representado um exemplo de cronograma de desembolso envolvendo um período de implantação de cinco anos.

Tabela 5.3- Exemplo de cronograma de desembolso de investimentos para implantação de projeto GISE em cinco anos.

IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA SETOR ESPACIAL							
CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO DO INVESTIMENTO							
ITEM	DESCRIÇÃO	TOTAL M R\$	DISTRIBUIÇÃO ANUAL M R\$				
			ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
<b>3</b>	<b>DESPESAS DE CUSTEIO</b>						
3.1	Equipe de Projeto - Gerenciamento e Fiscalização da Obra	3,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
3.2	Diárias, Passagens e Despesas de Locomoção	2,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
3.3.1	Projetos Executivo	1,6	1,0	0,6			
3.3.2	Consultorias Nacionais e Internacionais	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
3.4	Despesas Operacionais	6,0	0,2	0,6	2,3	2,6	0,3
<b>4</b>	<b>DESPESAS DE CAPITAL</b>						
4.1	Obras Cíveis	31,0		11,0	20,0		
4.2	Instalações Utilidades	34,0			14,0	20,0	
4.3	Equipamento Operacional Nacional	5,0				2,0	3,0
4.4	Equipamento Operacional Importado	50,0			10,0	30,0	10,0
<b>TOTAIS</b>		<b>133,6</b>	<b>2,4</b>	<b>13,4</b>	<b>47,5</b>	<b>55,8</b>	<b>14,5</b>

Fonte: Produção do autor.

Com as informações de configuração definidos nesta fase, a equipe proponente do projeto disponibiliza as informações para os órgãos envolvidos na aprovação e financiamento do projeto, para análise e autorização de avanço. Uma vez aprovada a proposta, com eventuais adequações ou modificações solicitadas pelos patrocinadores e demais tomadores de decisão envolvidos no processo, as definições aprovadas passam a ser a linha de base para início do desenvolvimento do detalhamento e implantação da infraestrutura

### 5.1.8 Aprovação da implantação do projeto

Devido a sua importância tecnológica e aos significantes valores de investimento para implantação de uma GISE, seu processo de aprovação exige, na maioria das vezes, extenso período de discussão e viabilização do

investimento. Neste processo, análises do ponto de vista técnico e financeiro com revisão dos conceitos propostos são frequentemente realizadas até a aceitação e aprovação final da concepção inicial definida nesta fase.

## **5.2 Fase I – GISE – requisitos dos projetos**

Esta fase é dedicada à estruturação da equipe de projeto e realização dos processos preparatórios para contratação dos serviços de desenvolvimento do projeto da implantação em suas várias modalidades, e é considerada a fase oficial de início do projeto de implantação, já que inicia com a aprovação do conceito elaborado na Fase 0 e a liberação efetiva de recursos para avanço dos trabalhos.

A execução do detalhamento do projeto de uma GISE é uma tarefa de grande complexidade envolvendo especialistas de diversos segmentos da engenharia e uma significativa carga de horas de projeto, sendo seu desenvolvimento raramente executado pelos técnicos da instituição (INPE). Estes serviços são contratados por meio de processo licitatório junto a empresas de serviços de projeto especializadas disponíveis no mercado. Apesar do processo ser destinado a empresas especialistas em detalhamento de projeto de infraestruturas, os requisitos de projeto devem estar pré-estabelecidos e constarem na documentação do processo licitatório.

Para possibilitar a execução das atividades de definição de requisitos de projeto e garantir um gerenciamento eficiente e eficaz do desenvolvimento do projeto, é necessária a organização de uma equipe de projeto dedicada à implantação. A equipe de projeto poderá ser composta com profissionais para atender todas as necessidades do projeto ou, conforme recomendado na ECSS-M-ST-10C, possuir uma configuração mista com profissionais diretamente integrados à equipe complementada por consultores especializados e empresas de suporte técnico contratadas.

A definição e elaboração de documentos com os requisitos de projeto e as normas de relacionamento entre a empresa contratada para desenvolver o detalhamento do projeto e a instituição é de fundamental importância para o

sucesso da execução do projeto e conseqüente execução dos serviços de implantação. Na Figura 5.5 está representada a seqüência das principais atividades a serem desenvolvidas nesta fase.

Figura 5.5 - Atividades da Fase I do ciclo de vida de Desenvolvimento de Projetos de implantação de GISE.



Fonte: Produção do autor.

As principais atividades a serem realizadas nesta fase são do grupo de processos de projeto e são diretamente associadas ao conceito de definição de requisitos e serão descritas na seqüência. Nesta fase é necessário o desenvolvimento tanto dos requisitos principais da infraestrutura como os requisitos para execução do serviço de detalhamento de projeto propriamente dito. Ambos processos são de extrema importância para o sucesso da implantação.

### 5.2.1 Constituição da equipe de projeto

A Equipe de Projeto é o grupo de profissionais que será responsável pela execução das atividades técnicas e administrativas do processo de implantação da GISE, desde a fase de desenvolvimento dos projetos até a conclusão dos serviços de obras civis e instalações de utilidades, atuando sob a coordenação geral do Gerente do Projeto.

Devido à multiplicidade de tarefas a serem desenvolvidas, devem ser incluídos na composição da equipe de projetos perfis profissionais com sólidos

conhecimentos em processos de engenharia de sistemas e em processos de planejamento e controle de projetos. Conforme EMES et al. (2012), projetos de implantação de edificações complexas se beneficiam quando aplicam uma abordagem de engenharia de sistemas em conjunto com os conceitos tradicionais de gerenciamento do projeto, uma vez que seus conceitos se sobrepõem parcialmente e são complementares. SHARON et al (2008) sustentam ainda que para realização de sistemas complexos, é necessário a colaboração de equipes multidisciplinares associadas à correta coordenação de processos, utilização de métodos e ferramentas e adequada locação de recursos. Em um segundo artigo, SHARON et. al (2011), consideram que a prática de gerenciamento de engenharia de sistemas envolve constante necessidade de se alternar atuações nas atividades típicas de engenharia de sistemas (domínio do produto) e de gerenciamento de projetos (domínio do projeto).

Visando a constituição de uma equipe de projeto capaz de atender as necessidades técnicas e gerenciais, a estrutura da equipe deverá ser composta por três responsabilidades básicas:

1. Gerente do Projeto;
2. Responsável pela Engenharia de Sistemas;
3. Responsável pelo Planejamento e Controle.

**Gerente do Projeto:** nesta composição de liderança da equipe de projeto, o Gerente de Projeto é a autoridade maior da estrutura, cabendo ao mesmo as responsabilidades de organização da equipe de projetos, definição dos seus principais auxiliares e a divisão de tarefas entre estes colaboradores. O Gerente de Projeto em uma implantação de uma grande infraestrutura para o setor espacial é o responsável pelos atos administrativos, ou seja, é o representante da administração designado para a realização das gestões contratuais e de utilização dos recursos do projeto.

O Gerente de Projeto é o elo direto e interlocutor privilegiado com os representantes das entidades ou organizações patrocinadoras do financiamento do projeto. As principais tarefas do Gerente de Projetos são sintetizadas por EISNER (2008) como sendo as atividades relacionadas ao planejamento, organização, direção e monitoramento das atividades essenciais ao atingimento dos objetivos do projeto.

**Responsável pela Engenharia de Sistemas:** é muito comum nas atividades do segmento espacial a presença de profissionais graduados ou pós-graduados com formação e especialização na disciplina de engenharia de sistemas. No caso específico do INPE, o corpo de profissionais envolvido diretamente nas atividades-fim do instituto é liderado pelas categorias de “pesquisadores” e “tecnologistas”, profissionais de nível superior com formação em ciências exatas (engenharia, física, matemática, etc.). Estes profissionais são muito familiarizados com os conceitos de engenharia de sistemas, largamente difundidos nos cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado) realizados pelo instituto.

A grande contribuição da engenharia de sistemas na realização de projetos de implantação de grandes infraestruturas para o segmento espacial é o de utilizar seus conceitos para a identificação das necessidades e sua transformação em requisitos que serão origem das especificações técnicas que identificam precisamente os serviços, equipamentos e materiais a serem adquiridos e instalados na implantação. A inclusão de um responsável por estas atividades com amplo conhecimento dos conceitos de engenharia de sistemas permite coletar de forma precisa os requisitos entre a implantação das edificações e utilidades e os equipamentos e atividades fim a serem desenvolvidas na infraestrutura.

Nesta configuração de equipe de projeto, o Responsável pela Engenharia de Sistemas tem como principal atividade o acompanhamento e gerenciamento do desenvolvimento das atividades técnicas de análise de necessidades e definição de requisitos operacionais, com a consequente responsabilidade pela performance técnica operacional da infraestrutura.

O Responsável pela Engenharia de Sistemas coordena as atividades dos especialistas operacionais do segmento da atividade a ser implantada, das consultorias nacionais e internacionais especializadas, da equipe de implementação dos procedimentos de engenharia de sistemas aplicáveis ao projeto e dos aspectos de garantia de qualidade das atividades de projeto e operacionais.

O Responsável pela Engenharia de Sistemas tem o pico das suas atividades no início da Fase de Desenvolvimento do Projeto, período no qual são identificadas as necessidades e estabelecidos os requisitos de desenvolvimento do projeto executivo. Sua participação durante a execução das obras civis e de instalação será prioritariamente de verificação de conformidade da execução com os requisitos e especificações definidas e acompanhamento da qualidade da execução dos trabalhos.

**Responsável pelo Planejamento e Controle:** o profissional para exercer esta atividade deve possuir consolidado conhecimento e experiência no gerenciamento de atividades de implantação de projetos, com domínio de técnicas, processos e ferramentas de gerenciamento de projetos.

Enquanto que para o Responsável pela Engenharia de Sistemas a recomendação é de possuir amplo conhecimento na atividade fim da implantação, para o Responsável pelo Planejamento e Controle a recomendação é possuir amplo conhecimento em gestão de processos de implantação de infraestruturas incluindo obras civis e instalações de utilidades de grande porte. Esta experiência poder ser oriunda de implantações em outras atividades que não espaciais, como industriais de grande porte, tecnológicas de outros segmentos, etc.

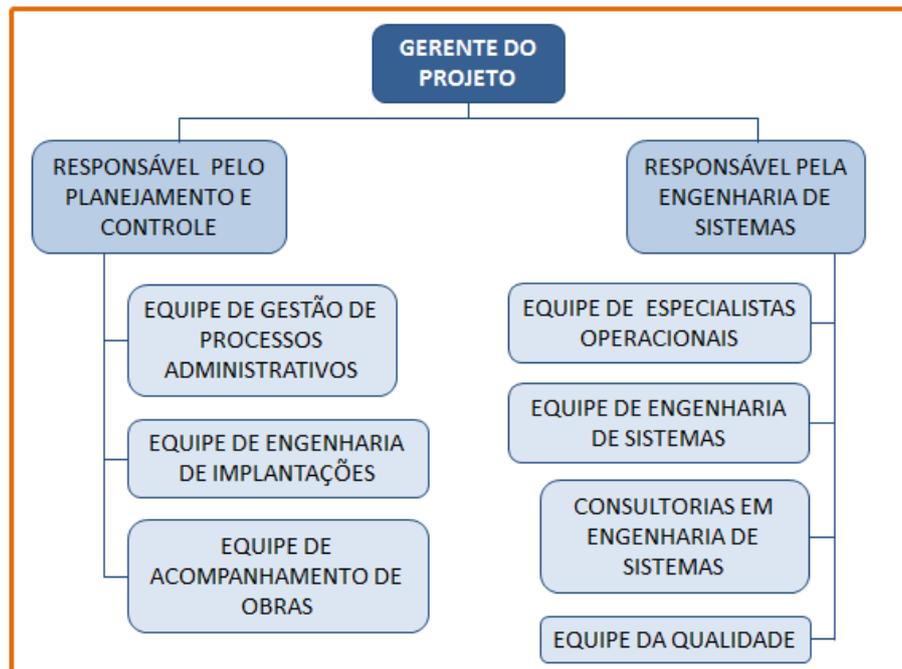
Como responsável pela coordenação dos trabalhos da equipe que estará diretamente envolvida na elaboração dos documentos que irão compor os processos licitatórios de contratação da execução do projeto executivo, obras civis e instalações de utilidades, deve ter capacidade crítica e experiência para coordenar estes processos, considerando todos os requisitos e exigências

necessárias relativas à definição do escopo dos serviços e estabelecimento de exigências referentes à capacidade técnica e financeira dos fornecedores, conforme exigências e limitações legais.

O Responsável pelo Planejamento e Controle nesta configuração de equipe de projeto é o responsável pela gestão dos processos administrativos, estabelecimento e controle da evolução dos prazos, custos e a execução dos parâmetros (requisitos) estabelecidos para as atividades parciais e para o resultado final da implantação, em suporte e estreito relacionamento com o Gerente do Projeto.

Na Figura 5.6 é apresentado um organograma ilustrativo considerando a configuração de uma equipe de projeto para desenvolvimento da abordagem proposta.

Figura 5.6- Organograma típico para equipe de projeto em implantação de GISE.



Fonte: Produção do autor.

EISNER (2008) propõe para uma abordagem integrada de engenharia de sistemas, a implementação de uma organização de gestão baseada em um gerente de projetos na coordenação geral e um responsável pelos aspectos de

engenharia de sistemas do projeto e um segundo responsável pelas atividades de controle do projeto, focadas nos aspectos administrativos da gestão.

A organização de equipe de projeto proposta nesta abordagem tem como foco de trabalho o desenvolvimento do projeto e implantação da infraestrutura. Para um projeto completo deverão ser consideradas outras necessidades referentes à especificação e definição de requisitos e condução de processos de implantação dos principais equipamentos operacionais ou de testes a que se destina a infraestrutura.

Apesar de identificadas por perfis profissionais distintos e principais atividades diferenciadas, os grupos de engenharia de sistemas e de planejamento e controle deverão compor-se como uma equipe de trabalho única e centrada nos objetivos e resultados esperados da implantação.

### **5.2.2 Elaboração de requisitos**

Em abordagens tradicionais de implantação de infraestruturas, a definição de *layout*, configuração dos sistemas de utilidades e detalhamento do projeto de implantação é feito pela empresa projetista contratada, baseada em sua experiência e conhecimento no segmento e no conceito desenvolvido pelo contratante na fase de concepção da infraestrutura.

Nesta abordagem, frequentemente ocorrem conflitos entre a empresa projetista e a instituição contratante, uma vez que a análise da instituição é feita somente após o desenvolvimento dos conceitos e dos documentos de projeto e, para a projetista, modificações nos conceitos apresentados representam significantes custos de revisão do projeto.

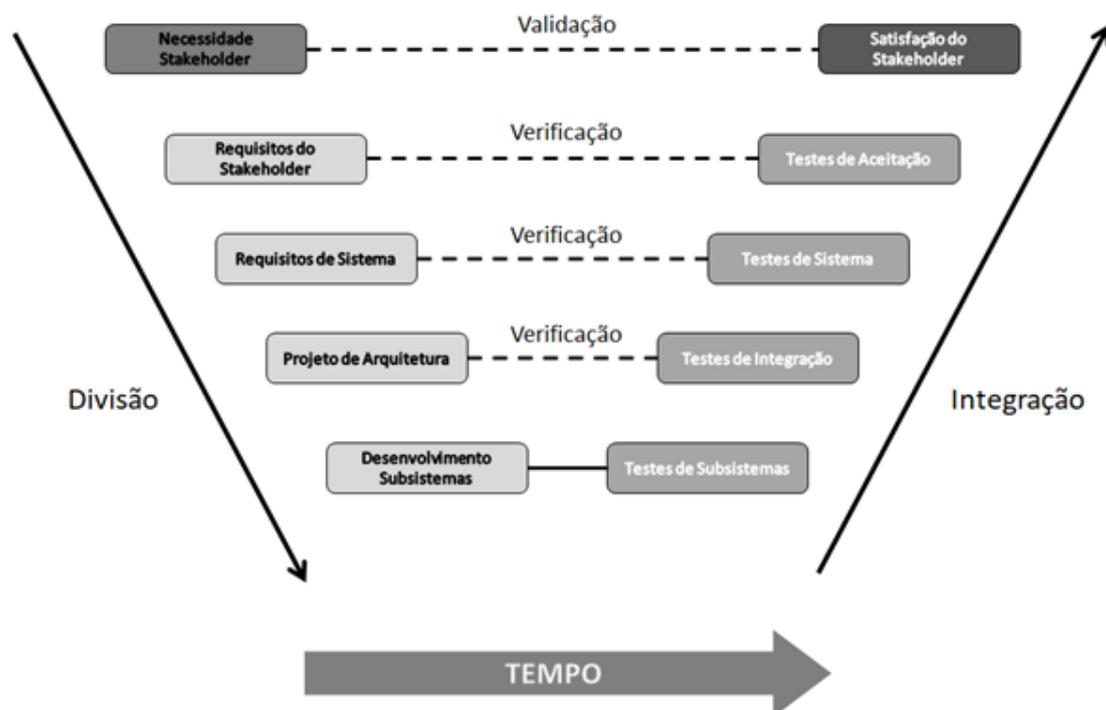
Na Figura 5.7 temos a representação do clássico “modelo V” de engenharia de sistemas indicando os vários estágios de desenvolvimento de um sistema e a necessidade de definição de requisitos em cada estágio.

Para AUGENBROE (2011), o elemento principal para o sucesso de implantação de infraestruturas é a prévia formulação dos requisitos de

desempenho técnico e o gerenciamento dos processos que garantem seu atingimento.

Segundo HULL (2010), os requisitos têm um papel vital em cada estágio de desenvolvimento do projeto e a falha no seu desenvolvimento é a maior causa de falhas na implantação de projetos.

Figura 5.7- Modelo V de engenharia de sistemas.



Fonte: Adaptado de Emes et. al (2012).

### 5.2.2.1 Requisitos funcionais da infraestrutura

Na abordagem proposta neste trabalho, os requisitos funcionais da infraestrutura deverão ser desenvolvidos pelo grupo de engenharia de sistemas da equipe de projeto. Os profissionais envolvidos nesta atividade devem possuir sólidos conhecimentos dos conceitos dessa disciplina e das atividades fim a serem desenvolvidas na infraestrutura. Esta abordagem permite que a empresa encarregada do detalhamento parta de requisitos especificados pelos

especialistas que conhecem as funções e características técnicas da infraestrutura.

Estes requisitos devem ser disponibilizados no processo de contratação da empresa projetista que desenvolverá o projeto básico / executivo. Caberá à empresa projetista contratada desenvolver os requisitos dos níveis inferiores e submeter a análise e aprovação da equipe de projeto.

Infraestruturas de GISE sempre possuem requisitos técnicos específicos e peculiares em função das atividades que serão desenvolvidas e dos equipamentos operacionais a serem implantados. Na Fase I, o grupo liderado pelo Responsável pela Engenharia de Sistemas disponibiliza este grupo de requisitos através da elaboração de dois documentos básicos:

- I. **Especificações Funcionais do Edifício** – documento que define preliminarmente as principais características que deverão ser consideradas para o projeto da infraestrutura (requisitos). Estas características são as relativas a necessidades específicas, sendo que os aspectos gerais serão propostos pela empresa desenvolvedora do projeto durante as fases de realização do mesmo. Neste documento deverão ser descritas as áreas internas previstas na implantação, a destinação de cada área, suas dimensões mínimas, necessidades específicas estruturais (bases especiais, massas sísmicas, pisos especiais, etc.), suas condições de operação (climatização, nível de iluminação, controle de temperatura, umidade relativa, classe de limpeza, etc.) e as necessidades de utilidades (eletricidade, hidráulica, fluídos industriais, etc.).
- II. **Documento de Controle de Interfaces:** ou ICD em inglês (*Interface Control Document*) é um documento que descreve as interfaces entre sistemas ou subsistemas. Nessa aplicação, o ICD tem como objetivo definir os requisitos de projeto a serem considerados para a implantação dos equipamentos operacionais nas suas condições ótimas de funcionamento. Equipamentos de alta tecnologia frequentemente são

associados a instalação em ambientes com características físicas e operacionais específicas, sendo essencial a disponibilização destes requisitos à equipe da empresa encarregada de desenvolver o detalhamento do projeto.

A elaboração da documentação de requisitos é a maior contribuição que o grupo de engenharia de sistemas da equipe de projeto faz para o sucesso da implantação de uma GISE, sendo a FASE I portanto, o período de maior atividade deste grupo. Os requisitos funcionais do edifício são usualmente definidos pelos membros da equipe de projeto que estarão envolvidos na atividade fim da implantação, sob a coordenação do Responsável pela Engenharia de Sistemas, enquanto os documentos de interface são usualmente elaborados em cooperação com consultores especializados e com informações técnicas recebidas de fabricantes dos equipamentos operacionais.

#### **5.2.2.2 Requisitos de execução dos serviços de projeto**

Para a contratação dos serviços técnicos de elaboração do projeto da infraestrutura por meio de um processo licitatório, será necessária a elaboração de um conjunto de documentos que definam precisamente o escopo dos serviços a serem realizados e seus requisitos técnicos.

O documento técnico central do processo de contratação dos serviços de projeto é o Termo de Referência, que é o documento que tem como objetivo descrever e estabelecer o escopo detalhado do serviço, os requisitos e orientações de execução e as condições gerais de contratação do projeto, bem como fixar as diretrizes para a execução dos trabalhos e os critérios de aceitação dos mesmos.

Conforme a complexidade da implantação, o Termo de Referência deve ser complementado por outros documentos que forem necessários para definir de forma mais objetiva e completa possível o escopo do projeto, possibilitando às empresas licitantes avaliarem os custos envolvidos e proporem seus preços para execução dos serviços.

O Termo de Referência deve discriminar o escopo de contratação do projeto, detalhando o conteúdo dos produtos conforme a configuração prevista no contrato e os requisitos de execução e conteúdo previsto para cada fase de evolução do projeto:

**Projeto Básico:** é o conjunto de desenhos, especificações técnicas, memoriais de cálculo, memoriais descritivos, orçamento e demais elementos técnicos necessários para a precisa avaliação dos serviços de obra civil e instalações de utilidades a serem executados, em conformidade com as normas técnicas e legislação vigentes.

A denominação “básico” do projeto frequentemente causa interpretações diversas com relação ao conteúdo do projeto e pode resultar na disponibilização de um projeto aquém das exigências necessárias para ser utilizado na contratação da execução dos serviços ( obras e instalações).

A Lei nº 8.666 que regulamenta as normas para licitações da administração pública, em seu artigo 6º, inciso IX, define o projeto básico como sendo o conjunto de elementos necessários e suficientes, definidos com um nível de precisão adequado para caracterizar a obra ou serviço e que possibilite a avaliação do custo, dos métodos e dos prazos de execução dos mesmos.

As exigências sobre o projeto básico, destinado à contratação de obras através de recursos públicos, foram inicialmente regulamentadas pela Resolução nº 361/1991 do Conselho Federal de Engenharia – CONFEA, ficando estabelecido que o projeto básico deve ser composto, no mínimo, pelos seguintes elementos:

- Desenhos e memoriais com desenvolvimento detalhado das soluções construtivas permitindo uma visão global da obra ou dos serviços a serem executados e a identificação precisa de seus elementos constituintes. Esta documentação deve ser elaborada de acordo com critérios de projeto pré-estabelecidos de modo a evitar modificações ou reformulação durante a fase de execução da obra ou serviços;

- Relação de quantidades e custos de serviços, materiais e equipamentos através de um orçamento que permita determinar o custo global da obra com nível de precisão de +/- 15 % (quinze por cento).
- Documentação fornecendo subsídios necessários para o desenvolvimento de um plano de gestão da obra, como cronograma de execução dos serviços, cronograma de desembolsos, etc.

Em 2015, o CONFEA ratificou o entendimento do significado e conteúdo de projeto básico na decisão normativa nº 106/2015 em seu artigo 2º, inciso I, como sendo o conjunto de elementos conceituais, técnicos, executivos e operacionais nas seguintes especialidades:

- a) Levantamento topográfico;
- b) Sondagem do solo;
- c) Projeto arquitetônico;
- d) Projeto de terraplanagem;
- e) Projeto de fundações;
- f) Projeto estrutural;
- g) Projeto de instalações hidráulicas;
- h) Projeto de instalações elétricas;
- i) Projeto de instalações de transmissão de dados, som e telefonia;
- j) Projeto de instalações de prevenção e combate a incêndios;
- k) Projeto de instalações especiais (lógicas, CFTV, alarme, detecção de fumaça);
- l) Projeto de instalações de condicionamento de ar;
- m) Projeto de instalações de transporte vertical;
- n) Projeto de paisagismo.

O projeto básico, segundo o TCU em seu manual de Obras Públicas de 2014, é o elemento mais importante na execução de uma obra pública, sendo que falhas na sua elaboração podem comprometer ou dificultar a obtenção dos resultados estabelecidos pela Administração e pelo órgão executor contratante do projeto.

O projeto básico é, portanto, a etapa de projeto na qual é definido e realizado o dimensionamento definitivo de todas as estruturas, instalações e componentes da obra a ser executada.

**Projeto Executivo:** segundo a Lei nº 8.666 em seu artigo 6º, inciso X, é o conjunto de elementos necessários e suficientes à execução completa da obra.

O projeto executivo tem como finalidade definir como se devem executar os serviços, desenvolvendo os detalhes construtivos necessários à melhor compreensão dos elementos do projeto nos aspectos de execução, fabricação ou montagem. Deve apresentar de forma completa, clara e detalhada, todos os detalhes construtivos, especificações e indicações necessárias à perfeita compreensão de todos os elementos necessários à execução dos serviços e obras do empreendimento.

Segundo a NBR 13352, o projeto executivo de arquitetura é composto pelos mesmos documentos a serem elaborados no projeto básico, sendo que a diferença está no nível de detalhamento.

O projeto executivo tem o objetivo principal de complementar o projeto básico, devendo considerar todos os elementos necessários à realização completa dos serviços de obras civis e instalações.

Considerado como detalhamento do projeto básico, segundo a norma técnica nº 01 para elaboração de orçamento de obras de construção civil do Instituto de Engenharia (2011), o projeto executivo deve conter todos os projetos específicos, especificações, caderno de encargos, memoriais descritivos, metodologias e todos os detalhes necessários à execução dos serviços.

Conforme previsto no artigo 7º da lei 8.666 /1993, a execução de obras civis e instalações será dependente da disponibilidade do projeto executivo.

### **5.2.3 Contratação dos serviços de projeto**

A contratação dos serviços de projeto incluindo todas as fases até o projeto executivo em um único processo é a abordagem mais recomendada.

As atividades e processos desta fase são realizados pela equipe de projeto que deve dividir as responsabilidades de elaboração dos processos técnicos de definição da infraestrutura e a definição dos requisitos de desenvolvimento do processo de contratação e execução do projeto executivo da implantação.

O sucesso da contratação de uma empresa competente para a realização dos serviços e consequente obtenção de um projeto completo e em plena conformidade com os requisitos estabelecidos são fortemente consequência e influência da qualidade de elaboração dos documentos do processo.

Na Tabela 5.4 são representadas as principais atividades a serem realizadas pelos grupos de Engenharia de Sistemas e Planejamento e Controle relativas ao desenvolvimento de requisitos e elaboração do processo de contratação dos serviços de projeto básico e executivo.

A Fase I se conclui com o sucesso do processo licitatório de contratação do projeto executivo com a definição e contratação da empresa que executará o projeto civil e das instalações de utilidades.

Tabela 5.4- Atividades dos grupos da equipe de projeto.

<b>PROCESSO DE CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS DE PROJETO EXECUTIVO</b> <b>Atividades Típicas dos Grupos da Equipe de Projeto</b>	
<b>GRUPO ENGENHARIA DE SISTEMAS</b>	<b>GRUPO PLANEJAMENTO E CONTROLE</b>
Definição preliminar dos equipamentos necessários à realização das atividades-fim.	Elaboração da estrutura e desenvolvimento da documentação técnica do processo licitatório (Termo de Referência e seus anexos).
Definição das áreas internas operacionais necessárias, suas dimensões mínimas, característica das utilidades e interfaces entre as mesmas.	Consultas e levantamentos para definição do preço máximo a ser estabelecido para o fornecimento do projeto.
Estimativa de quantidade de profissionais necessária à operação e manutenção da infraestrutura para dimensionamento das áreas de escritórios, laboratórios e áreas administrativas.	Definição dos prazos parciais e final de elaboração do projeto (cronograma físico) e desembolso relativo à conclusão das fases intermediárias (cronograma financeiro).
Definição de <i>layout</i> preliminar e estimativa da área construída para utilização como base para desenvolvimento do projeto executivo.	Elaboração do descritivo do escopo detalhado de fornecimento do projeto e definição das atividades e objetivos das fases evolutivas do projeto até a conclusão.
Desenvolvimento dos documentos de interface (ICD - Interface Control Documents) entre a edificação, utilidades e os equipamentos necessários à realização das atividades-fim.	Definição dos parâmetros de qualificação técnica a serem exigidos para aceitação e habilitação das empresas concorrentes.
Definição dos requisitos de dimensionamento de áreas técnicas específicas relacionadas às atividades-fim (áreas limpas classificadas, controle de temperatura e humidade, etc.) e interfaces entre as mesmas.	Definição dos detalhes sobre apresentação dos documentos do projeto, diretrizes gerais, etapas do projeto e critérios de aceitação e regras de relacionamento com a contratada durante o fornecimento.
Definição da estimativa de crescimento ou ampliação da infraestrutura para horizonte de 10 / 20 / 30 anos.	Definição dos conceitos construtivos, de arquitetura e de utilidades que devem ser utilizados como base no desenvolvimento do projeto executivo.
Levantamento de informações e <i>benchmarking</i> em relação à configuração de implantações similares nacionais ou internacionais existentes.	Apoio ao setor de compras da instituição ou da fundação de apoio durante a elaboração do edital de licitação e definição das exigências legais aplicáveis.

Fonte: Produção do Autor.

### **5.3 Fase II - GISE – desenvolvimento dos projetos**

Esta fase é dedicada aos processos de desenvolvimento do projeto da implantação e deve ser realizada com estreita participação da equipe técnica da empresa vencedora do processo de licitação com a equipe de projeto, principalmente com os profissionais que elaboraram os requisitos funcionais da infraestrutura que farão a análise e aprovação das soluções evolutivas propostas.

Definida pelo processo licitatório realizado na Fase I, a empresa projetista vencedora do processo deve iniciar os trabalhos de desenvolvimento do detalhamento do projeto.

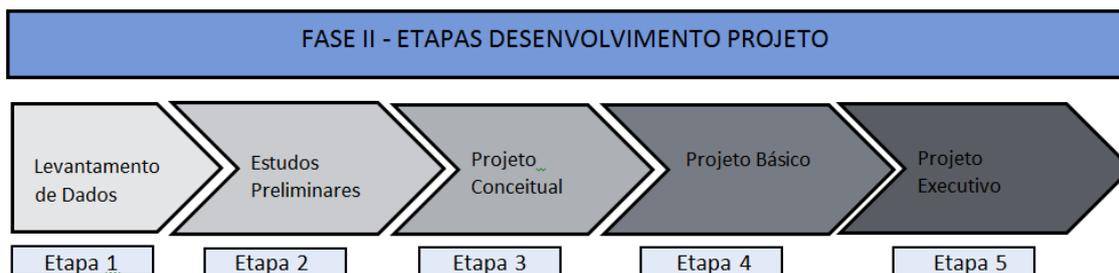
A Fase II é caracterizada pela necessidade de intensa colaboração e integração entre a equipe de gerenciamento de projeto da instituição e a equipe técnica da empresa contratada.

A equipe de projeto deverá ser capaz de transmitir e instruir a equipe técnica da contratada com relação aos requisitos necessários, analisando e avaliando cada fase de desenvolvimento do projeto e construindo passo a passo uma visão conjunta de solução de projeto para as necessidades e requisitos a serem atendidos.

A documentação do projeto deverá conter todas as informações necessárias para a contratação dos serviços de construção e execução das instalações de utilidades, bem como todos os detalhes necessários para a execução dos mesmos pelas empresas a serem contratadas para execução destes serviços na próxima fase.

O projeto completo deverá ser executado considerando uma sequência de etapas conforme representado na Figura 5.8, sendo a evolução entre etapas definida pela aprovação da equipe de fiscalização da etapa anterior concluída.

Figura 5.8 – Fase II GISE - Etapas de desenvolvimento do projeto.



Fonte: Produção do Autor.

Este procedimento permite a análise e aprovação dos requisitos de nível superior nas primeiras fases e a complementação com requisitos de subsistemas e detalhes na etapa do projeto básico e executivo.

O estabelecimento de etapas sucessivas e complementares no desenvolvimento do detalhamento do projeto permite que as soluções propostas sejam analisadas na sua fase inicial, reduzindo-se e minimizando as necessidades de retrabalho nos serviços. As atividades e requisitos das etapas do projeto são:

### **Etapa 1 - Levantamento de Dados**

Esta etapa será destinada ao levantamento, coleta e análise inicial do conjunto de informações e requisitos do projeto que servirão de base para a elaboração dos estudos e detalhamentos a serem desenvolvidos nas próximas etapas. Deverá ser elaborado um documento que incorporará as informações fornecidas pela equipe de projeto, complementadas pelas demais informações levantadas pela contratada, devendo contemplar no mínimo:

- Levantamento Topográfico das possíveis áreas de implantação.
- Levantamento de eventuais interferências subterrâneas nas áreas de implantação previstas (redes de água, esgoto, energia, telefonia, etc.);
- Referências de localização, nível e orientação (norte magnético com data e norte geográfico).

- Dados de característica do solo das áreas de implantação previstas através de sondagem do solo.
- Dados climáticos locais: temperatura, umidade, pluviosidade, insolação, ruídos, regime de ventos, níveis de poluição (sonora e do ar).
- Arborização existente e necessidades de poda/corte para implantação da infraestrutura.
- Levantamento do entorno da área do projeto incluindo arruamentos, redes de coleta de águas pluviais, redes de alimentação elétrica e demais aspectos a serem considerados e compatibilizados com a área a ser projetada.
- Levantamento de documentos emitidos por fornecedores de equipamentos especiais a serem implantados, consultores ou outras fontes com informações necessárias à execução dos estudos e projetos.
- Levantamento da previsão de características funcionais, atividades, população fixa e variável, fluxo de pessoas, equipamentos, veículos e materiais (interno e externo) .

## **Etapa 2 - Estudos Preliminares**

Esta etapa será destinada a desenvolver o conceito da solução e as opções viáveis de configuração, com um conjunto de informações técnicas iniciais básicas, necessárias à compreensão, análise e escolha pela equipe de projeto da solução que melhor corresponda aos requisitos estabelecidos. Nesta fase do projeto podem ser desenvolvidas soluções alternativas de configuração em conjunto com a avaliação de vantagens e desvantagens (custos, prazos de execução, performance da infraestrutura), para decisão da equipe de projeto de qual configuração será a privilegiada para ser desenvolvida na fase seguinte. Entre as informações necessárias à avaliação das opções, o orçamento sintético de custo de execução da obra é uma das mais importantes e deve ser desenvolvido para cada opção proposta.

Deverão ser consideradas na elaboração dos Estudos Preliminares as necessidades dos sistemas técnicos de utilidades da edificação, levando em conta a área necessária para instalação de equipamentos e painéis para distribuição elétrica, grupos geradores, equipamentos para condicionamento de ar (*chillers* e *fan-coils*) e demais equipamentos necessários à configuração dos sistemas de utilidades.

Deverão fazer parte do Estudo Preliminar os seguintes documentos:

- Plantas, cortes com definição das áreas internas por andar e respectiva área externa necessária;
- Apresentação de proposta de partido arquitetônico;
- Planta de situação, incluindo demolições caso necessárias à implantação;
- Estudo do sistema viário e integração com áreas adjacentes;
- Memorial justificativo das soluções propostas;
- Cronograma físico de execução do projeto, incluindo marcos e etapas para avaliação do andamento do projeto.
- Orçamento Sintético de execução da obra para cada opção de solução elaborada;
- Maquete eletrônica preliminar do projeto, contemplando a vista detalhada interna e externa tridimensional e em cores das edificações e da implantação no terreno.

### **Etapa 3 - Projeto Conceitual**

Inicia-se após a análise e decisão da equipe de projeto sobre qual solução de configuração deve passar a ser detalhada. Nesta etapa serão desenvolvidos o partido arquitetônico e os elementos construtivos (fundação, estrutura, etc.) da solução eleita.

No âmbito do projeto conceitual deverão ser apresentadas propostas de ações de sustentabilidade como o uso racional de água, eficiência energética,

redução, reutilização e reciclagem de materiais e recursos, qualidade dos ambientes internos, espaço sustentável, etc.

Fazem parte do projeto conceitual os seguintes documentos:

- **Planta de Situação** compreendendo o partido arquitetônico como um todo, com informações completas sobre a localização da área de implantação dentro da área total disponível, incluindo curvas de nível existentes e projetadas, sistema de coordenadas referenciais, vias internas e de acesso a área da implantação, indicação das áreas a serem edificadas, construções existentes, demolições caso seja aplicável;
- **Planta de Locação** compreendendo o projeto como um todo, contendo além do projeto de arquitetura, as informações necessárias dos projetos complementares como terraplanagem, arruamentos, drenagem e redes hidráulica e elétrica entre outros. Representa o posicionamento das edificações e do canteiro de obras considerando o sistema de coordenadas referenciais do terreno. Deve incluir a indicação do norte magnético, locação dos eixos do projeto em relação a um ponto de referência, indicação dos limites externos das edificações, recuos, afastamentos e vias de acesso.
- **Plantas das Edificações** com as vistas superiores com planos variáveis para cada situação, de maneira a representar todos os elementos internos dos diversos planos da implantação como subsolo, andares, cobertura, etc. As plantas devem conter as informações sobre o sistema estrutural, indicação das cotas entre os eixos, cotas parciais e totais, indicação dos níveis de cada piso acabado, caracterização dos elementos do projeto (fechamentos externos e internos, circulações verticais e horizontais, cobertura/telhado e captação de águas pluviais, acessos e demais elementos significativos).
- **Cortes das Edificações** representando o plano vertical com as vistas laterais internas das edificações, com maior visualização possível de detalhes do sistema estrutural, indicação de cotas de nível dos diversos

pisos, caracterização dos elementos do projeto (circulações verticais, escadas, áreas de instalações técnicas e de serviços, cobertura/telhado e captação de águas pluviais, forros e demais elementos significativos).

- **Fachadas das Edificações** representando o plano vertical com vistas externas às edificações com detalhes dos elementos de acabamento externo e interfaces entre os ambientes internos e externos ( portas, janelas, aberturas, cobertura, etc)..

#### **Etapa 4 - Projeto Básico**

Após a aceitação do Projeto Conceitual pelos membros da equipe de projeto designados para a fiscalização dos serviços, terá início a etapa do Projeto Básico. Esta etapa será destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, sistemas, instalações e componentes com nível de detalhamento necessário e suficiente à licitação (contratação) das obras/serviços de execução correspondentes.

O Projeto Básico deverá produzir a documentação completa que permitirá realizar o processo licitatório de execução da obra civil e das instalações de utilidades.

Os desenhos de detalhamento, memoriais descritivos e as especificações técnicas dos serviços, materiais e equipamentos deverão ser elaborados nesta fase, para constarem dos processos licitatórios de contratação dos mesmos. O Projeto Básico deverá composto, entre outros, pelos seguintes documentos:

- **Projeto básico de terraplenagem** com indicação dos patamares construtivos, arruamentos, drenagem superficial, cortes pelo terreno identificando áreas de aterro e corte, níveis de crista e pé de taludes, etc., memoriais de cálculo com indicação de volumes a serem movimentados e memorial descritivo de execução definindo as especificações e requisitos legais para a execução dos trabalhos e destinação correta do material escavado.

- **Projeto básico de arquitetura e paisagismo** com desenvolvimento de planta baixa, cortes, fachadas, detalhamentos, e especificação de cada item de acabamento do projeto proposto, como esquadrias, revestimentos, tipos de alvenarias e adornos. É parte integrante do projeto básico de arquitetura o projeto de interiores incluindo elementos gráficos, memoriais, desenhos e especificações dos componentes de ambientação, implementação e qualificação dos espaços arquitetônicos internos da edificação. Fazem parte do projeto as ambientações e ocupações externas no entorno da edificação, além da planta das vias de acesso e do estacionamento com alocação das vagas e definição dos tipos de calçamento e pisos. Complementando os aspectos do projeto arquitetônico, o projeto de paisagismo deve definir o tipo da vegetação a ser utilizada principalmente nas áreas verdes externas da edificação, visando criar uma harmonia e integração entre os elementos estruturais e arquitetônicos. Os principais documentos a serem elaborados são as plantas, cortes transversais e longitudinais com detalhes das elevações da edificação e cobertura, tabelas e memoriais descritivos dos materiais e elementos de acabamento interno e externo e paisagismo.
- **Projeto básico estrutural** que deverá ser composto pelos memoriais de cálculo e detalhamento de todos os elementos estruturais (fundações, bases, baldrame, pilares, vigas, lajes, etc.). A definição do tipo e dimensionamento das fundações será feito pela análise do melhor custo/benefício de cada possível tipo de solução, considerando os dados de sondagens do solo realizados durante a fase de levantamento de dados. Os projetos básicos estruturais serão compostos pelas plantas, cortes e detalhes com indicações de forma (características dimensionais) e armação (características estruturais) dos elementos, cada desenho incluindo a quantidade de material necessário para execução da estrutura (volume de escavação, quantidade por tipo de ferragem, área de formas, volume de concreto e escoramento necessário), permitindo identificar a quantidade de materiais e serviços necessários para cada estrutura a ser executada.

- **Orçamento Analítico da Obra Civil**, cujo objetivo central é definir o valor base de execução da obra civil completa e servir de parâmetro para a definição dos critérios de aceitabilidade de preços unitários e global a serem utilizados nos processos licitatórios de contratação dos serviços. O orçamento analítico será elaborado a partir de custos unitários de insumos ou serviços menores ou iguais à mediana de seus correspondentes no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) ou em tabela de referência formalmente aprovada por órgão ou entidade da administração pública federal.

Caso não seja possível encontrar o custo de determinado insumo ou serviços em planilhas referenciais, a definição do custo deverá basear-se em, no mínimo, três propostas, solicitadas junto a fornecedores de mercado. O preço da obra civil será aquele resultante da composição do custo unitário direto do SINAPI, acrescido do percentual de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) incidente.

Não devem ser incluídos na planilha do orçamento itens com unidades subjetivas (verba) ou cujos quantitativos não possam ser identificados nos documentos do projeto. Deverão fazer parte da documentação do orçamento analítico os memoriais justificativos de preços unitários e cotações realizadas para itens não contemplados por tabelas de preços previstas.

- **Projeto Básico das Instalações de Utilidades** incluindo os projetos de instalações elétricas, telefonia, rede de dados, controle de acesso, circuito fechado de monitoramento de imagens, automação predial, instalações hidráulicas, sanitárias e de combate a incêndio, sistemas de climatização (HVAC – *Heating, Ventilating and Air Conditioning*) e instalações de fluídos industriais.

O projeto deverá incluir a elaboração dos memoriais de cálculo e especificações técnicas detalhadas dos equipamentos e instalações de utilidades específicas.

- **Orçamento Analítico das Instalações de Utilidades** que deverá ser apresentado nos mesmos moldes do orçamento analítico para as obras civis, sendo que a determinação de custos dos elementos do orçamento será majoritariamente baseada em valores relacionados a consultas junto a fornecedores do mercado, uma vez que, pela especificidade das necessidades de utilidades das GISEs, não se encontra em tabelas de referência como SINAPI e similares a grande maioria dos itens destes projetos.

Deverão fazer parte da documentação do orçamento analítico os memoriais justificativos de preços unitários e cotações realizadas. Assim como o orçamento sintético da obra civil, este orçamento deverá ser elaborado por profissional habilitado, comprovado pela emissão da anotação de responsabilidade técnica (ART).

- **Cronograma Físico-Financeiro** de execução da obra civil incluindo as instalações de utilidades, composto por cronograma físico de execução da obra, com eventos, marcos e etapas para avaliação da evolução da obra e correspondente cronograma de desembolso financeiro, compatível com a evolução do cronograma físico, considerando o valor agregado em cada etapa da construção.
- **Maquete Eletrônica** tridimensional contemplando a vista interna com representação dos principais equipamentos e externa incluindo a implantação das edificações no terreno.

## **Etapa 5 - Projeto Executivo**

Conforme definido no artigo 6º, inciso X da lei 8.666, o projeto executivo é o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com o preconizado nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O projeto executivo é composto pelo projeto básico acrescido dos detalhamentos necessários para execução da obra civil e instalações de utilidades, devendo conter todos os projetos específicos, especificações, caderno de encargos memoriais de cálculo e memoriais descritivos dos critérios de projeto e de execução das atividades.

O projeto executivo tem como finalidade detalhar como se devem executar os serviços que compõem a implantação, desenvolvendo os detalhes construtivos necessários à melhor compreensão dos elementos do projeto para sua execução, fabricação e montagem. Deve apresentar de forma completa, clara e detalhada, todos os detalhes necessários à execução dos serviços e obras da implantação.

Quando o projeto executivo é desenvolvido pela mesma equipe, na sequência do projeto básico como proposto nesta abordagem de implantação, a grande maioria das definições já foram feitas nas fases anteriores, reduzindo as horas de projeto necessárias para conclusão do projeto executivo.

A abordagem de contratação do projeto completo (projeto executivo) não onera significativamente o custo total do serviço de projeto e permite a disponibilização de informações mais completas e precisas para a fase subsequente de contratação dos serviços de execução de obras e instalações.

O projeto executivo deverá ser composto por todas as especialidades:

- Projeto de Terraplanagem;
- Projeto de Arquitetura e Paisagismo;
- Projeto das Fundações e Estrutural;
- Projeto de Instalações Elétricas, Telefonia, Rede de Dados, Controle de Acesso, CFTV e Automação Predial;

- Projeto de Instalações Hidráulicas, Sanitárias e de Combate a Incêndio.
- Projeto de Drenagem de Águas Pluviais.
- Projeto HVAC;
- Projeto de Fluidos;
- Projeto de Pavimentação Externa e Estacionamento;
- Projeto de Comunicação Visual.
- Projeto Legal.

Todos os documentos e projetos elaborados na etapa do projeto básico e aprovados ao final pela equipe de projeto e fiscalização irão integrar o projeto executivo, passando a serem identificados como tal. A versão “projeto executivo” é a única versão do projeto que autoriza a execução dos serviços.

Complementos ou alterações do projeto detectadas e acordadas durante o período de execução serão incluídas no projeto executivo, devendo ao final ser emitida a revisão “conforme construído” do projeto.

O Projeto Legal emitido nesta etapa será destinado à representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, da concepção das edificações e de seus elementos e instalações, com base nas exigências legais (municipal, estadual e federal), e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para início das atividades de execução das obras civis.

### **Acompanhamento e Fiscalização da Execução do Projeto**

Considerando as características peculiares das GISE, é necessária uma grande interação entre as equipes da empresa projetista e a equipe de fiscalização. Devem ser realizadas reuniões técnicas periódicas para definições, discussões e decisões de projeto, análise do desenvolvimento, acompanhamento do cronograma, aceitação do projeto e demais necessidades típicas do gerenciamento do projeto.

Como o serviço de projeto será executado na sua grande maioria na sede da empresa contratada e que frequentemente a mesma se situa distante do local onde será implantada a infraestrutura ou do local onde está sediada a equipe de fiscalização, é necessário se prever no contrato e se estabelecer no início das atividades uma rotina de contato entre as equipes, com reuniões periódicas durante a execução de cada etapa do projeto e ao final de cada etapa para análise crítica e autorização de mudança de etapa.

Além dos membros da equipe de fiscalização do contrato, sob a responsabilidade do Responsável pelo Planejamento e Controle, que terão seu foco nos aspectos administrativos do contrato e nos aspectos técnicos usuais de grandes edificações, deverão participar das reuniões de discussões técnicas os especialistas nas operações finalísticas da infraestrutura, instruindo a projetista contratada com relação aos aspectos impactantes na organização de suas atividades ou na instalação e operação dos principais equipamentos operacionais.

#### **5.4 Fase III – GISE – requisitos das obras e instalações**

A Fase III é dedicada à elaboração da documentação técnica e administrativa para contratação dos serviços de execução das obras civis e das instalações de utilidades.

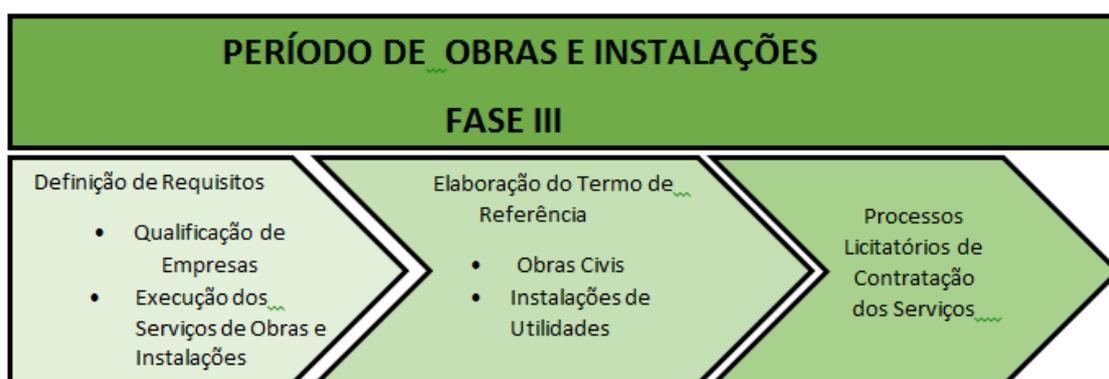
Devido às peculiaridades das instalações de utilidades das GISE e que as mesmas só podem ser executadas após a realização dos principais trabalhos estruturais de engenharia civil, é conveniente a separação dos processos de execução dos serviços entre obras civis e serviços de instalações de utilidades propriamente ditos.

Esta divisão permite avançar primeiramente na contratação das obras civis, com serviços prestados por empresas construtoras do segmento, incluindo no escopo apenas as instalações diretamente associadas aos serviços de construção civil, como por exemplo elementos de instalação embutidos, malhas de aterramento a serem realizadas previamente às fundações e proteção

contra descarga atmosféricas, que protegem a instalação desde as fases iniciais.

Esta abordagem favorece a redução de custos de instalação, uma vez que atividades de construção civil e instalações de utilidades de grande porte são realizadas por empresas especializadas de diferentes segmentos, e a inclusão de todos os serviços em um só fornecimento obrigam as construtoras a subcontratarem os serviços de instalação com acréscimos de custos fiscais e operacionais. Na Figura 5.9 está representada a sequência das principais atividades a serem desenvolvidas nesta fase.

Figura 5.9 - Atividades da Fase III do ciclo de vida de Desenvolvimento de Projetos de implantação de GISE.



Fonte: Produção do Autor.

### Definição de Requisitos

Com a finalização do projeto executivo e aprovação pela equipe de projeto do seu conteúdo, fica disponibilizado o conjunto de informações com o detalhamento das atividades a serem executadas e os materiais a serem fornecidos para execução das obras civis e das instalações de utilidades. Este conjunto de informações deverá ser utilizado na elaboração dos processos licitatórios de contratação dos serviços.

O detalhamento completo do escopo dos trabalhos e seus requisitos de execução e definição dos critérios de aceitação são condições essenciais para

o sucesso da execução dos serviços de implantação que serão decorrentes do resultado deste processo de seleção e contratação dos serviços.

Considerando que os processos licitatórios são processos públicos com ampla publicidade e abertos a quaisquer empresas interessadas, e que o critério para definição do vencedor é o do menor preço proposto, é de extrema importância que a documentação do processo instrua de forma mais precisa possível a amplitude dos trabalhos a serem executados e as exigências de qualidade e padrão dos serviços e materiais a serem empregados.

A elaboração dos processos licitatórios desta fase é coordenada majoritariamente pelo grupo de Planejamento e Controle da equipe de projeto, devendo a composição do mesmo incluir preferencialmente profissionais com experiência consolidada em elaboração de processos licitatórios de contratação de serviços, bem como na coordenação e acompanhamento de obras de grande porte, mesmo que adquirida em segmentos outros que o do setor espacial.

A documentação do processo licitatório tem como objetivo descrever e estabelecer o escopo detalhado dos serviços, os requisitos e exigências de execução das atividades, as condições gerais de relacionamento entre a empresa contratada e a instituição durante o fornecimento e os critérios de aceitação dos serviços.

Serão desenvolvidos nesta fase a descrição detalhada do escopo de fornecimento a ser contratado, utilizando-se como base os desenhos e documentos técnicos elaborados no projeto executivo ( Fase II), e em especial, o orçamento analítico que deve incluir todas as atividades a serem executadas e seus custos relativos.

Nesta fase são definidos os requisitos de qualificação técnica dos fornecedores para habilitação à participação no processo licitatório, visando selecionar empresas com confirmada experiência e qualificação para execução dos serviços nos requisitos de qualidade exigidos para a implantação de infraestruturas para o segmento espacial.

## **Elaboração dos Termos de Referência**

Na elaboração do processo de contratação dos serviços de execução, o grupo de planejamento e controle da equipe de projeto será responsável pelas principais atividades a serem realizadas:

- Elaboração da estrutura e desenvolvimento da documentação técnica do processo licitatório (Termo de Referência e seus anexos).
- Elaboração do descritivo do escopo detalhado baseado nos elementos do orçamento analítico desenvolvido no projeto executivo.
- Definição dos critérios de aceitação de preços máximos unitários e globais.
- Definição dos prazos parciais e final de execução das obras e instalações (cronograma físico) e desembolso relativo à conclusão das fases intermediárias (cronograma financeiro).
- Definição dos parâmetros de qualificação técnica a serem exigidos para aceitação e habilitação das empresas concorrentes.
- Apoio ao setor de compras da instituição ou da fundação de apoio durante a elaboração do edital de licitação e definição das exigências legais aplicáveis.

Nas atividades de elaboração de documentação para o processo licitatório, o grupo de engenharia de sistemas atua em apoio ao grupo de planejamento e controle, contribuindo principalmente na definição dos parâmetros de qualificação técnica para habilitação das empresas e dos prazos parciais e finais (cronograma físico).

O documento base dos processos licitatórios de contratação de execução de obras e serviços desta fase é o Termo de Referência, que é o documento que tem como objetivo descrever e estabelecer o escopo detalhado do serviço, os requisitos e orientações de execução e as condições gerais de contratação, bem como fixar as diretrizes para a execução dos trabalhos e os critérios de aceitação dos mesmos. Em sua composição básica, o Termo de Referência para contratação de obras e execução de serviços, deve incluir:

- **Objeto** – identificação, descrição e delimitação das principais características do objeto do fornecimento.
- **Justificativa** – descrição do contexto da execução dos trabalhos e identificação das fontes de recurso.
- **Local da Construção** – informações referentes ao local de implantação da infraestrutura.
- **Escopo do Fornecimento** – descritivo das atividades a serem executadas pela contratada incluindo detalhamento dos serviços, mão de obra necessária, materiais, equipamentos, instalações de canteiro de obras, equipamentos de proteção individual e coletiva e todos os aspectos que devem ser considerados inclusos no fornecimento global dos serviços.
- **Prazo** – definição do prazo máximo para mobilização da equipe e implantação do canteiro de obras bem como o prazo máximo de execução dos serviços.
- **Forma de Pagamento** – definição da forma de pagamento prevista com estabelecimento de percentuais e eventos ou atividades a serem concluídas para liberação dos montantes relativos.
- **Qualificação Técnica** – critérios para comprovação de atendimento aos requisitos técnicos exigidos para qualificação da proponente no processo. A habilitação de empresas com experiência comprovada na execução de serviços de similar complexidade aos de implantação de uma GISE são fundamentais para obtenção de sucesso nos resultados.
- **Obrigações da Contratada** – estabelece principais regras de relacionamento entre contratante e contratada, explicitando a necessidade de procedimentos ou práticas que possam acarretar custos que devem ser considerados pela proponente.
- **Acréscimos e Supressões** – estabelece os limites percentuais de acréscimos ou supressões de serviços ou fornecimento de materiais ao

contrato que são de aceitação obrigatória pela contratada nas mesmas condições de preço contratuais.

Devem ser fornecidos como anexos ao Termo de Referência, outros documentos que forem necessários para definir de forma mais objetiva e completa possível o escopo dos trabalhos a serem executados e seus requisitos técnicos, possibilitando às empresas licitantes avaliarem corretamente os custos envolvidos e proporem seus melhores preços para execução dos serviços. Exemplos de documentos anexos usuais:

- Desenhos, memoriais de cálculo e especificações técnicas componentes do projeto executivo;
- Modelo de proposta visando uniformizar os requisitos a serem atendidos e facilitar a análise e comparação das propostas dos proponentes.
- Planilha orçamentária elaborado no projeto básico/executivo estabelecendo os valores máximos aceitáveis para custos unitários e custo global.
- Modelo de planilha orçamentária para preenchimento pela proponente, visando garantir que todos os itens orçamentários estejam incluídos e facilitar a análise e comparação das propostas.
- Cronograma físico de execução dos serviços.
- Cronograma financeiro de desembolso relacionado à evolução da execução dos serviços e definição dos critérios de aceitação de atividades ou eventos realizados.
- Memorial Descritivo com requisitos de execução e critérios de aceitação das atividades de construção e instalações a serem realizadas.
- Critérios de gerenciamento e fiscalização dos serviços e regras de relacionamento entre contratante e contratada.
- Minuta de contrato com condições de fornecimento elaborado pelo órgão de compras da instituição ou da fundação de apoio.

## **Processos Licitatórios**

Definidos os requisitos qualificação de empresas e de execução dos serviços de execução as obras civis e de instalação de utilidades inicia-se o processo licitatório seguindo as exigências da Lei 8.666/93. As equipes de compras da instituição pública ou da fundação de apoio, conforme o caso, elaboram o Edital de Concorrência, que é o documento que contém as determinações e regras específicas da contratação. O Termo de Referência elaborado pela equipe de projeto e os demais documentos necessários para as empresas concorrentes avaliarem o escopo da contratação são anexados ao Edital de Concorrência e passam a ser partes integrantes das exigências de fornecimento. Os documentos elaborados no projeto executivo incluindo desenhos e especificações técnicas dos materiais e equipamentos a serem utilizados na execução dos serviços e a planilha detalhada de fornecimento (orçamento analítico) são documentos de extrema importância no processo.

A Fase III se conclui com o sucesso dos processos licitatórios e a definição e contratação das empresas que executarão as obras civis e serviços de instalação de utilidades.

### **5.5 Fase IV – GISE – execução de obras e instalações**

Depois de homologadas as licitações e adjudicados o objeto das mesmas aos vencedores, o setor de contratos da instituição ou da fundação de apoio emite os contratos administrativos, habilitando o início das atividades da Fase IV.

A partir da assinatura do contrato e autorização formal da equipe de projeto, a empresa vencedora inicia o desenvolvimento dos trabalhos conforme planejado no projeto executivo, cabendo à equipe do projeto constituída, a gestão, o acompanhamento e a verificação de conformidade dos serviços executados.

A execução do contrato e a verificação da conformidade dos serviços com o previsto no projeto executivo deverá ser feito por uma equipe de fiscalização, que avalia o escopo e a qualidade do trabalho realizado em cada fase e autoriza o pagamento da parcela relativa a estes serviços bem como a

continuidade de execução até que o escopo total seja totalmente finalizado. Conforme previsto na lei 8.666/13, o contratado é obrigado a reparar, corrigir, remover, reconstruir ou substituir, às suas expensas, o objeto do contrato em que se verificarem vícios, defeitos ou incorreções resultantes da execução ou de materiais inadequados utilizados. Executado o contrato e, portanto, finalizada a execução dos serviços de execução civil previstos, os serviços serão recebidos pela comissão de fiscalização após vistoria que comprove a adequação dos serviços aos requisitos estabelecidos. Na Figura 5.10 está representada a sequência das principais atividades a serem desenvolvidas nesta fase.

Figura 5.10 - Atividades da Fase III do ciclo de vida de Desenvolvimento de Projetos de implantação de GISE.



Fonte: Produção do Autor.

### Início dos Serviços

Para iniciar os trabalhos, a empresa contratada deverá apresentar as Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) do responsável técnico pela obra, que deverá ser um dos profissionais detentores do acervo técnico apresentado no processo licitatório para atendimento às exigências de qualificação técnica do edital. Antes do início efetivo dos trabalhos deverão ainda ser apresentados os documentos exigidos pelas normas reguladoras de segurança e saúde do trabalho e de prevenção de riscos ambientais (NR 18 e a NR9) bem como as demais normas aplicáveis aos tipos de atividades a serem executadas. Caberá à empresa contratada realizar a matrícula da obra

de construção civil no Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) , solicitar o alvará de construção junto à administração pública municipal do local da obra e demais exigências previstas no processo licitatório e no contrato de execução dos serviços.

### **Fiscalização de Execução dos Serviços**

A equipe de fiscalização frequentemente é composta por membros da equipe de projeto com formação e experiência em acompanhamento e fiscalização de obras civis, ou na indisponibilidade de profissionais com este perfil na equipe técnica, por contratação de serviços de fiscalização junto a profissionais independentes ou empresas especializadas neste segmento.

Típico de execução de obras civis e instalação de utilidades, é necessária uma forte interação entre a equipe executora da empresa contratada e os membros da equipe de projeto e em particular os membros da equipe de fiscalização. Como a execução dos serviços será no local de implantação da infraestrutura e a equipe de projeto normalmente está sediada neste local, o contato entre equipes é praticamente diário e as reuniões periódicas não trazem custos extras a serem considerados.

A equipe de fiscalização das obras civis e instalação de utilidades nesta abordagem é composta por membros sob a responsabilidade do Responsável pelo Planejamento e Controle, que terão seu foco nos aspectos administrativos do contrato e na fiscalização da execução dos serviços detalhados no projeto executivo. Entre as principais atividades a serem desenvolvidas sob a coordenação e supervisão da equipe de fiscalização durante esta fase estão:

**Cronograma de execução:** baseado no cronograma físico elaborado na fase de projeto e disponibilizado no processo de licitação, é desenvolvido pela empresa contratada um cronograma detalhado de atividades. Este cronograma, devidamente analisado e aceito pela equipe de fiscalização,

servirá de base para o acompanhamento e avaliação da evolução dos trabalhos.

**Controle de escopo e custo:** as planilhas do orçamento analítico elaboradas na fase de projeto e disponibilizadas no processo licitatório de contratação dos serviços, são a base de escopo e de custo a ser controlado pela equipe de fiscalização. O custo a ser controlado após o final do processo licitatório é o referente ao preço final apresentado pela contratada. Eventuais acréscimos ou reduções de quantitativos previstos na planilha devidos a fatores não previstos no projeto ou outros advindos de dificuldades ou impossibilidades executivas deverão ser controlados e aprovados pela equipe de fiscalização, observando os limites legais previstos no contrato.

**Canteiro de Obras:** a contratada deverá implantar uma estrutura administrativa e de apoio operacional temporária (canteiro de obras) , observando as normas e regulamentações vigentes de segurança e higiene do trabalho. A equipe de fiscalização analisa e orienta a implantação do canteiro em conformidade com as disponibilidades locais e eventuais necessidades de continuidade de operação das demais estruturas operacionais existentes.

**Diário de Obra:** deverá ser preenchido diariamente documento onde deverão constar todas as informações relativas ao andamento das atividades, relação de profissionais em serviço, detalhes de eventuais ocorrências técnicas ou de segurança, alterações em relação ao projeto e demais informações relevantes das atividades em andamento.

**Reuniões Técnicas:** destinadas aos aspectos de gerenciamento e acompanhamento dos serviços, devem ocorrer periodicamente (usualmente semanalmente) com presença do engenheiro residente responsável e do engenheiro de Garantia de Qualidade / Segurança da contratada. Todas as reuniões técnicas devem ser registradas em documento próprio (ata de reunião) visando-se manter o histórico e a

disponibilidade das informações e decisões tomadas durante a evolução dos trabalhos.

**Controle de Avanço dos Serviços:** a contratada deverá elaborar e apresentar nas reuniões técnicas o registro de avanço dos trabalhos e os desvios em relação à programação pré-estabelecida (cronograma físico). A equipe de fiscalização verifica a conformidade com o cronograma estabelecido e define em conjunto com a empresa contratada as ações mitigadoras ou corretoras no caso de ocorrência de desvios.

**Relatórios de Controle Tecnológico:** atividades cujos resultados dependem diretamente do controle dos processos de elaboração ou de execução, como serviços de terraplanagem, recomposição de solos ou de resistência de estruturas de concreto executadas *in loco*, devem ter seus critérios de controle definidos no início dos trabalhos e verificados pela equipe de fiscalização assim que disponíveis, evitando-se a execução de atividades subsequentes sem confirmação dos resultados conformes aos parâmetros de projeto.

**Desempenho técnico dos sistemas implantados:** a equipe de fiscalização acompanha a implantação dos sistemas de utilidades e faz a verificação final da execução dos parâmetros de projeto definidos (índices luminotécnicos, performance rede de combate a incêndio, sistemas de automação industrial, rede CFTV, controle de acesso, etc.).

### **Recebimento da Obra**

Após o término dos serviços e realização de vistoria detalhada, será emitido um termo de recebimento definitivo dos serviços, atestando a adequação dos serviços em relação ao objeto contratual. O recebimento e aceitação definitiva da obra ou serviço não exime a empresa prestadora dos serviços de responsabilidade civil e profissional, conforme previsto no contrato e na legislação. Deverá ser parte integrante do fornecimento da contratada a elaboração de revisões do projeto com relação a decisões autorizadas pela fiscalização durante a execução dos serviços, motivadas por necessidades ou

dificuldades de execução não previstas no projeto ou melhorias nos processos de execução propostas pela contratada. Esta documentação, chamada de projeto “conforme construído” ou “*as built*” em inglês, deve retratar fielmente o que foi executado e servirá de referência para as futuras atividades de manutenção da infraestrutura. Conforme o artigo 73 da Lei 8.666, o recebimento definitivo dos serviços não exclui a responsabilidade civil pela solidez e segurança da obra ou do serviço, nem a responsabilidade profissional pela perfeita execução dos serviços, dentro dos limites estabelecidos pela lei ou pelo contrato.

## **6 ESTUDO DE CASO - ASSOCIAÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA AO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO LIT NO INPE**

Visando explorar e confirmar a potencialidade de aplicação da abordagem proposta, será desenvolvido nesse capítulo uma associação entre as atividades conceituais previstas na abordagem e as atividades reais realizadas no projeto de ampliação do LIT.

O projeto de ampliação do LIT é um projeto de grande infraestrutura para o setor espacial que se iniciou em 2013, enquadrando-se no perfil de GISE definido neste trabalho.

### **Iniciativa de Estudos (Fase 0)**

A iniciativa de estudos iniciais para a ampliação do LIT se originou na equipe técnica operacional do LIT com o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia, visando o atendimento de projetos de satélites previstos no Programa Nacional de Atividades Espaciais – PNAE 2012-2020 e outros programas estratégicos nacionais.

### **Identificação das Necessidades (Fase 0)**

A necessidade identificada foi a de implantação de meios para integração e testes de satélites de grande porte com até 6.000 kg e 6,5 metros de dimensão máxima. Estas capacidades viriam a completar as capacidades atuais do LIT que são para integração e testes de satélites com até 2.000 kg e 4 metros de dimensão máxima, complementando a configuração existente representada na Figura 6.1.

Figura 6.1- Configuração do Laboratório de Integração e Testes de satélites do INPE antes da ampliação.



Fonte: INPE/LIT (2013a).

### **Definição dos Objetivos da Infraestrutura (Fase 0)**

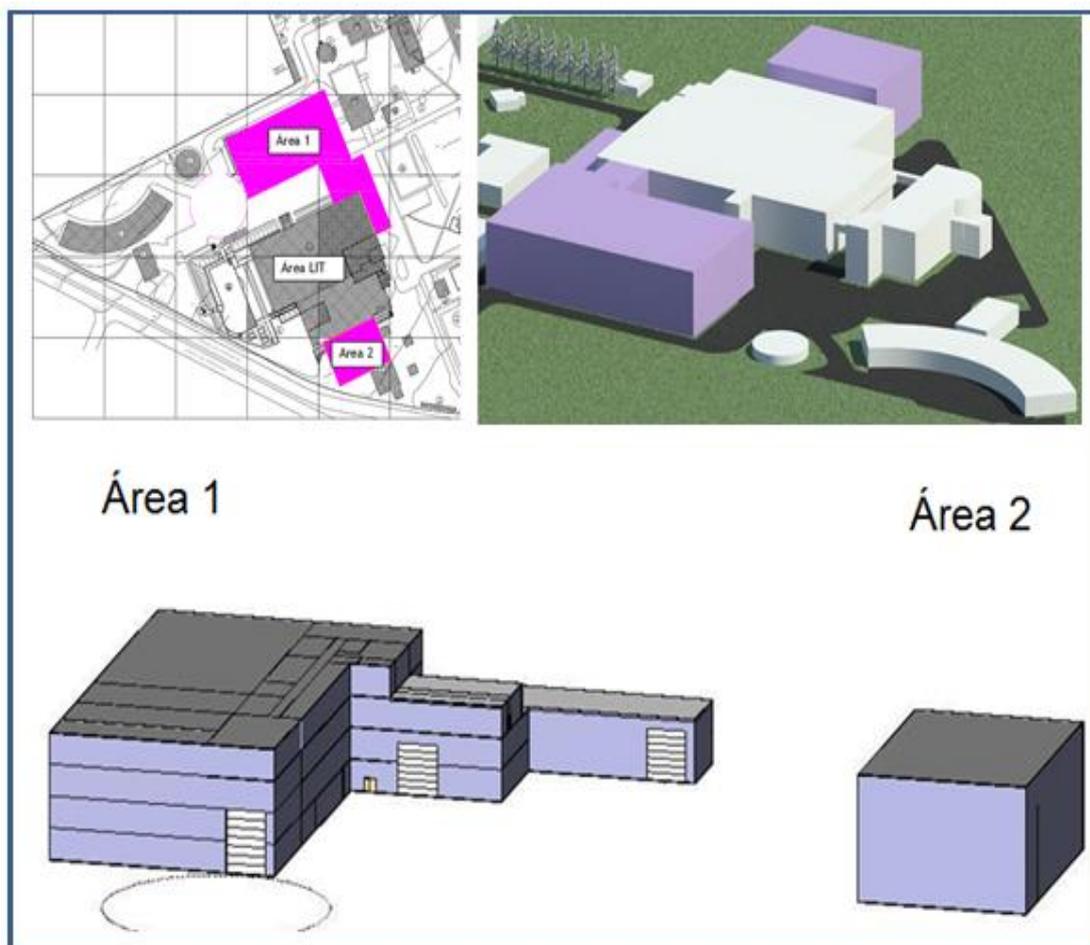
O objetivo da infraestrutura a ser implantada foi definido como complementação das capacidades operacionais do laboratório, permitindo a integração e testes de satélites de até 6.000 kg e 6,5 metros de dimensão máxima

### **Concepção Inicial (Fase 0)**

A concepção inicial da implantação foi a de criação de uma área para montagem e integração dos satélites (*Hall* de Integração) com capacidade para montagem simultânea de até quatro satélites de grande porte, e uma área para implantação de equipamentos de testes complementares aos existentes no laboratório, notadamente um vibrador de grande porte e uma câmara de teste de *payload* de comunicação completo.

Conforme representado na Figura 6.2, a implantação prevista na concepção inicial seria feita através da construção de duas áreas anexas à instalação existente do LIT.

Figura 6.2- *Layout* concepção inicial ampliação do Laboratório de Integração e Testes de satélites do INPE.



Fonte: INPE/LIT (2014a).

### **Cronograma de Implantação e Estimativa de Custos (Fase 0)**

Foi estabelecido um cronograma inicial de cinco anos para a implantação da infraestrutura e instalação dos equipamentos de testes. Os custos foram estimados e distribuídos em itens de maior relevância. Na Tabela 6.1 está representado o cronograma de desembolso de investimentos previsto inicialmente para o projeto de ampliação do LIT.

Tabela 6.1- Exemplo de cronograma de implantação de projeto GISE.

ITEM	DESCRIÇÃO	TOTAL M R\$	DISTRIBUIÇÃO ANUAL M R\$				
			2013	2014	2015	2016	2017
<b>1</b>	<b>Infraestrutura</b>						
1.1	Projetos Executivo	2,6	2,6				
1.2	Obras Cíveis	30,0	4,7	20,9	4,4		
1.3	Instalações Prediais	20,0		9,1	10,4	0,5	
1.4	Equipamentos e Material Permanente	1,0	0,2	0,4	0,4		
<b>2</b>	<b>Meios de Testes</b>						
2.1	Sistema de Grande Porte para Testes de Vibração	20,0			8,0	10,0	2,0
2.2	Sistema para Medidas de Antenas de Pequeno Porte	2,4		2,4			
2.3	Sistema para Medidas de Antenas de Grande Porte	46,0			20,0	24,0	2,0
2.4	Instrumentação para Calibração e Rastreabilidade Metrológica	9,0				2,0	7,0
2.5	Ampliação e Adequação do Laboratório de Componentes	9,0				2,0	7,0
2.6	Ampliação e Adequação da Instrumentação Geral	8,5				1,5	7,0
<b>3</b>	<b>Adequações de Instalações Existentes</b>						
3.1	Prédio e Instalações Existentes/Áreas Adjacentes	13,0			5,0	4,0	4,0
<b>4</b>	<b>Gestão e Administração do Empreendimento</b>						
4.1	Gerenciamento e Fiscalização da Obra	10,8	1,4	1,9	3,0	3,0	1,5
4.2	Consultoria para Aquisição, Instalação e Aceitação Meios de Testes	2,5	1,0		1,0		0,5
<b>5</b>	<b>Outras Despesas</b>						
5.1	Outras Despesas	10,2	0,1	0,3	0,3	9,0	0,5
<b>TOTAIS</b>		<b>185,0</b>	<b>10,0</b>	<b>35,0</b>	<b>52,5</b>	<b>56,0</b>	<b>31,5</b>

Fonte: INPE/LIT (2013b).

### **Aprovação da Implantação do Projeto (Transição de Fases)**

O projeto de ampliação do LIT foi aprovado em dezembro de 2013, tendo sido assinado um convênio para liberação parcial dos investimentos destinados ao desenvolvimento do projeto executivo e realização parcial das obras civis e dos serviços de instalação de utilidades.

### **Constituição da Equipe de Projeto (Fase I)**

A Equipe de Projeto do projeto de ampliação do LIT foi composta por tecnologistas servidores que atuavam nas atividades do laboratório, complementada pela contratação de profissionais com os recursos do projeto destinados ao custeio da equipe.

A responsabilidade pelo gerenciamento geral do projeto (Gerente do Projeto) foi assumida pelo chefe do LIT. As atividades técnicas e operacionais foram

divididas e organizadas em dois grupos, o primeiro responsável principalmente pelos aspectos técnicos da implantação e o segundo principalmente pelos aspectos de planejamento e controle das atividades.

O grupo responsável pelos aspectos técnicos integrou, com participação em tempo parcial, os especialistas na realização das atividades de integração e testes do laboratório, enquanto o grupo responsável pelas atividades de planejamento e controle foi composto na sua grande maioria por profissionais com dedicação em tempo integral ao projeto.

### **Desenvolvimento de Requisitos de Projeto (Fase I)**

A liberação inicial de recursos permitiu a formação da equipe de projeto e o início do desenvolvimento dos trabalhos de desenvolvimento de requisitos de elaboração do projeto executivo. Este trabalho necessitou da participação das equipes operacionais que seriam as responsáveis pelas novas atividades ao final da implantação, informando as necessidades específicas da sua área.

Considerando que o projeto será desenvolvido por empresa contratada através de processo licitatório público e que a grande maioria das empresas do segmento não possuem em seu quadro especialistas em infraestruturas para aplicações complexas, é necessário o desenvolvimento dos requisitos destas infraestruturas para servirem de base para o desenvolvimento do detalhamento dos projetos. Na atividade do projeto de ampliação do LIT, foram integrados à equipe de projeto consultores especializados com experiência em implantação de laboratórios similares no Brasil e no exterior.

### **Especificações Funcionais do Edifício – (Fase I)**

As necessidades de cada atividade a ser desenvolvida na nova infraestrutura foi traduzida em formato de requisitos de instalação ou de interface no documento de Especificações Funcionais do Edifício. Na Tabela 6.2, vemos um exemplo de conteúdo do documento. As diversas áreas previstas na ampliação do LIT com a indicação de suas dimensões mínimas necessárias, capacidade

de carga de pontes rolantes necessárias e previsão de calor liberado para referência no dimensionamento do sistema de ar condicionado são apresentadas no formato de tabela resumo.

Tabela 6.2 – Resumo das dimensões e outras características de áreas internas previstas no projeto de ampliação do LIT.

Nº	AREA Descrição	Nº	EQUIPAMENTO Descrição	Superf. Área (m2)	Dimensões approx.			Altura Gancho (m)	Capac. Carga kg/m2	Capac. gancho (kN)	Liber. calor (KW)
					Compri m. (m)	Largura (m)	Altura Teto (m)				
1	Hall de integração	INT1	Satelite+ carro de integração+EGSE	100	12	8	13	11,5	2500	80	25
		INT2		100	12	8	13	11,5	2500	80	25
2	Área para equipamentos de teste (EGSE)	EGSE1	EGSE	100	?	8	2,8	-	1500	-	25
		EGSE2		100	?	8	2,8	-	1500	-	25
3	Área para fabricação e montagem EGSE	EGSE3	EGSE	80	4 mini	3 mini	3 mini	-	1500	-	10
4	Montagem e fabricação espacial (Harness, MLI)	FAB		72	12	6	7	6	1500	20	5
5	Painéis solares	PS1	Flasher test	160	20	8	6	-	2500	-	5
		PS2	Abertura	160	20	8	13	11,5	2500	80	0,1
6	Propulsão	PM	Soldagem	72	12	6	7	6	2500	30	1
		PLT_1	Controle limpeza	24	6	4	3	-	1500	-	1
		PLT_2	Limpeza	40	10	4	3	-	1500	-	20
7	Alinhamento	ALI	Teodolitos	300	20	15	10	-	2500	-	1
8	Antenas	ANT		144	12	12	13	11,5	2500	80	1
9	Medidas físicas	MM	Meios de medidas	252	18	14	15	13	2500	120/40	1
10	Ótica	OTI		50	10	5	3 mini	-	1500	-	5
11	Sala de pintura	PINT	Cabine	150	15 mini	7 mini	4 mini	-	1500	-	1
12	Sas de entrada de equipamentos	SAS1		tbc	18 mini	9 mini	13	11,5	2500	100	10
13	Sas de entrada dos funcionários	SAS2		20		>3	2,5	-	1500	-	-
14	Estocagem	EST		200	15 mini	10 mini	7 mini	-	2500	-	-
				300	15 mini	10 mini	7 mini	-	1500	-	-
15	Sala de teste de vibração	VIB1	Vibradores Mesa vertical Mesa horizontal	130	14,5 mini	7 mini	14 mini	12,3 mini	2500	100	21
16	Áreas auxiliares vibração	VIB2	Bloco sísmico Bombas Caneletas de coleta de IPA	110	13,5 mini	8 mini	2,5 mini	-	1500	-	1
17	Sala para o sistema de controle e de medidas	VIB3	Sistema de controle Servidor para DHS	50	8 mini	6 mini	2,5 mini	-	1500	-	2

Fonte: INPE/LIT (2013c).

No Anexo A encontra-se o documento de Especificações Funcionais do Edifício elaborado e utilizado na documentação do processo de contratação do projeto executivo da ampliação do LIT.

A amplitude e detalhamento mais amplo possível deste documento é um fator de extrema importância para servir de base para avaliação do escopo do projeto na fase de licitação e para definir as linhas principais de desenvolvimento das etapas de execução do projeto executivo.

## **Termo de Referência para a Contratação do Projeto (Fase I)**

Todas as contratações e compras feitas com os recursos destinados à implantação do projeto de ampliação passaram por processos de compra públicos.

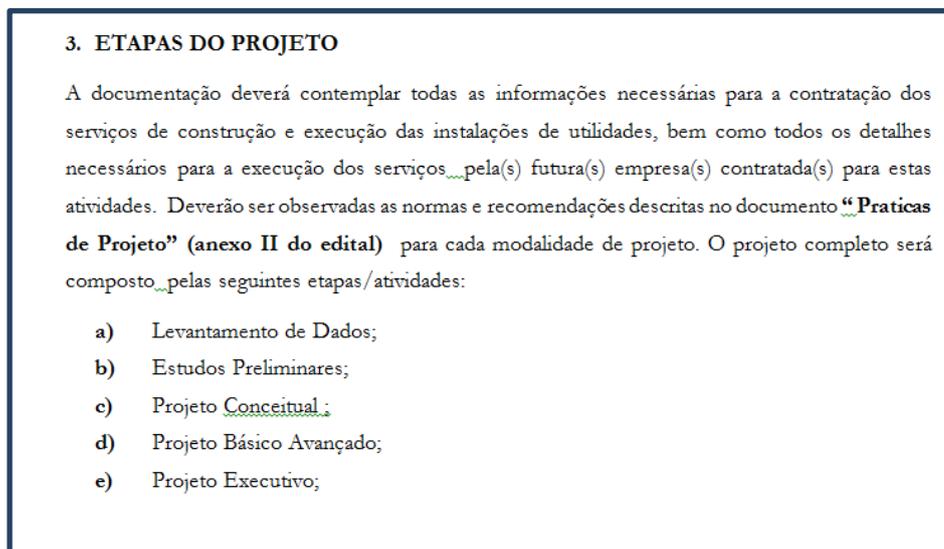
O documento técnico central destes processos é o Termo de Referência, que é o documento que tem como objetivo descrever e estabelecer o escopo detalhado do serviço, os requisitos e orientações de execução e as condições gerais de contratação do projeto, bem como fixar as diretrizes para a execução dos trabalhos e os critérios de aceitação dos mesmos.

Em todas as fases de implantação de grandes infraestruturas, diversos processos de compra são, portanto, desenvolvidos, sendo seu conteúdo adaptado à importância e muitas vezes também, ao valor do objeto a ser contratado. Na Fase I de implantação de GISE, o processo mais importante é o de contratação dos serviços de projeto e será o abordado neste estudo de caso.

O Termo de Referência do projeto de ampliação do LIT foi elaborado estruturando o projeto em etapas sucessivas que permitiram que as soluções fossem propostas pela empresa projetista considerando os requisitos técnicos de base disponibilizados principalmente no documento de especificações funcionais.

Na Figura 6.3 podemos ver um extrato do texto do item de Termo de Referência que especifica as etapas de elaboração do projeto.

Figura 6.3 – Extrato do documento Termo de Referência de contratação de Serviços de Projeto para a ampliação do LIT .



Fonte: INPE/LIT (2014b).

As atividades constantes de cada fase foram descritas detalhadamente no Termo de Referência. Foi utilizado o conceito de contratação do projeto executivo completo, garantindo uma continuidade de trabalhos na mesma abordagem técnica.

No Anexo B encontra-se o documento Termo de Referência elaborado e utilizado no processo de contratação do projeto executivo da ampliação do LIT.

O processo licitatório resultou na contratação da empresa MHA Engenharia, que após assinatura do contrato de fornecimento iniciou o desenvolvimento do projeto, seguindo os requisitos e escopo de projeto previstos no Termo de Referência.

### **Desenvolvimento do Projeto Executivo (Fase II)**

Visando agilizar o contato entre a equipe técnica da empresa contratada e a equipe de projeto do LIT, foram programadas reuniões técnicas periódicas, sendo que ao final de cada etapa de projeto foi feita uma reunião específica para aprovação dos documentos elaborados durante a etapa e autorizando a

evolução para a etapa subsequente. Na Tabela 6.3 está representada a programação de reuniões técnicas para a fase de desenvolvimento do projeto executivo de ampliação do LIT. Esta programação mostrou-se muito eficaz, permitindo a evolução do projeto dentro do cronograma previsto.

Tabela 6.3 - Planejamento de reuniões técnicas durante as etapas de desenvolvimento do projeto executivo da ampliação do LIT.

PROGRAMA DE REUNIÕES				
REUNIÕES	PERIODICIDADE (mínima)	CONTEÚDO DA PAUTA	LOCAL	PARTICIPANTES (Mínimo)
<b>LEVANTAMENTO DE DADOS</b>				
LV-1	Reunião Inicial	Entrega de documentos, requisitos e outras informações disponíveis à empresa contratada.	SJC	1. Equipe Técnica Projeto 2. Coordenador Projeto (Contratada) 3. Responsáveis Projeto Civil e Arquit. (Contratada)
LV-2 e 3	Quinzenal	Análise dos documentos apresentados e acompanhamento da evolução dos trabalhos		
LV-4	Reunião Final	Apresentação de Resultados Finais, aprovação para mudança de fase.		
<b>ESTUDOS PRELIMINARES</b>				
EP-1	Reunião Inicial	Identificação de requisitos iniciais e definição de opções de estudos a desenvolver.	SJC	1. Equipe Técnica Projeto 2. Coordenador Projeto (Contratada) 3. Responsáveis Projeto Civil e Arquit. (Contratada)
EP-2 a N	Quinzenal	Análise dos documentos apresentados e acompanhamento da evolução dos trabalhos		
EP - N + 1	Reunião Final	Aprovação concepção projeto preliminar a desenvolver na próxima fase.		
<b>PROJETO CONCEITUAL</b>				
PC-1	Reunião Inicial	Discussão sobre Partido Arquitetural /Elementos Construtivos/ Sustentabilidade	SJC	1. Equipe Técnica Projeto 2. Coordenador Projeto (Contratada) 3. Responsáveis Projeto Civil e Arquit. (Contratada)
PC-2 a N	Semanal	Análise dos documentos apresentados e acompanhamento da evolução dos trabalhos		
PC - N + 1	Reunião Final	Aprovação concepção projeto conceitual a detalhar na próxima fase.		
<b>PROJETO BÁSICO</b>				
PB-1 a N	Semanal	Definição dos critérios de detalhamento e definição de sequência e prioridades de detalhamento.	SJC	1. Equipe Técnica Projeto 2. Coordenador do Projeto (Contratada) 3. Responsáveis Projeto Civil e Arquit. (Contratada) 4. Responsáveis Utilidades (Contratada)
PB-2 a N	Semanal	Análise dos documentos apresentados e acompanhamento da evolução dos trabalhos		
PB - N + 1	Reunião Final	Aprovação do projeto básico.		
<b>PROJETO EXECUTIVO</b>				
PE-1	Semanal	Análise dos documentos apresentados e acompanhamento da evolução dos trabalhos	SJC	1. Equipe Técnica Projeto 2. Coordenador do Projeto (Contratada) 3. Responsáveis Projeto Civil e Arquit. (Contratada) 4. Responsáveis Utilidades (Contratada)
PE - N + 1	Reunião Final	Aprovação do projeto executivo		

Fonte: INPE/LIT (2014b).

O desenvolvimento do projeto na sequência das etapas definidas pela equipe de projeto permitiu a evolução do projeto partindo dos requisitos do nível superior que considerou os conceitos da infraestrutura, como por exemplo a necessidade de confiabilidade dos sistemas de utilidades, levando à configurações de projeto de sistemas dimensionados para operação em condição mínima mesmo com eventual falha de um equipamento do sistema.

As figuras 6.4 a 6.8 mostram elementos do escopo do projeto executivo elaborado com aspectos de projeto civil e de instalação de utilidades.

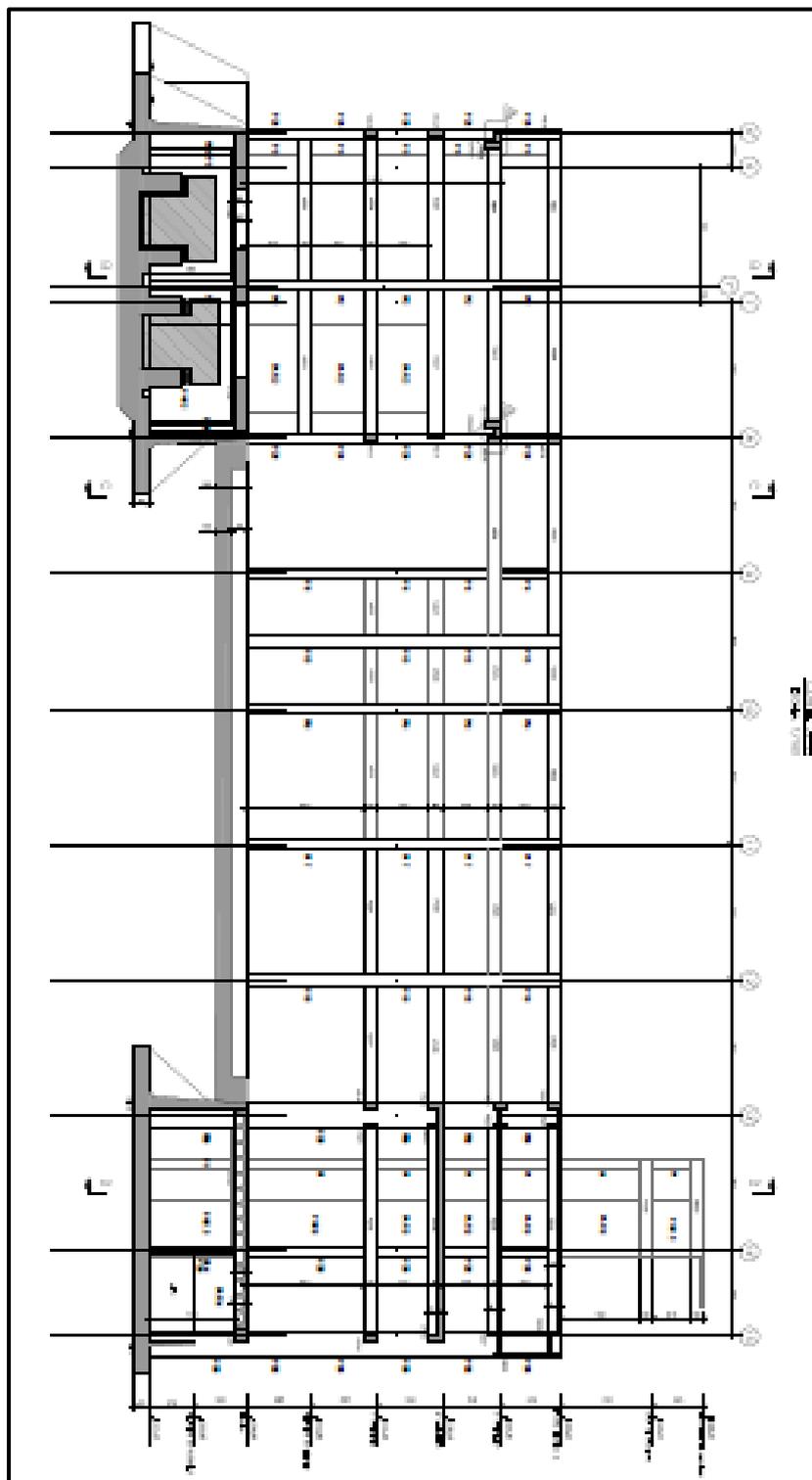
Figura 6.4 - Projeto executivo de arquitetura do projeto executivo da ampliação do LIT.



Projeto executivo da empresa MHA Engenharia

Fonte: INPE/LIT (2015).

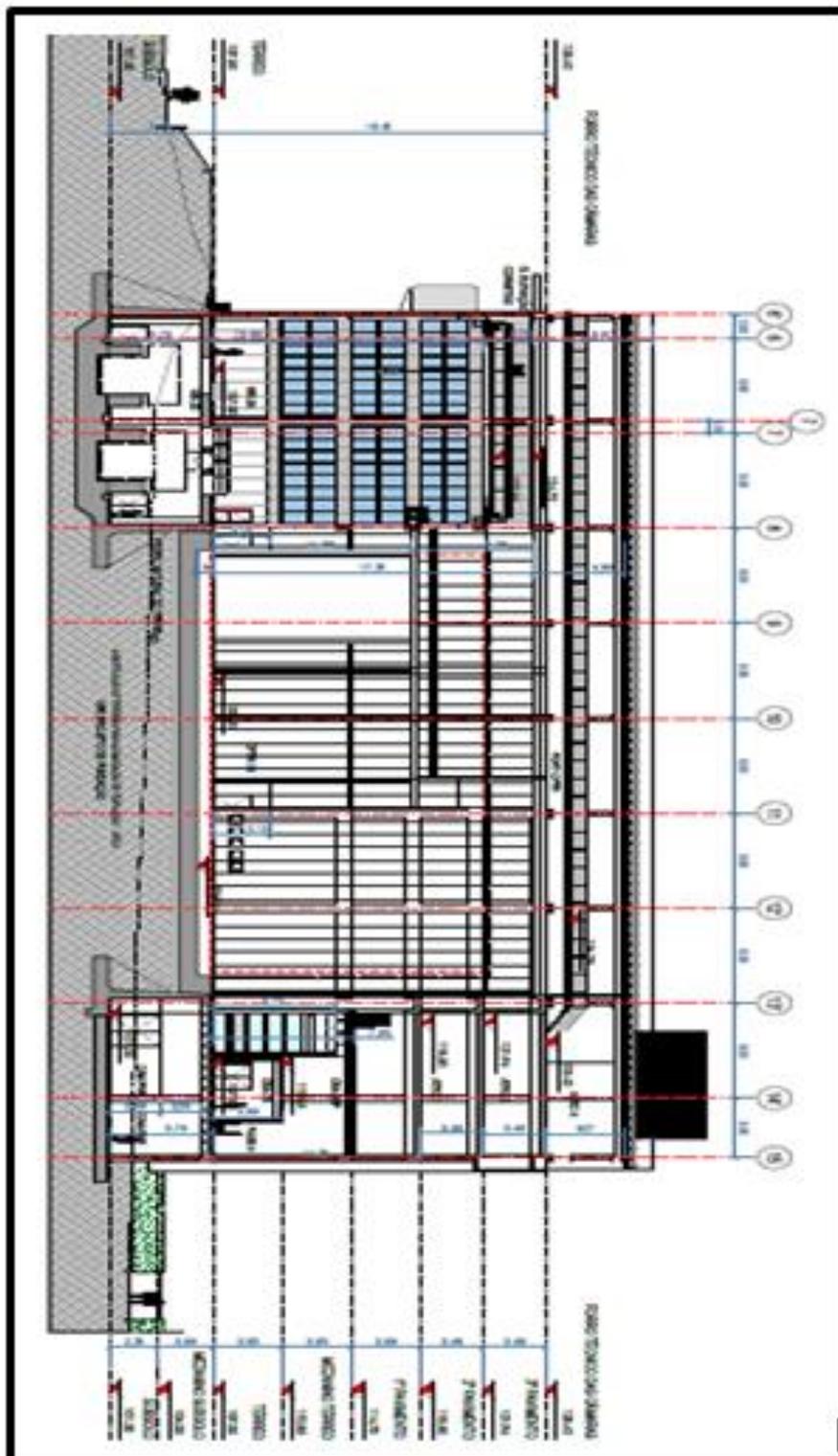
Figura 6.5 - Projeto executivo estrutural, corte da área 2, projeto de ampliação do LIT.



Projeto executivo da empresa MHA Engenharia

Fonte: INPE/LIT (2015).

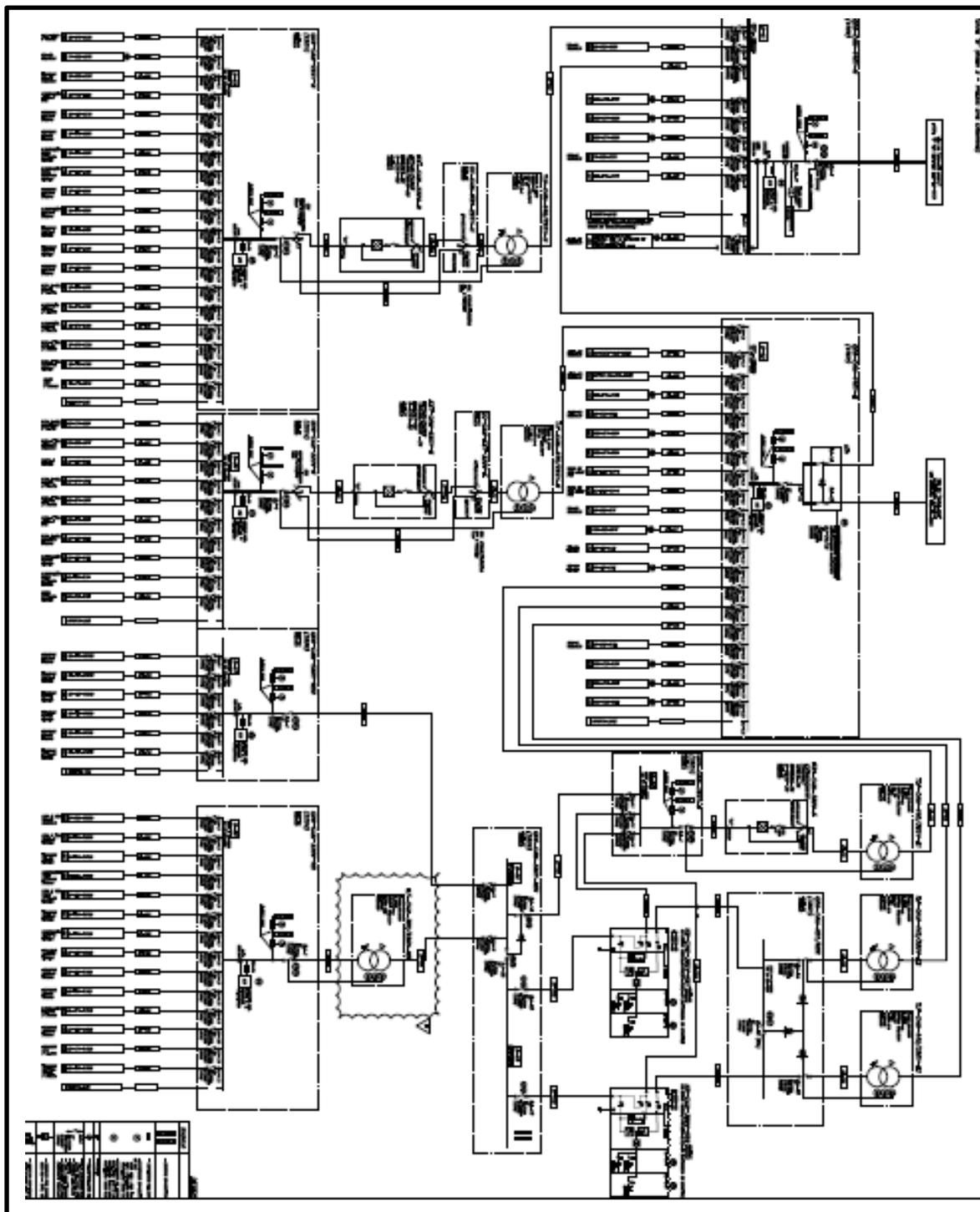
Figura 6.6 - Projeto executivo de arquitetura, corte da área 2, projeto de ampliação do LIT.



Projeto executivo da empresa MHA Engenharia

Fonte: INPE/LIT (2015).

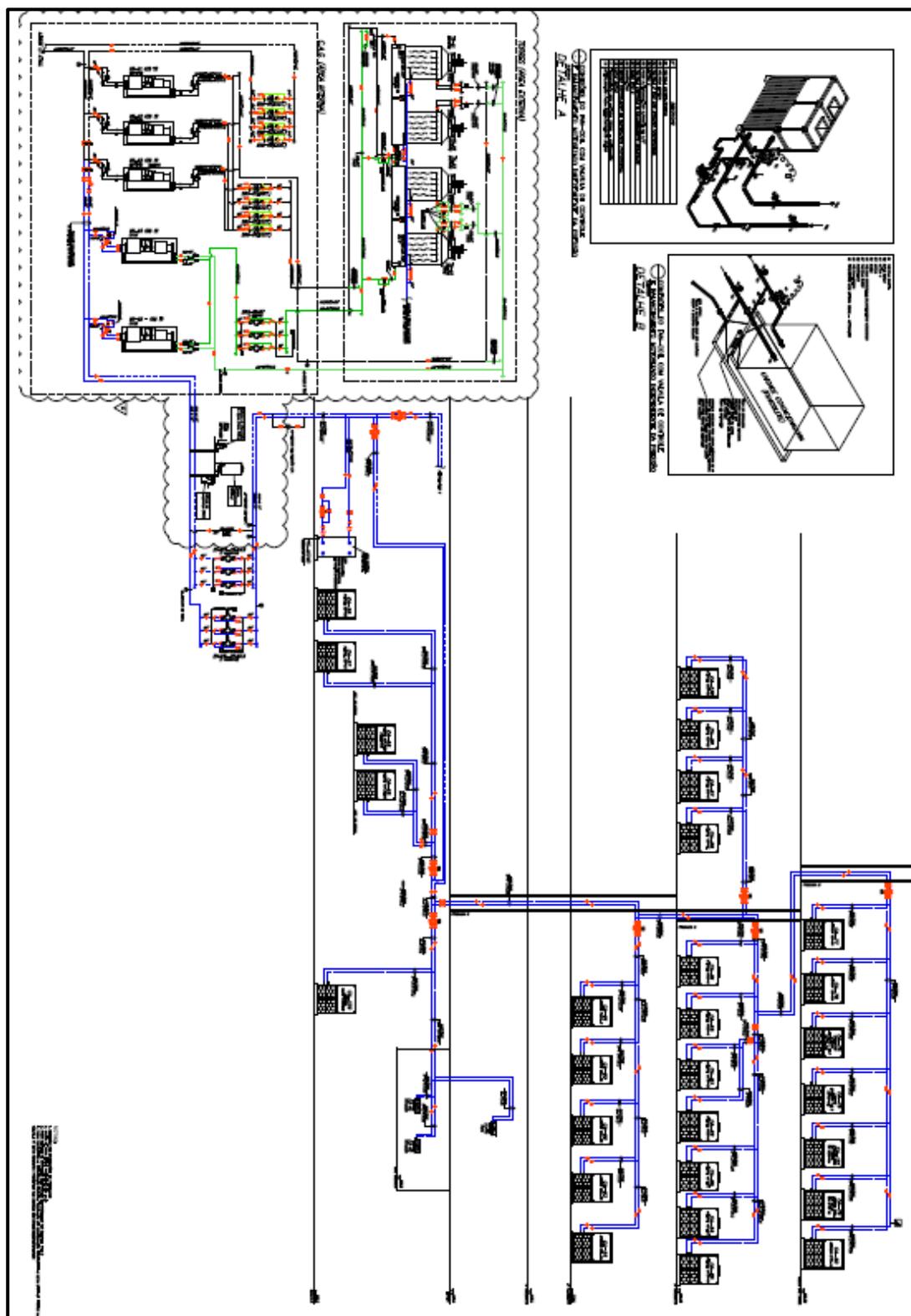
Figura 6.7 - Projeto executivo rede elétrica de distribuição da área 2, projeto de ampliação do LIT.



Projeto executivo da empresa MHA Engenharia

Fonte: INPE/LIT (2015).

Figura 6.8 - Projeto executivo climatização da área 2, projeto de ampliação do LIT.



Projeto executivo da empresa MHA Engenharia

Fonte: INPE/LIT (2015).

## **Orçamento Analítico Obra Civil (Fase II)**

Parte importante do projeto executivo, o orçamento analítico é a peça que traduz os custos de execução dos serviços projetados e serve de balizamento para a contratação dos serviços, estabelecendo o valor máximo aceitável para a contratação dos mesmos. Na Tabela 6.4 está apresentada figura com extrato contendo elementos representativos do orçamento de obras civis do projeto de expansão do LIT.



### Termo de Referência Contratação da Obra Civil (Fase III)

O Termo de Referência de contratação das obras civis foi elaborado, utilizando as informações do projeto executivo e estabeleceu exigências de qualificação técnica visando habilitar à participação do processo somente empresas de comprovada experiência e qualificação para a execução dos trabalhos. Na Figura 6.9 está um extrato do Termo de Referência relativo aos critérios de habilitação estabelecidos.

Figura 6.9 - Exigência de habilitação técnica para execução das obras civis do projeto de ampliação do LIT.

11.1.2. Comprovação pela empresa **CONCORRENTE**, através de CAT(s), em nome do próprio **CONCORRENTE** fornecido(s) e emitido(s) por pessoa jurídica de direito público ou privado, devidamente registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA, que comprove a execução de construção de edificação para laboratórios ou similar para o setor de tecnologia (setor aeroespacial, aeronáutico, farmacêutico, componentes ou equipamentos eletrônicos) de pelo menos 2.500 m<sup>2</sup> (dois mil e quinhentos) metros quadrados de área construída, em um único Termo Contratual;

11.1.3. Em função da especificidade do objeto deste Termo de Referência, será exigida das **CONCORRENTES** a comprovação de possuir equipe técnica com experiência anterior na execução de obras de laboratórios de pesquisa ou similar para o setor de tecnologia (setores nuclear, aeroespacial, farmacêutico ou equipamentos eletrônicos). Esta experiência deverá ser comprovada através de apresentações de CAT(s), expedida por pessoa jurídica de direito público ou privado, devidamente registrado no CREA, dos componentes da equipe das **CONCORRENTES** que participarão das obras nas seguintes atividades técnicas:

11.1.3.1. Execução de pelo menos 2.000m<sup>3</sup> (dois mil metros cúbicos) de estruturas em concreto moldadas em loco, em um único Termo Contratual, e;

11.1.3.2. Execução de pelo menos 1.000m<sup>2</sup> (mil metros quadrados) de cobertura metálica, em um único Termo Contratual.

Extrato do Termo de Referência de Contratação de Obra Civil do projeto de ampliação do LIT.

Fonte: INPE/LIT (2017).

#### **Execução de obras civis e serviços de instalação de utilidades (Fase IV)**

Os processos de execução de obras civis da ampliação do LIT se iniciaram à margem dos serviços de instalação de utilidades que, conforme previsto na abordagem deste trabalho, foram realizados separadamente para adequação da disponibilidade de recursos liberados e redução de custos pela contratação de empresas diferentes para as diferentes especialidades.

Conforme previsto na abordagem, o acompanhamento da execução foi feito cotidianamente pelos fiscais designados pela equipe de projeto e periodicamente em reuniões de coordenação envolvendo os grupos da equipe de projeto conforme a especialidade a ser discutida.

O acompanhamento da execução das atividades foi coordenado por um profissional com grande experiência em acompanhamento de obras de porte no INPE, auxiliado por um engenheiro civil e um engenheiro eletricista da equipe em tempo integral.

Na Figura 6.10 estão imagens da evolução das obras civis de construção da área de testes do projeto de ampliação do LIT. Apesar do grande vulto dos trabalhos a serem executados, a obra evoluiu dentro dos prazos e custos previstos.

A fundação da edificação necessitou da substituição do solo natural por solo-cimento e a fundação especialmente da área destinada a implantação do equipamento de testes de *payload* de satélites necessitou a construção de bloco sísmico isolado das demais estruturas da edificação para atender os requisitos de interferências de vibração máxima admissível para o equipamento.

O projeto de arquitetura seguiu os conceitos básicos da área existente, visando a implantação de um conjunto harmonioso com a arquitetura das áreas existentes ao qual a ampliação foi integrada.

Figura 6.10 - Evolução das obras civis da área 2 do projeto de ampliação do LIT.

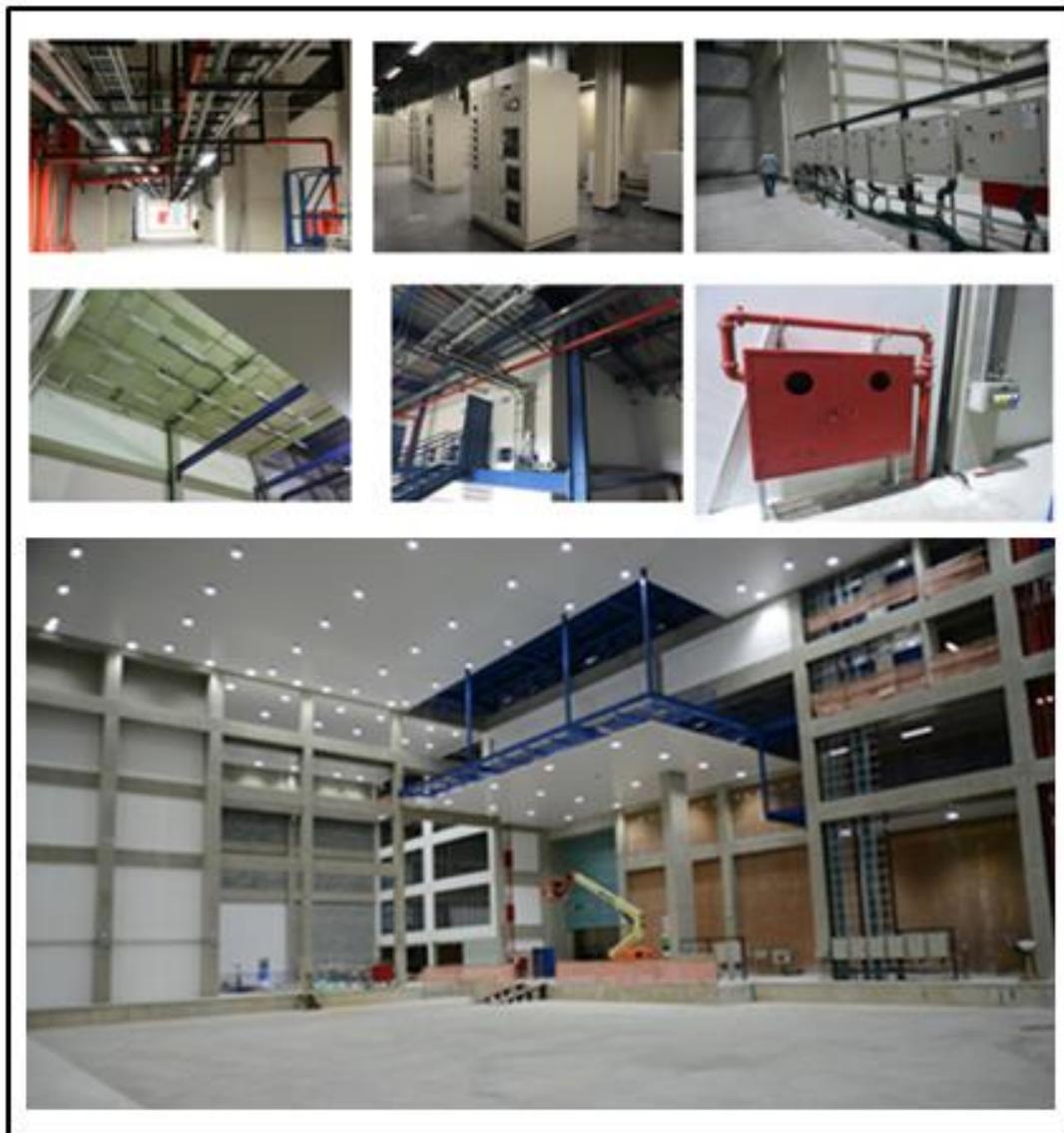


Registros fotográficos desenvolvimento da obra civil da ampliação do LIT.

Fonte: INPE/LIT (2018,2019).

Na Figura 6.11 estão algumas imagens de detalhes das instalações de utilidades executadas na área 2 da ampliação, instalações que seguiram os critérios de robustez e versatilidade utilizados na concepção das instalações das áreas existentes.

Figura 6.11 - Detalhes das instalações de utilidades do projeto de ampliação do LIT.



Registros fotográficos de instalações de utilidades da ampliação do LIT.

Fonte: INPE/LIT (2020).

## **7 DISCUSSÃO**

Neste Capítulo será realizada uma análise geral sobre os principais aspectos da abordagem de engenharia de sistemas proposta nesta dissertação.

A abordagem desenvolvida nesta dissertação tem como objetivo auxiliar as equipes e responsáveis por projetos de implantação de grandes infraestruturas do setor espacial, especialmente no ambiente de gestão do INPE.

A abordagem é uma referência inicial, abrangendo os aspectos mais relevantes da organização e atividades a serem desenvolvidas nestes processos, sendo necessário o desenvolvimento dos aspectos específicos de cada projeto, que pela sua multiplicidade e especificidade não foram explanados neste trabalho.

A não disponibilidade de uma abordagem estruturada de GISE para servir de guia aos responsáveis e equipes de projeto dificulta a evolução dos programas ou projetos de implantação, trazendo frequentemente atrasos e resultados de prazos, custos e performance abaixo dos aceitáveis estabelecidos.

### **7.1 Aplicabilidade da abordagem**

A aplicabilidade desta abordagem de engenharia de sistemas para implantação de GISE foi confirmada por meio de sua utilização no projeto de ampliação do Laboratório de Integração e Testes de satélites (LIT) do INPE, que está sendo coordenado por um grupo de projeto do qual o autor é participante. Conforme exemplos indicados no capítulo 6, a aplicação dos principais elementos relacionados à abordagem proposta nesta dissertação no projeto de ampliação do LIT trouxeram resultados bastante positivos e encorajadores para sua aplicação em projetos futuros.

## **7.2 Repetibilidade dos processos**

A formalização do ciclo de vida do projeto de implantação de GISE e a definição das fases, atividades e objetivos de cada fase permitem que os processos e procedimentos sejam realizados de forma semelhante, guardadas as adaptações necessárias por tipo de infraestrutura, possibilitando um roteiro lógico e organizado. Os processos técnicos de projeto e execução de atividades são solidamente conectados ao conceito de engenharia de sistemas de definição de requisitos e devem ser conduzidos sob esta ótica. Os processos de planejamento e controle das atividades devem ser conduzidos por profissionais com experiência nos processos administrativos, principalmente elaboração e gerenciamento de processos licitatórios de projetos e obras de grande porte.

Os processos de definição de requisitos do sistema, arquitetura do sistema e projeto detalhado devem ser realizados de forma iterativa e recursiva nas suas diversas fases, até o amadurecimento da solução e da execução dos critérios de sucesso estabelecidos.

Esta situação pode ser detectada recentemente (2018) em um projeto no INPE para desenvolvimento da implantação de um laboratório de aplicações de fusão nuclear com aplicações no setor espacial. A equipe de projeto envolvida na implantação deste laboratório era composta de poucos profissionais, na sua grande maioria pesquisadores que atuavam na atividade de fusão existente no INPE. O projeto de uma nova infraestrutura com ampliação da capacidade do laboratório e previsão de instalação de equipamentos de tecnologia mais atual motivaram o projeto desta nova infraestrutura.

A dificuldade em avançar no projeto do laboratório de fusão levou seu responsável de projeto a buscar o apoio da equipe de projeto do LIT que aplicou a mesma abordagem que foi utilizada no projeto de ampliação do LIT, origem da abordagem proposta nesta dissertação.

Da mesma forma que a abordagem estava produzindo resultados bastante satisfatórios no projeto de ampliação do LIT, sua aplicação ao projeto do laboratório de fusão resultou no atendimento dos prazos globais de elaboração

do projeto executivo, tendo seu resultado sido avaliado como extremamente satisfatório pelo responsável do projeto. A aplicação da abordagem foi feita até a fase de conclusão e aprovação do projeto executivo, estando sendo aguardados recursos para a execução das obras propriamente ditas.

### **7.3 Limitações identificadas**

Apesar de ser apresentada como uma abordagem aplicada continuamente, os projetos de grandes infraestruturas muitas vezes são implantados em longos períodos, não raramente incluindo interrupções e avanço por fases dependentes das disponibilidades de recursos.

Um fator limitante da aplicação da abordagem é a formação de equipe de projeto sem a inclusão de profissionais com os perfis recomendados e com solução de continuidade. A previsão de recursos para o custeio da equipe de projeto deve ser feita na fase de concepção e deve-se considerar os custos de consultorias nacionais e eventualmente internacionais, dependendo da complexidade dos equipamentos a serem instalados e da complexidade das operações a serem realizadas na infraestrutura.

Como o detalhamento do projeto é executado por equipe técnica de empresa vencedora de processo licitatório, a definição dos requisitos de projeto pela equipe de projeto é de extrema importância para identificar os requisitos mais importantes e coordenar o trabalho da equipe contratada.

### **7.4 Lições aprendidas com a aplicação desse processo no INPE**

O desenvolvimento deste trabalho concomitante com um período de implantação de projetos de grandes infraestruturas no INPE permitiu que fossem observados pelo autor alguns aspectos que, utilizados como “lições aprendidas”, podem ser de grande utilidade em projetos futuros:

- A composição da equipe de projeto, contendo profissionais especializados no processo da atividade-fim e especialistas em

engenharia de sistemas, é fundamental para a definição de conceitos e requisitos sólidos que nortearão o detalhamento do projeto e a escolha de soluções mais adequadas.

- Os processos licitatórios são processos que são submetidos a uma grande série de exigências, principalmente de aspectos legais, e a disponibilidade de profissional experiente e com grande conhecimento da legislação e suas regras de aplicação impactam diretamente no sucesso do processo, que se traduz pela contratação de empresas prestadoras de serviço idôneas e competentes. A disponibilidade dos requisitos elaborados pela equipe de projeto e a contratação de empresa competente são elementos indissociáveis para garantir o resultado satisfatório dos processos.
- O desenvolvimento do projeto exige uma grande carga de trabalho da equipe de projeto e seus eventuais consultores tanto na fase de preparação dos requisitos para o processo licitatório quanto durante a execução dos trabalhos pela contratada. É necessário prever e disponibilizar recursos para a manutenção da equipe e, sempre que possível, considerar recursos para a possibilidade de deslocamentos para visitas e contato com equipes, nacionais ou no exterior, que possuam experiência no tipo de infraestrutura a ser implantada.
- No processo de contratação de serviços de execução de obras civis e instalações de utilidades, como as atividades a serem executadas estão devidamente detalhadas no projeto executivo, o aspecto que mais impacta no resultado é a contratação de empresa qualificada e com estrutura operacional para execução dos serviços de grande porte previstos. O aspecto que mais contribui para o sucesso da contratação é a elaboração das exigências de qualificação técnica e operacional previstas no processo licitatório.
- Um fator que dificulta os processos de implantação de GISE é a condução do gerenciamento e realização das atividades ligadas aos processos administrativos ligados à contratação dos serviços a serem

realizadas por profissionais da instituição que estão envolvidos nas atividades de pesquisa e operação da infraestrutura, mas não possuem experiência em implantação de projetos de grandes infraestruturas.

- Estimativas de custo de projeto executivo, obras civis e instalações de utilidades muitas vezes não correspondem às realmente praticadas no mercado . Seus valores também dependem da demanda de trabalhos no mercado na época de sua contratação. O histórico de valores resultantes de implantações do segmento são elementos úteis para avaliação dos custos em novos projetos. Na Tabela 7.1 estão representados custos referentes às implantações da ampliação do LIT.

Tabela 7.1 - Referência de custos de projeto, execução de obra e civil e instalações de utilidades do projeto de ampliação do LIT no INPE.

	ANO DE REFERÊNCIA	M <sup>2</sup> DE PROJETO ESTIMADO	CUSTO ESTIMADO PROJETO R\$	R\$ / M <sup>2</sup> ESTIMADO	CUSTO CONTRATADO PROJETO R\$	R\$ / M <sup>2</sup> CONTRATADO
LIT	2015	10.000	3.800.000,00	380,00	2.964.000,00	296,40

	ANO DE REFERÊNCIA	M <sup>2</sup> DE ÁREA UTIL PROJETADA	ORÇAMENTO EXECUÇÃO OBRAS CIVIS R\$	R\$ / M <sup>2</sup> DE REFERÊNCIA
OBRA LIT	2015	16.500	80.000.000,00	4.800,00

	ANO DE REFERÊNCIA	M <sup>2</sup> DE ÁREA UTIL PROJETADA	ORÇAMENTO EXECUÇÃO OBRAS CIVIS R\$	R\$ / M <sup>2</sup> DE REFERÊNCIA
UTILIDADES LIT	2015	16.500	80.000.000,00	4.800,00

Fonte: Produção do Autor.

## 8 CONCLUSÃO

O objetivo geral desta dissertação de desenvolver uma abordagem utilizando os conceitos de Engenharia de Sistemas na implantação de projetos de grandes infraestruturas espaciais foi atendido com a proposição do *framework* com a definição do ciclo de vida da implantação e de suas atividades e processos a serem desenvolvidos.

Para atender o objetivo, foi apresentada no capítulo 3, uma revisão de literatura que apresentou os principais conceitos de engenharia de sistemas aplicáveis a projetos de infraestruturas adotados pela NASA e pela ESA, organizações internacionais com forte atuação no segmento espacial e suas aplicações e, portanto fonte de inspiração para atividades de mesmo gênero desenvolvidas no INPE. A revisão incluiu também aspectos de abordagem baseada em engenharia de sistemas preconizada pelo INCOSE, tanto para infraestruturas para o setor espacial como para grandes infraestruturas para aplicação em diversos setores públicos e privados.

No capítulo 4 foram descritas as exigências legais e o processo de realização de obras públicas preconizado pelos órgãos de controle e fiscalização, exigências estas a serem consideradas e plenamente atendidas pela abordagem de implantação de grandes infraestruturas proposta.

O desenvolvimento e detalhamento da abordagem de engenharia de sistemas para a implantação de grandes infraestruturas no setor espacial foi realizado no capítulo 5, com a criação do *framework* baseado na divisão do ciclo de vida das implantações em fases distintas e com processos a serem aplicados, produtos a serem elaborados e pontos de aprovação e decisão para mudança de fase.

No capítulo 6, foi descrito um estudo de caso com a aplicação da abordagem desenvolvida, comparando seu processo aos procedimentos utilizados na implantação do projeto de ampliação do LIT.

## 8.1 Resumo das contribuições

Ao longo deste trabalho podem ser identificadas as seguintes contribuições:

- a) Identificação das diferentes necessidades de implantações de edificações e infraestruturas para aplicações usuais em relação a projetos de grandes infraestruturas para sistemas complexos.
- b) Aplicação dos conceitos de engenharia de sistemas largamente utilizados em processos de desenvolvimento de produtos ao desenvolvimento de grandes infraestruturas do segmento espacial.
- c) Definição de um ciclo de vida dividido em fases específico para a implantação de projetos GISE, com as vantagens de utilização de princípios consagrados por instituições tradicionais do setor espacial e de aplicação da engenharia de sistemas.
- d) A disponibilização de documentos e processos desenvolvidos e aplicados em projetos de GISE em implantação recente pelo INPE como referência.

A decisão de desenvolver a abordagem integrada descrita neste trabalho foi motivada pela busca de soluções otimizadas para as necessidades de projetos reais do segmento espacial, tendo sido desenvolvida concomitantemente com a participação do autor em projetos de implantação de grandes infraestruturas, desenvolvidos no INPE, a partir de 2013, notadamente o projeto de ampliação do Laboratório de Integração e Testes (LIT). Os resultados positivos nestes projetos incentivaram a formalização da abordagem e dos procedimentos.

A abordagem desenvolvida neste trabalho serve de roteiro e base tanto para aplicações em futuras implantações de grandes infraestruturas do segmento espacial no INPE e outras organizações congêneres, como para a elaboração de novos trabalhos acadêmicos complementares que venham a desenvolver outros aspectos da abordagem de Engenharia de Sistemas na implantação de Grandes Infraestruturas do Setor Espacial.

A aplicação do conceito de engenharia de sistemas de divisão do ciclo de vida do projeto em fases, separadas por eventos de análise, aprovação e decisão

evolução nos projetos de implantação de GISE, permite a organização do projeto em partes que facilitam o gerenciamento das atividades a serem executadas. A definição de uma abordagem sistêmica possibilita a repetibilidade dos processos e a aplicabilidade em projetos similares.

## **8.2 Trabalhos futuros**

Neste trabalho, o ciclo de vida considerado foi apenas o da infraestrutura de base, podendo o mesmo ser ampliado para a inclusão dos processos de definição e implantação dos equipamentos operacionais que são instalados nestas infraestruturas. Diferente do desenvolvimento de produtos específicos que serão enviados ao espaço e das infraestruturas de solo, os equipamentos operacionais possuem características de definição, aquisição e instalação que merecem abordagem específica a ser desenvolvida. Esta abordagem complementar a abordagem desenvolvida neste trabalho.

O aprofundamento da pesquisa sobre a integração entre engenharia de sistemas e gerenciamento de projetos aplicados a projetos de grandes infraestruturas espaciais também se configura em oportunidade de desenvolvimento de trabalhos futuros.

Devido à abrangência e aplicabilidade do tema para solução de dificuldades constantemente encontradas em implantação de grandes infraestruturas, outras pesquisas podem aprofundar o tema e contribuir para complementar os procedimentos desenvolvidos na abordagem proposta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGENBROE, G. The role of simulation in performance based building: building performance simulation for design and operation. In: HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. (Ed.). **Building performance simulation for design and operation**. London, UK ; New York, USA: Spon Press, 2011. ISBN 978-0-415-47414-6.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 8.666**: Normas para licitações e contratos da administração pública. 22 de junho de 1993. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666cons.htm).

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). **Resolução 361/91**: dispõe sobre a conceituação de Projeto Básico em Consultoria de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, 10 de dezembro de 1991. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=409>.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). **Decisão Normativa 106/2015**: conceitua o termo “Projeto” e define suas tipificações, 17 de abril de 2015. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=56161>.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS document tree**. 1 May 2020. Disponível em: <https://ecss.nl/standards/ecss-document-tree-and-status/>.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS-E-ST-10C, Rev 1**: systems engineering general requirements. Noordwijk, The Netherlands, 2017.127 p.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS). **ECSS-E-ST-70C**: space engineering : ground systems and operations. Noordwijk, The Netherlands, 2008.128 p.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).  
**ECSS-M-ST-10C, Rev.1:** space project management : project planning and implementation. Noordwijk, The Netherlands, 2009. 50 p.

EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION (ECSS).  
**ECSS-S-ST-00-01C :** ECSS system : glossary of terms. Noordwijk, The Netherlands, 2012. 63 p.

EISNER, H. **Essentials of project and systems engineering management.** 3.ed. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2008. ISBN 978-0-470-12933-3.

EMES, M.R.; SMITH, A.; MARJANOVIC-HALBURD, L. Systems for construction: lessons for the construction industry from experiences in spacecraft systems engineering. **Intelligent Buildings International**, v. 4, p. 67-88, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/17508975.2012.680428>.

FLYVBJERG, B. Policy and planning for large – infrastructure projects: problems, causes, cures. **Environment and Planning and Design**, v.34, n.4, p.578-597, 2007. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/23541613>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/ensino-superior/redacao-cientifica/livros/gil-a.-c.-como-elaborar-projetos-de-pesquisa.-sao-paulo-atlas-2002./view>.

HULL, E.; JACKSON, K.; DICK, J. **Requirements engineering.** 3.ed. London, UK: Springer, 2010. 230 p. ISBN 978-1-849-96405-0.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Configuração do laboratório antes da ampliação.** São José dos Campos: INPE, 2013a.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Cronograma de implantação da ampliação do LIT.** São José dos Campos: INPE, 2013b.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Especificações funcionais do edifício** : projeto de ampliação do LIT. São José dos Campos: INPE, 2013c.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Layout da concepção inicial da ampliação do LIT**. São José dos Campos: INPE, 2014a.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Termo de referencia contratação de projeto executivo da ampliação do LIT**. São José dos Campos: INPE, 2014b.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Projeto executivo da ampliação do LIT**. São José dos Campos: INPE, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Termo de referencia contratação da obra civil da ampliação do LIT**. São José dos Campos: INPE, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Fotos da evolução da obra civil da ampliação do LIT**. São José dos Campos: INPE, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Fotos da evolução da obra civil da ampliação do LIT**. São José dos Campos: INPE, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (LIT). **Fotos de instalações de utilidades da ampliação do LIT**. São José dos Campos: INPE, 2020.

INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEM ENGINEERING (INCOSE). **INCOSE-TP-2003-002-03: systems engineering handbook** : a guide for system life cycle processes and activities. Seattle, USA: Cecília Haskins, 2006. 185 p.

INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEM ENGINEERING (INCOSE).

**INCOSE-TP-2010-007- 01**: guide for the application of systems engineering in large infrastructure projects. San Diego: INCOSE Infrastructure Working Group, 2012. 55 p.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. **Norma Técnica IE- nº 1/2011**: elaboração de orçamento de obras de construção civil. Disponível em:

<https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2013/06/13/norma-tecnica-ie-na-12011-elaboracao-de-orcamento-de-obras-de-construcao-civil/>.

KOSSIAKOFF, A.; SWEET, W. N.; SEYMOUR, S. J.; BIEMER, S. M. **Systems engineering principles and practice**. 2.ed. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 978-0-470-40548-2.

LOUREIRO, G. **A system engineering and concurrent engineering framework for the integrated development of complex products**. 1999. 530 p. Thesis (PhD in Systems Engineering) - Loughborough University, Loughborough, 1999.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA).

**NASA/SP-2016-6105 Rev 2**: systems engineering handbook. 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2060/20170001761>.

NOGUEIRA, C.L. Responsabilidades do empreiteiro e do projetista por danos decorrentes de erros de projetos de obras públicas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 13., 2010, Porto Alegre, Brasil.

**Anais...** Disponível em:

[http://www.ibraop.org.br/media/sinaop/13\\_sinaop/artigos/responsabilidade\\_emp\\_reiteiro\\_e\\_projetista\\_por\\_danos\\_decorrentes\\_de\\_erros\\_em\\_projetos%20de\\_o\\_bras\\_publicas.pdf](http://www.ibraop.org.br/media/sinaop/13_sinaop/artigos/responsabilidade_emp_reiteiro_e_projetista_por_danos_decorrentes_de_erros_em_projetos%20de_o_bras_publicas.pdf).

SHARON, A.; PERELMAN, V.; DORIL, D. A project-product lifecycle management approach for improved systems engineering practices. **INCOSE International Symposium**, v.18, n.1, p. 942-957, 2008.

SHARON, A.; DORIL, D.; DE WECK, O. Project management vs. systems engineering management: a practitioners' view on integrating the project and product domains. **Systems Engineering INCOSE Journal**, v.14, n.4, p. 427-440, 2011.

SILVA, E.L.; MENEZES, E. M.; **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4.ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Disponível em:  
[https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia\\_de\\_pesquisa\\_e\\_elaboracao\\_d\\_e\\_teses\\_e\\_dissertacoes\\_4ed.pdf](https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_d_e_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf).

SILVA, L.A. **Uma abordagem unificada para modelagem, simulação e gestão por processos e sua aplicação aos serviços de integração e testes de produtos complexos**. 2013. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

SILVA JUNIOR, A. C. **Desenvolvimento integrado de sistemas espaciais – design for AIT- projeto para montagem, integração e testes de satélites – D4AIT**. 2011. 455 p. Tese (Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Área de Produção) – Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 2011.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Obras públicas: recomendações básicas para a contratação e fiscalização de obras de edificações públicas**. 4.ed. Brasília, 2014. Disponível em:  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjfg6KqvVLpAhWLILkGHZPoAXwQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fportal.tcu.gov.br%2Fflumis%2Fportal%2Ffile%2FfileDownload.jsp%3FfileId%3D8A8182A15232A37901529D259F061157&usg=AOvVaw3ksu8l32hkLgilrGT0twwQ>.

VINTECINQUE, G. **Engenharia de sistemas aplicada ao desenvolvimento do equipamento de suporte em terra – GSE**. 2017. 400 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2017.

## **ANEXO A – EXPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS DO EDIFÍCIO**

Neste Anexo é apresentado extrato de documento de especificações funcionais do edifício elaborado para o projeto de Ampliação do LIT.

### **PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO LIT**

#### **ESPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS DO EDIFÍCIO**

**(Rev. 5)**

#### **▪ 1 - INTRODUÇÃO**

A ampliação do prédio do LIT para integração e testes de satélites e sub sistemas possui dificuldades específicas ligadas ao tipo de atividade realizada nestas instalações.

Este documento define preliminarmente as principais características que deverão ser consideradas para a construção da ampliação, complementadas pelas normas e recomendações brasileiras aplicáveis para construções industriais. Os dados relacionados neste documento são PRELIMINARES, devendo ser confirmados nas fases iniciais de execução do Projeto (Programa de Necessidades, Estudo Preliminar e Anteprojeto).

#### **▪ 1.1 Abreviações**

EGSE Equipamento Elétrico Suporte de Testes

MT Média Tensão

LIT Laboratório de Integração e de Teste

BT Baixa Tensão

MGSE Equipamento Mecânico Suporte de Testes

## ▪ 2 – APRESENTAÇÃO

### ▪ 2.1 Layout Geral

O projeto descrito nesta especificação geral visa atender as necessidades das instalações de ampliação do LIT com respeito a :

- Integração de Satélite(s) e atividades associadas ,
- Testes ambientais de satélites incluindo testes de vibração e medição de antenas,
- Laboratórios Auxiliares para as atividades acima,
- Relocação dos laboratórios de qualificação de componentes,
- Laboratórios auxiliares para integração e testes de sub-sistemas de satélites,

#### ▪ 2.1.1 Divisões do Edifício

A ampliação do LIT será através da construção de um edifício dividido nas seguintes seções:

- Um hall dedicado a abrigar as atividades de integração de satélites.
- Um hall dedicado a abrigar o sistema de testes de vibração .
- Um hall dedicado a abrigar a câmara de testes de antenas de grande porte .
- Diferentes areas e salas dedicadas a laboratórios e escritórios para equipe de apoio nos andares superiores, os quais serão utilizados para acomodar equipamentos de suporte e outras utilizações a serem definidas no detalhamento do projeto.
- Sub-solo para abrigar os equipamentos das utilidades.

#### ▪ 2.1.2 Requisitos Gerais

As áreas destinadas a integração e testes de satélites serão isoladas de influencias climáticas externas através de barreiras específicas quando limítrofes com a zona externa ou por escritórios e laboratórios quando tratar-se de faces internas .

As atividades de integração de satélites e testes de antenas (near field range) deverão ser mantidas o mais distante possível de possíveis fontes de interferência (radio-frequencia, energia acústica, vibrações, fontes de partículas e contaminações químicas).

O numero de andares de escritórios e laboratórios será limitado pela disponibilidade em função da área total e das áreas de integração e testes. Deverá ser previsto espaços para a movimentação de cargas (specimens e equipamentos) para acesso e movimentação interna no edifício.

#### ▪ *2.1.3 Layout Geral*

O layout geral será definido em conjunto com o escritório de engenharia e arquitetura durante a a fase inicial dos estudos para execução do projeto executivo, baseando-se nos requisitos preliminares informados pela equipe do LIT .

### ▪ **2.2 Halls de Integração e Testes**

Os halls de integração e testes serão amplos e com pés-direitos elevados em conformidade com as dimensões dos equipamentos e specimens a serem integrados e testados.

#### ▪ *2.2.1 Hall para testes de vibração*

O hall de testes de vibração deverá ser localizado próximo e interligado ao hall de integração. Será operado a maior parte do tempo em condições de sala limpa para teste de satélites, payloads, sub-conjuntos e partes dos satélites. Por razões de segurança, a área de testes de vibração será fechada através da utilização de painéis moveis( tipo portas).

O hall de testes de vibração pode ser usado em algumas situações com condicionamento de ar normal (sem classificação de limpeza) para testes de equipamentos não destinados a utilização espacial, devendo serem previstas as medidas necessárias para evitar a alteração das condições de limpeza de demais áreas classificadas.

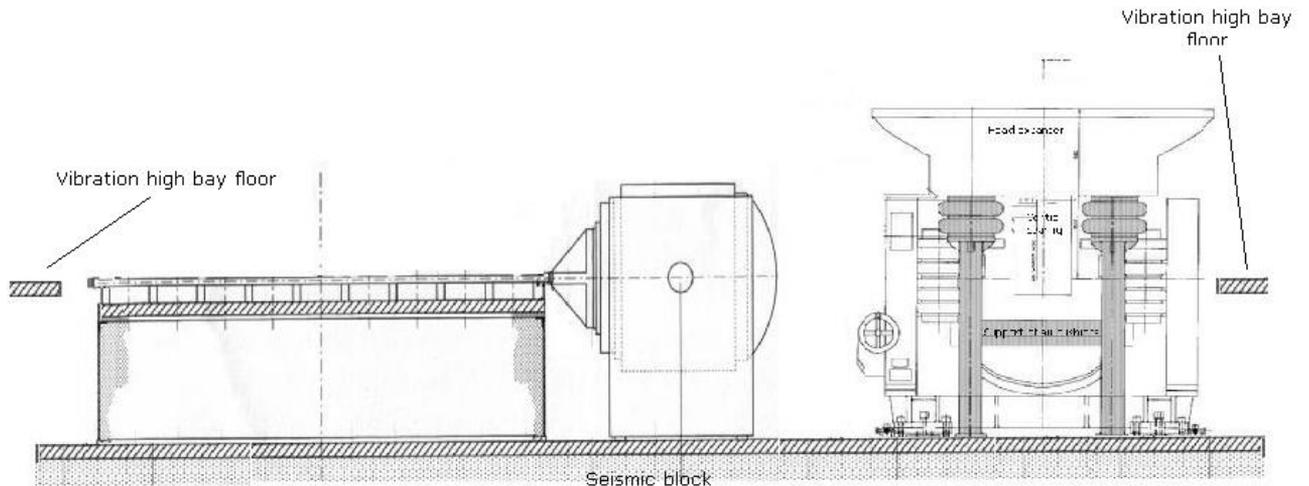
## Dimensões :

### - Área :

- . Conforme os “ Requisitos de Area “deverão ser previstas as areas necessárias, incluindo areas de circulação conforme indicados na tabela recapitulativa;

### - Altura:

- . A condição crítica para definição do pé-direito do hall de testes de vibração é a altura necessária para movimentação do specimen considerando as dimensões dos meios de suspensão e movimentação do specimen sobre o equipamento de testes de vibração ( shaker) equipado com seus acessórios de operação .
- . Para ensaio dos specimens previstos , deverá ser considerada uma altura mínima de 14,0 m (preliminar) do solo até o ponto de conexão na ponte rolante (gancho) . As dimensões limites finais serão definidas no inicio do projeto com a definição dos equipamentos de testes a serem implantados. Considerando a altura da ponte rolante de 2,0 m , o pé direito mínimo desta área deverá ser de 16,0 m. Esta altura poderá ser reduzida em função da possibilidade de instalação dos equipamentos abaixo do nível do piso da sala, a ser discutido após definição do fornecedor do equipamento e características do equipamento a ser instalado.
- . As definições de características e dimensões dos blocos sísmicos a serem construídos na base dos equipamentos e os níveis finais de posicionamentos dos equipamentos serão definidos no inicio do projeto com a definição do sistema de testes a ser implantado.



Exemplo de instalação do sistema de testes de vibração (equipamentos e bloco sísmico).

- Capacidade da Ponte Rolante:

- . A ponte rolante para movimentação dos specimens terão uma capacidade de carga de 10.000 kg (100 kN) .

- Particularidades:

- . Durante a realização dos testes de satélites completos, a simulação do combustível (propelente) é feita pela utilização de líquidos inflamáveis.
- . Devido às grandes quantidades de líquidos utilizados nestes ensaios, devem ser previstos meios de drenagem e coleta do líquido em caso de vazamentos.
- . Deverão ser previstos equipamentos adequados a ambientes com risco de explosão, bem como detectores de vapores e sistemas de bloqueio automático de energia elétrica,
- . Tanques de coleta com capacidade para recolher o combustível com 50% do volume reservado para água destinada a diluição do combustível.
- . Medidas de prevenção como isolamento da área de testes e outras aplicáveis aos riscos envolvidos.

- . O sistema de condicionamento de ar do hall deve permitir sobre pressão para assegurar a qualidade de limpeza da sala (classe 100.000) .
- . A iluminação deve assegurar o nível de iluminamento necessário para as atividades, devendo ser previsto back-up para a iluminação de pontos chave dos equipamentos.

#### ▪ 2.2.2 *Hall de Integração*

Este hall é destinado às seguintes operações: integração dos diferentes sub-sistemas ao satélite, instalação e conexão de fiações necessárias, verificação das funcionalidades e teste do satélite .

Neste hall também são integrados os sensores internos do satélite, envolvendo operações de desmontagem e remontagem da mesma natureza e utilizando o mesmo ferramental necessário para a montagem de sub-conjuntos.

Outras atividades como abertura do painel solar e testes funcionais , alinhamento de componentes, movimentação de antenas , montagem de tanques de combustível, montagem do sistema de propulsão (soldagem, limpeza da tubulação e pressurização do sistema) , fabricação de multilayers isolantes, fabricação de cablagem, detecção de vazamentos, verificação de sistemas óticos, desenvolvimento dos equipamentos para testes elétricos, etc devem ser considerados .

Area para estocagem de materiais também deverá ser considerada.

Dimensões :

- Área necessária : (ver Anexo A)
  - . A área necessária deverá contemplar as necessidades para integração e teste simultânea de dois satélites de grande porte.
- Altura : (ver Anexo A)
  - . Pé-direito : A altura do hall deverá considerar as dimensões do satélite, do container de transporte e as interfaces com as demais áreas.

- . Ponte Rolante : o dimensionamento da ponte rolante deverá levar em consideração o peso do satélite, seu dispositivo de transporte e o peso do container de transporte.
- Capacidades das pontes rolantes:
  - . 80 kN (a ser confirmado) no hall de integração;
  - . 100 kN na área de entrada de equipamentos e na área dos testes de vibração .
- Particularidades:
  - . A área prevista para o hall de integração deve permitir a abertura dos painéis solares;
  - . Ar Condicionado : o sistema de condicionamento de ar do hall deve permitir sobre pressão para assegurar a qualidade de limpeza da sala (classe 10.000) .
  - . Iluminação : deve assegurar o nível de iluminamento necessários para as atividades, devendo ser previsto dois circuitos separados e back-up para a iluminação de pontos chaves do hall.
  - . Aberturas ou portas tipo guilhotina devem ser previstas para permitir a integração dos painéis de comando e controle instalados em salas de controle anexas e o satélite em integração ou testes.
  - . Piso Condutor (anti-eletrostático): O piso deve receber um tratamento para permitir a eliminação de cargas eletrostáticas para terra. A capacidade e resistência do piso devem considerar as cargas que serão movimentadas e os esforços resultantes.

#### ▪ 2.2.3 Área para Sistema de Medições de Antenas

Esta área deve abrigar as seguintes operações:

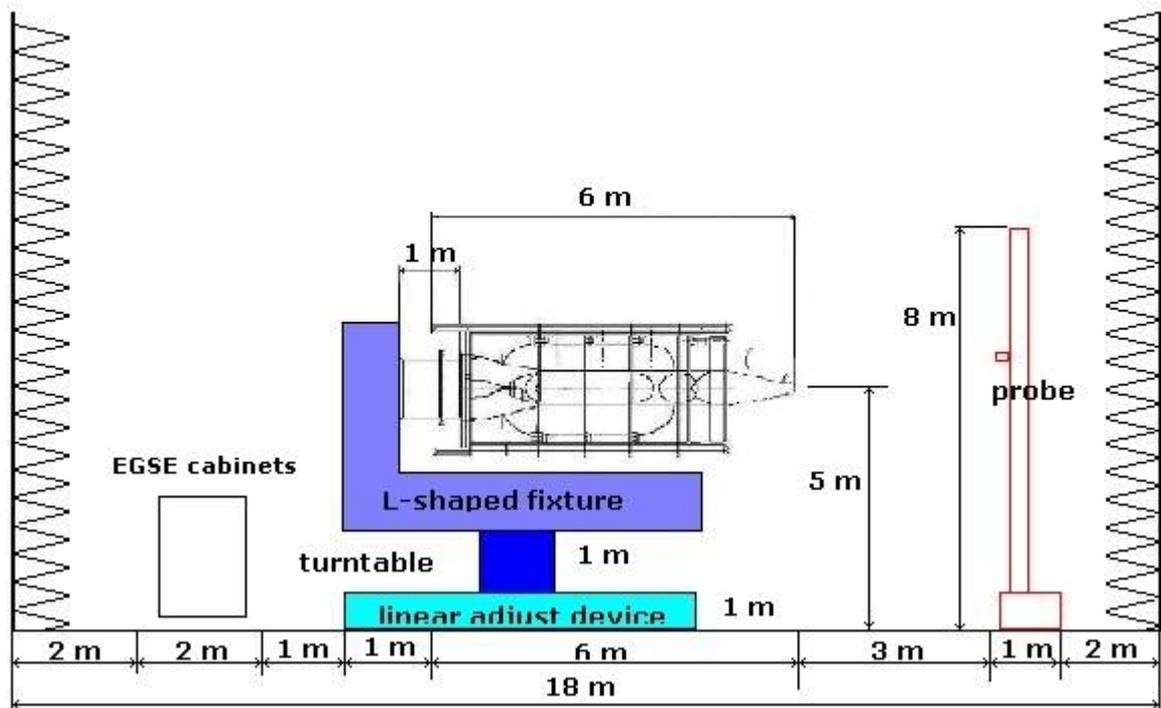
- Movimentação e alinhamento de antenas das diferentes partes do satélite,
- Medições de Radio Frequência das atividades das antenas ,

A área será dividida em 4 setores principais:

- Uma câmara anecoica com sistemas de medidas de antenas;
- Uma sala de controle;
- Uma área anexa para instalação dos painéis de testes elétricos ( EGSE );
- Uma área para estocagem de materiais de utilização do setor;

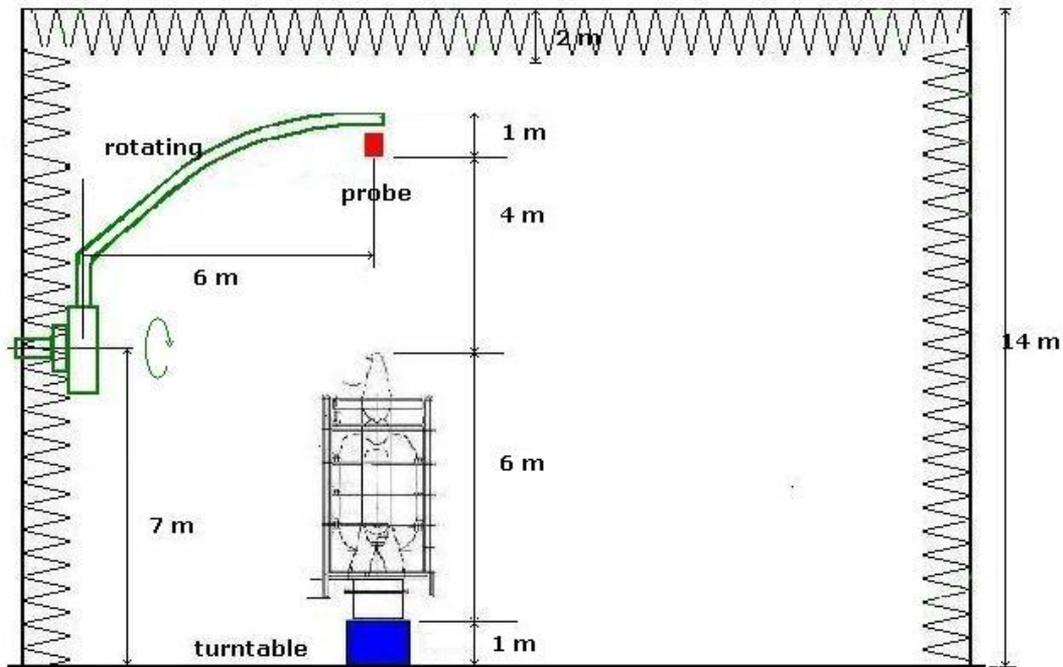
Dimensions:

- Area :
  - Câmara anecoica : 18m x 19m (342m<sup>2</sup>)
  - Sala de controle : 6 m x 5 m (30 m<sup>2</sup>)
  - EGSE area associada : 100 m<sup>2</sup>
  - Area de Estocagem : 50 m<sup>2</sup>



Configuração Orientativa

- Altura:
  - . Altura da camara anecoica : 14 m.



Spherical scanner configuration

O pé-direito do edifício em torno da câmara anecoica deverá considerar os equipamentos e utilidades que serão instalados sobre a câmara. Devem também ser considerados espaços para tubulações de ar condicionado, sistemas de iluminação e sistemas de combate a incêndio.

Exemplo de configuração de câmara anecoica:



- . Demais salas terão altura mínima de 3 metros .
- . O sistema de movimentação de cargas interno à câmara terá uma altura (livre) de 11.5 m.
- Dispositivo de movimentação de carga:
  - . 70 kN no interior da câmara.
- Particularidades:
  - As estruturas de suporte para os trilhos dos sistemas de movimentação serão instalados no interior da câmara.
  - Para evitar vibrações na câmara anecoica que pode ocasionar erros de medição , a câmara será instalada sobre um massa sísmica .
- Condicionamento de ar :
  - . o sistema de condicionamento de ar da câmara deve assegurar a qualidade de limpeza da câmara (classe 100.000) . Devido a presença de materiais de isolamento anecoicos dentro da câmara composto de carbono, deve-se atentar para evitar fluxos de ar que favoreçam a movimentação e extração dos mesmos.

- Iluminação : deve assegurar o nível de iluminamento necessários para as atividades, devendo ser previsto dois circuitos separados e back-up para a iluminação de pontos-chaves da câmara.
- Piso Condutor (ante eletrostático): O piso deve receber um tratamento para permitir a eliminação de cargas eletrostáticas para terra. A capacidade e resistência do piso devem considerar as cargas que serão movimentadas e os esforços resultantes.
- Porta principal da câmara : A locação e detalhes para instalação da porta principal serão definidas pelo fornecedor do equipamento no início do projeto, devendo estar detalhadas no projeto civil executivo.

#### ▪ 2.2.4 Zonas Auxiliares Anexas ao Hall de Integração

Conforme as possibilidades do layout , as seguintes zonas auxiliares posicionadas em conexão com o hall de integração, não necessitando porém possuir o mesmo pé-direito do hall:

##### ▪ 2.2.4.1 Armazenagem de MGSE e spare parts de satélites

##### ▪ Area classe 100.000

Esta área será utilizada para armazenar os equipamentos dispositivos mecânicos usados na integração de satélites quando os mesmos não estiverem em utilização . Os seguintes itens serão mantidos nesta área de armazenagem :

- \* Peças Mecânicas, parafusos e porcas , sub-conjuntos mecânicos ou conjuntos elétricos ou eletrônicos aguardando para serem integrados ao satélite.
- \* Ferramentas dedicadas a integração ,
- \* Materiais necessários à integração,
- \* Instrumentos de medição usados para a integração .
- \* MGSE
- \* Instrumentos de medição usados durante os testes.

## ▪ 2.3 Salas de Controle e Escritórios

As salas de controle e escritórios serão definidos no projeto de arquitetura durante a fase de definição do layout final.

Deverão ser considerados:

### ▪ 2.3.1 Salas de Controle

As salas de controle devem ser equipadas com piso falso incluindo sistemas de detecção de incêndio e circuitos de extinção, acabamento e pintura anti-poeira e grelhas para entrada de ar. O sistema de condicionamento da ar das salas deve compensar a potencia térmica dissipada pelos equipamentos e cabos que ficarão no interior das salas.

### ▪ 2.3.2 Laboratórios Auxiliares

A relação das potenciais áreas e o espaço necessário , classificação de limpeza do ambiente, e demais detalhes estão relacionados nas tabelas em anexo.

### ▪ 2.3.3 Escritórios

A maior parte da periferia do edifício estará disponível para instalação de escritórios, sanitários, salas de reunião, circuitos de visita, corredores, etc, devendo estas áreas serem posicionadas na fase de elaboração do layout preliminar pela empresa de arquitetura que será responsável pelo projeto.

É recomendado estudo detalhado para definição da largura e configuração dos corredores e áreas destinadas a movimentação de equipamentos e specimens (satélites). Deverão ser previstos elevadores para pessoal e carga servindo todos os andares, considerando a dimensão e peso dos equipamentos a serem posicionados nestes andares, inclusive prevendo acesso à cobertura de equipamentos.

## ▪ 2.4 Área de Utilidades

As áreas necessárias à instalação das utilidades serão definidas com a empresa projetista durante a fase de elaboração do layout definitivo .

A maioria dos motores, bombas, painéis elétricos, transformadores, equipamentos para o sistema de condicionamento de ar, geradores, etc. serão instalados nesta área.

### ▪ 2.4.1 Sub-solo

Os equipamentos do sistema de condicionamento de ar (chillers, fan-coils, filtros, etc) , os amplificadores dos sistemas de teste de vibração (shakers) , distribuição elétrica de média tensão e painéis gerais de baixa tensão, geradores, no-breaks, salas de baterias, etc serão preferencialmente instaladas no sub-solo .

Outros equipamentos que necessitam de ventilação ou sistemas de extração de ar (compressores de ar, geradores, salas de baterias, etc) devem ser posicionados preferencialmente em áreas periféricas para facilitar a ligação com a captação ou descarga de ar.

O pé-direito do sub-solo deverá levar em consideração as necessidades de movimentação, instalação e manutenção dos equipamentos.

### ▪ 2.4.2 Galpões (Shed)

Deverá ser estudada a necessidade de construção de áreas externas cobertas , principalmente destinadas a Descarga de materiais/equipamentos.

A área de descarga será utilizada para guardar containers descarregados e equipamentos de descarga e movimentação de cargas.

Os galpões deverão ser equipados com portas automáticas (spacecraft air-lock). As dimensões serão definidas em função das dimensões dos specimens a serem descarregados.

Os seguintes itens poderão ser estocados nesta area :

- Containers de Satélites e sub-sistemas,
- Containers Especiais para transferência do satélite à estação de lançamento,

- Adaptadores para teste dos satélites,
- Empilhadeiras,

### ▪ **3 – DESCRIÇÃO**

#### ▪ **3.1 Areas de Circulação e Movimentação de Cargas**

Durante a fase de definição do layout final , devem ser definidas as areas de circulação e movimentação de cargas, conforme os detalhes descritos abaixo.

##### ▪ *3.1.1 Pisos para Cargas Pesadas*

Necessário na área de recebimento e descarga de materiais e equipamentos e para movimentação interna de specimens e equipamentos de grande porte.

##### ▪ *3.1.2 Pisos para Cargas Leves*

Serão previstos onde houver somente a previsão de passagem de pessoas ou cargas leves.

#### ▪ **3.2 Principais Trabalhos Estruturais**

Blocos de concreto para suporte de estruturas e maquinas (motores, bombas,etc) serão necessários para a instalação dos mesmos nas áreas definidas pelo projeto.

Instalações especiais deverão ser executadas para as utilidades dos equipamentos de testes :

##### ▪ *3.2.1 Conexão entre hall de testes e Salas de Controle*

Todas as áreas de integração e testes e suas correspondentes salas de controle necessitam de caminhamento e passagem de cabos, tubulações, etc.

As características destas passagens de comunicação são definidas para cada atividade conforme indicado no anexo 7.

### ▪ 3.2.2 Sistema de Testes de Vibração (Shaker)

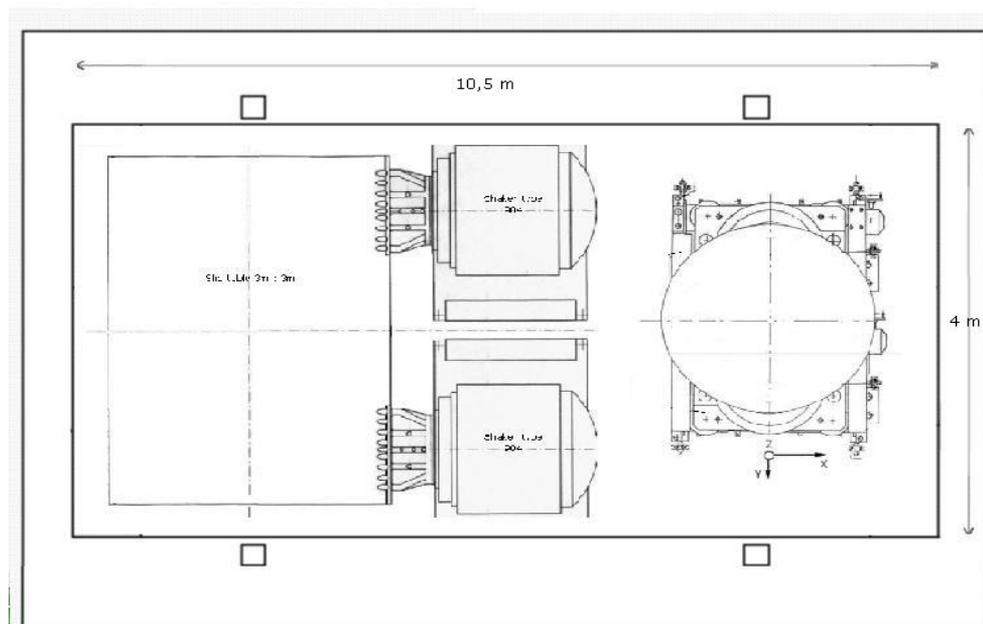
Os equipamentos para testes de vibração no hall de testes serão instalados sobre um bloco sísmico para isolar o equipamento das demais estruturas do edifício e evitar a propagação de vibrações.

Um bloco de concreto montado sobre molas, airbags ou sistemas similares de suspensão será construído sob os equipamentos (no sub-solo).

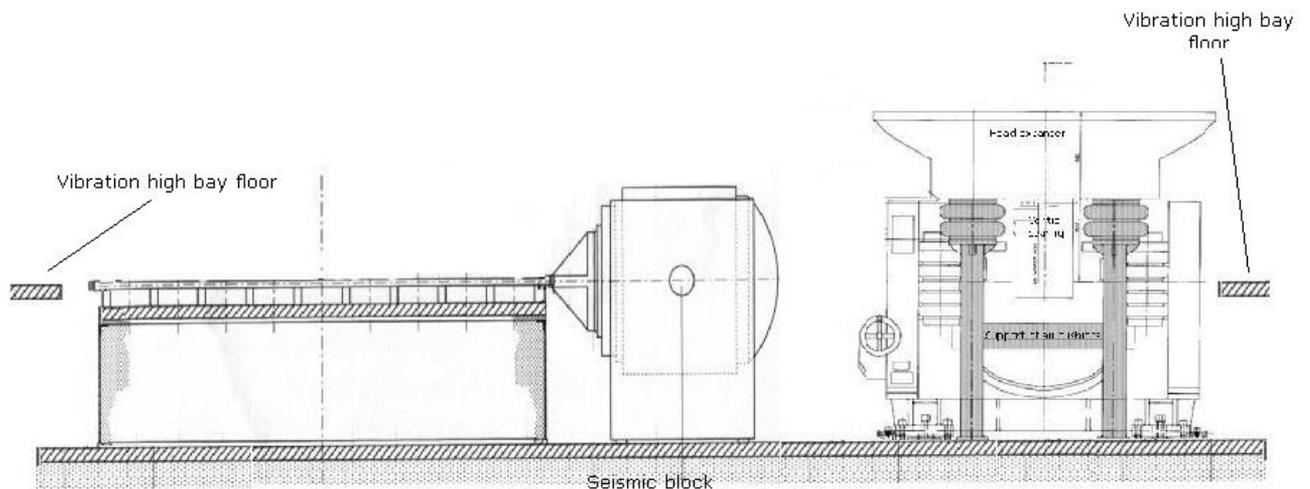
A principais características (preliminares) da área destinada aos equipamentos para testes de vibração são :

- Largura : 4 m
- Comprimento : 10,5 m
- Peso : > 320 tons
- Frequência de ressonância < 3 Hz

Deverá ser elaborado um estudo específico do bloco sísmico para definir as características dos meios de isolamento (molas ou airbags), a locação dos equipamentos, o detalhamento do bloco etc. Este estudo levará em consideração as necessidades para fixação dos equipamentos, os pontos para movimentação dos equipamentos para testes horizontais e verticais e requisitos para bases e instalação da mesa horizontal .



Configuração esquemática com 4 shakers sobre o bloco sísmico



Exemplo de bloco sísmico instalado abaixo do piso de trabalho do hall de testes

### ▪ 3.2.3 Sistema de Testes de Antenas e Sala de Controle

Para a área de testes de antenas, será construído um bloco sísmico isolando a câmara anecoica das demais partes da edificação.

Blocos de concreto, montado sobre molas ou sistemas similares de suspensão, apoiados em bases específicas serão construídos nesta área.

As principais características (preliminares) desta área serão:

- Largura : > 18 m
- Comprimento: > 19 m
- Frequência de ressonância < 2 Hz

Um estudo especial será dedicado ao estudo do bloco sísmico considerando as dimensões e peso da câmara anecoica e sua estrutura, os painéis anecoicos, os equipamentos internos da câmara, os meios de movimentação de cargas e dos specimens a serem testados.

### ▪ 3.3 Estruturas do Forro

Não deverão ser construídas estruturas aparentes na estrutura da laje de fechamento (forro) na parte interna do hall para evitar acúmulo de poeira e outros contaminantes.

### ▪ 3.4 Coberturas

O tipo de cobertura do edifício deve ser definido levando-se em consideração as condições climáticas da região, as normas aplicáveis e outras recomendações referentes ao tipo de utilização do edifício, definidas em conjunto com a equipe do LIT na fase inicial de projeto de arquitetura.

### ▪ 3.5 Estruturas de Fechamento (Paredes)

#### ▪ 3.5.1 *Fechamentos externos*

Estes fechamentos devem ser projetados considerando a eficiência dos mesmos com relação à isolamento térmico para evitar sobre-dimensionamento do sistema de condicionamento de ar. O projeto de janelas deve considerar modelos que evitem efeitos indesejáveis e interferência nas condições de controle de temperatura e limpeza dos halls de integração e testes.

Janelas posicionadas em fachadas sujeitas a exposição solar deverão ter meios de bloqueio da exposição direta de ambientes internos ao sol .

#### ▪ 3.5.2 *Fechamento de Áreas Controladas*

Para as áreas maiores e principalmente o hall de integração e testes deverão ser projetadas paredes ou fechamentos rígidos, não sujeitos a distorção em função de sobre-pressão interna, com superfícies incorporando o mínimo possível de emendas, principalmente no sentido horizontal. Janelas e portas devem ser vedantes. Estas áreas serão equipadas com forro interno que não necessita ser removível. As luminárias serão do tipo de suspensão ou embutidas no forro, devendo ser previsto o acesso para manutenção .

Janelas previstas para o hall de integração e testes:

- Entre o hall e as salas de controle,
- Entre o hall e os laboratórios auxiliares,
- Entre o hall e os corredores (verificados os requisitos de confidencialidade da área),
- Com o exterior : um mínimo de iluminação natural é desejável, devendo ser compatibilizada com as necessidades de confidencialidade da área.

Um cuidado especial deve ser dedicado ao revestimento dos halls de integração e testes, de forma a atender os critérios de limpeza da área e evitar ultrapassar o tempo de reverberação de 3 s.

#### ▪ 3.5.3 *Fechamentos das Salas (paredes)*

Paredes rígidas devem ser instaladas entre as áreas controladas e fechamentos removíveis para as outras áreas (escritórios, salas de controle, etc).

### ▪ 3.6 Pisos

#### ▪ 3.6.1 *Carga dos Pisos (Ver Anexo A)*

Os valores de carga previstos para as diversas áreas (preliminares) estão indicados no Anexo A. Os valores serão confirmados no início do projeto de arquitetura.

#### ▪ 3.6.2 *Acabamento do piso*

- Planicidade : variação  $\leq 2 \text{ mm} / 2\text{m}$  ,
- Inclinação : aprox.  $1 \text{ mm} / \text{m}$ ,
- Acabamento : liso.

Não deverá haver diferenças de acabamento que dificultem a movimentação dos equipamentos entre as diversas posições do hall de integração e testes. Todas as passagens devem ser niveladas para evitar o deslocamento de equipamentos ou espécimen. Especial atenção deve ser dada ao piso do hall de integração que não deve ter variações na planicidade maiores que  $0,5 \text{ mm} / 1 \text{ m}$ .

### ▪ 3.6.3 *Revestimento dos pisos*

Sub-solo e andares técnicos : revestimento anti-desgaste incorporado na argamassa .

O revestimento do hall de integração e testes deve possuir característica anti-poeira e piso anti-estatico. Estas características podem ser atingidas pelos seguintes meios:

Pisos cobertos por uma camada anti-estatica, anti-poeira e anti-choque :

- Sobre as 2 camadas iniciais de acabamento em epoxi:
  - Aplicação de uma camada condutora primaria,
  - Camada de resina incluindo resina propriamente dita, endurecedor, fibras de quartzo e de carbono especialmente graduadas .
- As características anti-estaticas serão :
  - Resistencia da Superfície (NFPA99/ASTM F150-89): 1-100 MΩ
  - Resistencia de Aterramento: (ANSI/ESD S 7.1): 1-100 MΩ
    - (DIN 519953): 1-100 MΩ
    - (VDE 0100): 0,05-10 MΩ
  - Dissipação de descargas eletrostaticas (MIL B 84705C, Std 101C method 4046): 0,1 sec.

**Nota:** *Não deverão ser utilizados acabamentos por pintura em função da necessidade de reparos periódicos deste tipo de acabamento .*

As salas de controle serão equipadas com piso falso, devendo o mesmo ser composto por material que não libera partículas abrasivas . O material do piso deve também possuir características que não favoreçam a acumulação de cargas eletrostáticas . O piso abaixo do piso falso deverá possuir acabamento que não favoreça a acumulação de poeira.

Os pisos dos laboratórios terão em principio as mesmas características das salas de controle, não sendo porem equipados com piso falso. Nestes casos, o acabamento

interno sera definido na fase de desenvolvimento do projeto de arquitetura (pisos, resina, paviflex,etc) . Deverão ser verificadas as necessidades de áreas com piso anti-estatico para cada aplicação.

### ▪ 3.7 Portas

Serão utilizadas preferencialmente portas standards de mercado, exceto para aplicações especiais quando especificado.

#### ▪ 3.7.1 *Portas dos Escritórios*

Portas standard , preferencialmente com 1,00 metro de largura e 2,10 m de altura (vão).

#### ▪ 3.7.2 *Portas das Salas de Controle e Laboratórios*

Opacas , altura mínima 2,25 m, largura 1,00 para uma folha. Dimensões especiais devem ser estudadas se a área for destinada a entrada de painéis elétricos ou outros dispositivos de testes de grandes dimensões.

#### ▪ 3.7.3 *Portas para acesso de Pessoal a Areas Limpas*

Mesma dimensão das portas das salas de controle mas portas do tipo vedante.

#### ▪ 3.7.4 *Portas para acesso a "Áreas Técnicas"*

Opacas , altura mínima 2,50 m , folha dupla com largura total mínima 1,80 m.

Exemplos: portas de acesso a área de utilidades no sub-solo, subestações elétricas, etc.

#### ▪ 3.7.6 *Portas Externas*

Opacas , altura mínima 4 m, largura aprox. 4 m: tipo painel deslizante.

### ▪ 3.7.7 Portas para Entrada de Equipamentos

Portas similares às existentes no prédio atual do LIT .

- Altura : 10m

Largura: 7m).

- Área de Descarga:

A porta externa para a área de descarga de materiais e equipamentos será motorizada com acionado manual reserve, operada por comando da parte interna ou externa do edifício, devendo possuir uma parte transparente na altura do operador e ser resistente a utilização ao tempo.

- Halls de Integração e Testes

Mesmas características das precedentes porém com características de vedação.

### ▪ 3.7.8 Portas do Sub-solo

Portas similares às existentes no prédio atual do LIT .

## ▪ 3.8 Estruturas Metálicas

Deverão ser previstas:

- Estruturas metálicas e alçapões para acesso e inspeção de áreas destinadas a caminhamento de cabos e tubulações entre os ambientes de teste e as salas de controle, com as características de vedação necessárias.
- Escadas de segurança para acesso a ponte rolante e dispositivos de movimentação de cargas com cabos salva-vidas.

## ▪ 3.9 Pisos Falsos

O piso falso será composta por uma estrutura metálica fixa, montada com ajustes de nivelamento e painéis removíveis sobre esta estrutura. A estrutura metálica deverá possuir conexões de aterramento .

Os painéis removíveis terão dimensão aproximada de 500 x 500 mm .

A carga admissível sobre o piso falso deverá ser compatível com os equipamentos a serem instalados no seu interior, devendo ser previstas bases especiais e caminhamento que possibilite a descarga e movimentação de equipamentos previstos para a sala quando os mesmos exigirem esforços maiores que os normalmente admissíveis para a estrutura do piso falso (ver Anexo A).

Aproximadamente 10 % dos painéis de piso deverão possuir sistema ajustável para passagem de ventilação .

### ▪ 3.10 Passagens

Além das aberturas para passagem de cabos elétricos de alimentação , tubulação de ar condicionado e tubulações de fluidos, serão necessárias algumas passagens técnicas entre diversas partes do edifício, conforme indicado no Anexo A .

### ▪ 3.11 Iluminação

Os níveis de iluminação previstos (1 m acima do piso) são:

#### ▪ 3.11.1 Iluminação Ambiente

MINIMA	RECOMENDADA
- 150 lux: . corredores, min . banheiros,	150/300 " "
- 200 lux: . sub-solo . areas de descarga.	200/300 "
- 300 lux: . escritórios.	300/500
- 300 lux (dois circuitos separados): . area de entrada de equipamentos, . salas de controle . laboratórios auxiliares . outras areas auxiliares.	300/500 " " " "
- 800 lux (dois circuitos separados): .halls de integração e testes	850/1000

O projeto de iluminação deverá estudar a instalação de sistemas de controle de intensidade (dimer) , sensores de presença e iluminação exterior visando uma aplicação sustentável da iluminação .

#### ▪ 3.11.2 *Iluminação de Emergência*

Deverá ser definida e projetada conforme a legislação específica para as áreas gerais. Deverá ser mantida iluminação de emergência especial para :

. hall de integração - 200 lux

. hall de testes - 200 lux

. salas de controle – 200 lux

Será definido na fase de desenvolvimento do projeto civil e de arquitetura qual será o sistema de iluminação de emergência (circuitos de emergência ou luminárias autônomas com bateria) .

#### ▪ 3.11.3 *Manutenção da Iluminação*

O projeto de iluminação deverá levar em consideração as necessidades de acesso às luminárias e dispositivos de iluminação pela equipe de manutenção, observando as restrições devidas a utilização de equipamentos em salas limpas .

### ▪ 3.12 **Pontes Rolantes**

#### ▪ 3.12.1 *Geral*

As pontes rolantes e outros sistemas de movimentação de cargas a serem instalados no interior das áreas de integração e testes deverão possuir as seguintes características :

Classificação conforme FEM 1.001 3rd edition volumes 1 to 8 e NFE 52112

#### Estrutura:

Classe U3

Load spectral classe Q3

Motor grupo A4

Incremental coefficient  $c=1.08$

Dynamic coefficient: 1.15

Max. deflection under nominal load and guide trolley : 1/1000 of the range

Max. work rate (c included)  $16 \text{ daN/mm}^2$

#### Mecanismo:

Classe T5

Spectral class L2

Mecanismo grupo M5

Incremental coefficient  $m=1.16$

Dynamic coefficient: 1.15

Coefficiente de segurança para cabos : mínimo 6 .

#### Características:

Equipamento previsto para utilização em sala limpa classe 100.000

Probabilidade de queda de carga :  $\leq 10^{-5}$  / operação

Disponibilidade  $\geq 0,95$

MTTR  $\leq 6$  horas

Aceleração : menor que  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

#### Deslocamento:

O deslocamento da ponte deverá ser sobre 4 rodas duplas , 2 das quais serão motorizadas .

#### ▪ 3.12.2 *Área de Testes de Vibração*

Capacidade da ponte rolante : 100 kN, altura do gancho : 12,3 m mínimo

#### ▪ 3.12.3 *Área de Medições de Antenas*

- Altura do gancho: 11,5 m
- Capacidade: 70 kN mínimo

▪ **3.12.4 Entrada de Equipamentos**

Ponte rolante com capacidade de 100 kN, altura mínima do gancho 11,5 m.

▪ **3.12.5 Hall de Integração**

- Altura do gancho : 11.5 m, mínimo
- Capacidade: 80 kN. mínimo

▪ **3.13 Elevadores**

UTILIZAÇÃO	Nº	LOCALIZAÇÃO	CABINE Dimens.: L x C x A	CARGA NOMINAL	PORTA L x A	ANDARES SERVIDOS	Obs.
MULTI USO	1	Entre diferentes andares onde estarão localizados os laboratórios	L 3 m x C 3 m x A 3 m	3000 kg	L 2,5 m x A 2,5 m	A definir	
PESSOAL	1	Entrada Principal de Pessoal	A definir	A definir	A definir	A definir	

▪ **3.14 Ar Condicionado**

▪ **3.14.1 Base de Cálculos**

- Condições climáticas externas :
- . A projetista deverá verificar as condições climáticas críticas do local de implantação do sistema.
- Condicionamento dos Ambientes:

AREAS	PERFORMANCE REQUERIDA	DISSIPACÃO CALOR DOS EQUIPAMENTOS	OCUPAÇÃO
Classe 100.000 Areas limpas : - Hall testes - Hall de Integração, incluindo :  - Peças de Satelites -Fab. M.L.I., cablagem	22 ° C ± 2° C (variação < 5 ° C/h) U.R : 50 % ± 10 % Taxa circulação : 8 volumes/hora minimo Sobre-Pressão > 3 mm (coluna agua)	20 kW 25 kW  N/A 5 kW	
Class 100.000 - Camara Anecoica Antenas	22 ° C ± 2° C (variação < 5 ° C/h) U.R : 50 % ± 10 % Taxa circulação : 3 volumes/hora minimo Sobre-Pressão > 3 mm (water column)	25 kW	5 pessoas
Area de entrada de materiais : Classe 100.000 quando portas fechadas	22° C ± 3° C U.R. < 60 % Taxa recirculação: 8 vol/h. minimo Sobre-pressão > 2.5 mm	10 kW	15 pessoas
Outros laboratórios · Sala de controle teste satelites · Salas de instrumentação · Sala controle testes vibração · salas de EGSE	22 ° C ± 3 ° C U.R. 50 % ± 10 %	25 kW	20 pessoas
Sala de nobreak	t < 30 ° C	___ kW (TBC)	-
Sala de baterias Baterias abertas	V (m3/h) ≥ 0.05 NI N: numero de elementos I: Corrente max. De carga (A)	N/A	-
Baterias seladas	20 ° C < t < 25° C	N/A	-
Equipamentos auxiliaries dos Shakers	t < 30 ° C	50 kW (T.B.C.)	
Shed	t < 30 ° C	___ kW (T.B.C.)	
Escritorios ,salas de reuniões	21 ° C ± 2 ° C (a ser confirmado)		

Deverão ser respeitadas as exigências de renovação de ar (ar fresco) em conformidade com as normas específicas e garantia de classificação de limpeza das salas.

- *3.14.2 Elementos a serem considerados no cálculo da potencia de refrigeração*
- Perda devido a influencias externa,
- Calor dissipado por equipamentos, cabos e iluminação,
- Calor devido a presença de pessoas no ambiente.

▪ 3.14.3 *Filtros*

- Premiere fase:

Ar externo deverá filtrado por meio de filtros , AFI/ASHRAE com taxa de eficiência mínima de 85 %.

- Segunda fase:

Ar externo filtrado na primeira fase sera por filtros com as seguintes características:

<b>DIAMETRO DA PARTICULA (mm)</b>	.3	.5	1	3	5
<b>EFICIENCIA (%)</b>	90	97	99	99.5	100

- Terceira Fase:

Para as áreas classificadas, o ar recirculado será filtrado por bateria de filtro de alta eficiência (tipo HEPA) com as seguintes características :

<b>DIAMETRO DA PARTICULA(mm)</b>	.3	.5	1	3	5
<b>EFICIENCIA(%)</b>	99.99	100	100	100	100

▪ 3.14.4 *Insuflamento de ar*

Nas areas classificadas 100.000 , o ar deverá ser insuflado na parte superior da sala e aspirado em retornos nas partes inferiores (tipo fluxo turbulento).

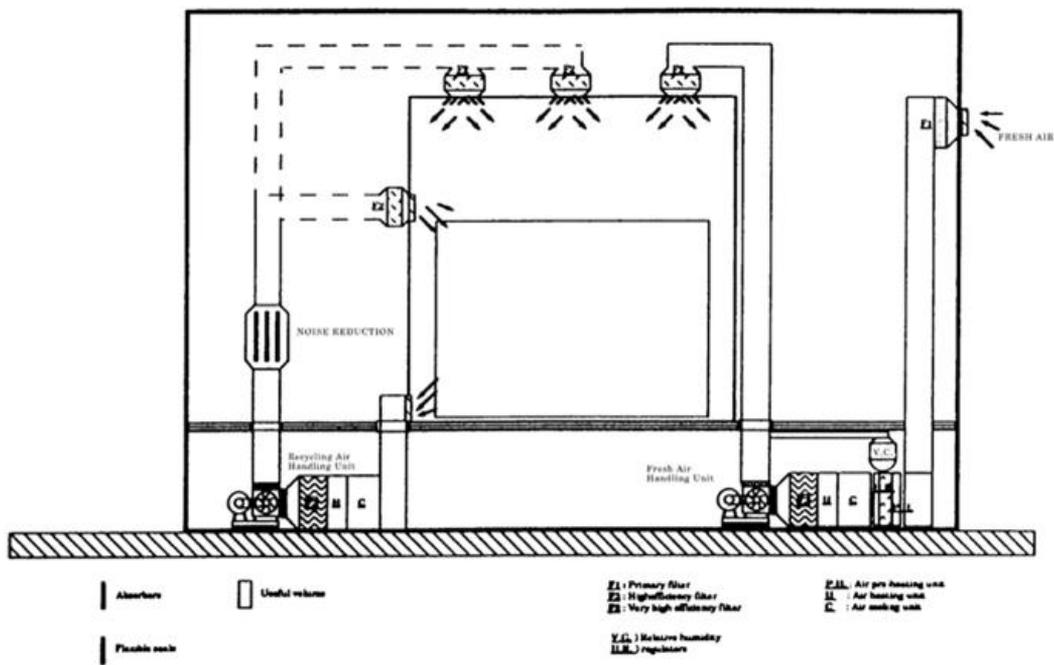


Figure 2: Princípio de Condicionamento de ar (10.000 & 100.000 U.S. Class: Turbulent Airflow)

### ▪ 3.15 BAIXA TENSÃO

#### ▪ 3.15.1 Telefone

Ver tabela no anexo 5

#### ▪ 3.15.2 Interfone

Ver tabela no anexo 5

#### ▪ 3.15.3 Sistemas de Aterramento

Serão distribuídos da seguinte forma:

- Central coletora de aterramentos (no nível das fundações): Placa de cobre montada sobre isoladores dimensões 500 mm x 50 mm x 5 mm mínimo.
- Terminações próximas aos circuitos de utilização : Placa de cobre medindo aprox. 200 mm x 50 mm x 5 mm, montada em isoladores,

- Linhas Primárias: Cabo de cobre isolado, 95 mm<sup>2</sup> mínimo,
- Linhas Secundárias : Cabo de cobre isolado, 75 mm<sup>2</sup> mínimo,
- Linhas Terminais : Cabo de cobre isolado, 50 mm<sup>2</sup> mínimo,
- Áreas onde devem ser feitas medições do aterramento (mínimo):
  - . Área de testes de vibração,
  - . Sala de controle / sala de coleta de dados do sistema de testes de vibração ,
  - . Câmara Anecoica de medições de Antenas ,
  - . Sala de controle do sistema de medições de antenas,
  - . Salas de controle geral / salas de EGSE,
  - . Área de alinhamento , área de abertura de antenas, laboratórios de fabricação laboratório de sistema de propulsão, laboratório de painéis solares ,
  - . Laboratório de Ótica ,
  - . Hall de integração.

Uma malha de terra dedicada deverá ser instalada para a Câmara Anecoica seguindo as orientações do fabricante do sistema. A Resistencia final (DC) deverá ser  $< 1\Omega$ .

#### ▪ 3.15.4 Central de Alarmes

Um sinalizador e registrador de alarmes deverá ser instalado para a área de testes. Este dispositivo será interligado com o sistema central de alarmes da edificação do LIT.

Localização : Sala de Segurança.

As seguintes condições de defeito devem ser monitoradas :

- Operação do Sistema de Ar condicionado das áreas operacionais :
  - . Hall de Integração e Hall de testes,
  - . Laboratórios limpos (classificados) ,
  - . Salas de controle ,
- Limites de Temperatura e Umidade Relativa .

- Classificação de limpeza das salas controladas .
- Sobre pressão das áreas controladas,
- Falhas no sistema de ar comprimido.
- Falhas no sistema de água industrial.
- Detecção de incêndios.
- Controle de acesso e intrusões.
- Falhas de alimentação elétrica.

### ▪ **3.16 Alimentação Elétrica Media Tensão**

As necessidades de ampliação da rede de distribuição de M.T. serão analisadas detalhadamente na fase de desenvolvimento do projeto executivo civil e de arquitetura.

#### ▪ *3.16.1 Definições*

O sistema de distribuição de M.T. sera definido utilizando como referência o sistema de distribuição do LIT, sendo que as potencias e quantidade de circuitos serão definidos na fase de execução do projeto executivo de civil e arquitetura.

#### ▪ *3.16.2 Subestação de M.T.*

As especificações da nova Subestação de distribuição para alimentação da área ampliada será baseada nas necessidades resumidas no anexo 2 .

#### ▪ *3.16.3 Distribuição B.T.*

As especificações dos painéis de distribuição B.T. h para alimentação da área ampliada será baseada nas necessidades resumidas no anexo 2 .

Os painéis serão equipados com disjuntores preferencialmente extraíveis, com barras simples ou duplas dependendo dos estudos de aplicação .

#### ▪ 3.16.4 *Redes de Distribuição*

A distribuição de energia até o ponto de utilização será feito através de circuitos dimensionados pela necessidade da carga e a configuração de tensão e necessidade de neutro requerida.

Para cada redução de seção dos cabos, o circuito deverá ser protegido por dispositivo compatível com a nova capacidade de condução do circuito e respectiva capacidade de interrupção do nível de curto-circuito do trecho.

Havendo diferentes proteções sequenciais nos circuitos, as mesmas devem ajustadas de forma a permitirem um desligamento seletivo das partes do circuito, isolando somente a parte defeituosa.

Os circuitos deverão ser dimensionados considerando :

- sobrecarga admissível ,
- máxima queda de tensão permitida,
- nível de curto-circuito.

Para a alimentação dos sistemas de medição de antenas, cada circuito será interligado a transformadores de supressão de interferência fornecidos pelo fabricante do sistema de medição de antenas.

A iluminação interna da camara anecoica sera feita exclusivamente por meio de lâmpadas incandescentes.

Uninterrupted power supply distribution:

As especificidades necessárias à definição das alimentações elétricas dos sistemas de testes e medições serão definidos no inicio do projeto executivo.

#### ▪ 3.17 **Nobreak**

De acordo com a tabela de "Requisitos de Consumo Elétrico" (ver tabelas de resumo no anexo 2) a estimativa preliminar de potencia alimentada por sistema nobreak será de 200 kVA (a ser confirmado).

### ▪ 3.18 Grupo Gerador

Deverá ser prevista a instalação de sistema gerador, sendo que os detalhes e potencia do grupo serão definidos na fase de elaboração do projeto executivo civil e de arquitetura.

O sistema deverá ser baseado no sistema existente nas instalações atuais do LIT, sendo a potencia estimada do grupo de 3 X 150 kVA (a ser confirmado) .

### ▪ 3.19 Fluidos

#### ▪ 3.19.1 Circuitos de Alimentação e Recuperação de Agua

Deverão ser dimensionados os circuitos de utilização e recuperação de agua para uso geral (sanitário, cantina, bebedouros, etc) em conformidade com as normas aplicáveis e especial atenção com referência ao uso sustentável.

#### ▪ 3.19.2 Agua Industrial

O circuito de distribuição de agua industrial deve contemplar as necessidades dos sub-sistemas e consumos necessários ao processo . Requisitos preliminares estão indicados na tabela 3 anexa .

As tubulações deverão ser de material não sujeito a corrosão e isolados onde necessário.

Cada ponto de utilização deve ser equipado com:

- Válvula de manobra,
- Filtro,
- Válvula com solenoide caso necessário a automação do consumo,
- Limitadores de pressão onde aplicável ,

Os circuitos de retorno devem possuir valvulas de manobra .

O sistema de alimentação de agua industrial não operará continuamente, devendo ser previstos meios de detecção de não utilização e interrupção quando não houver demanda dos sistemas consumidores.

### ▪ 3.19.3 *Água Gelada*

Os circuitos de distribuição de água gelada de alimentação do sistema de ar condicionado deve ser dimensionado e projetado de forma a permitir o uso sustentável de energia , compatível com as necessidades .

As tubulações deverão de material resistente a corrosão e sistema de válvulas em bronze. O circuito deverá ser convenientemente isolado para minimizar as perdas térmicas. As isolações deverão evitar a condensação de agua, sendo que onde não for possível deverão ser previstos sistemas de coleta e destinação dos condensados.

### ▪ 3.19.4 *Ar Comprimido*

Para dimensionamento do circuito de ar comprimido , ver tabela "Requisitos de Outros Fluidos" no anexo 4.

Deverão ser previstas duas linhas de distribuição :

- "Alimentação de equipamentos (ex. shaker) .
- "Rede para uso geral com pontos de engate rápido.

A rede de ar para uso geral poderá ser isolada para desconexão quando a subestação estiver operando em modo emergência/back up.

Todas as maquinas deverão ser conectadas através de válvulas para interrupção de alimentação quando necessário.

Os circuitos de ar deverão ser equipados com dispositivos para garantir ar limpo e seco.

No caso de utilização de dispositivos de movimentação com colchões de ar, o circuito deverá ser dimensionado para a vazão necessária ao correto funcionamento dos dispositivos de flutuação .

### ▪ 3.20 **Sistema de Detecção e Combate a Incendio**

Detectores de incêndio serão posicionados nas instalações seguindo o seguinte critério:

▪ *3.20.1 Áreas de Alto Risco*

- Riscos de origem elétrica :
  - . Subestação Elétrica de Média Tensão
  - . Subestação Elétrica de Baixa Tensão
  - . Sistemas Elétricos Nobreak
  - . Air-conditioning stations,
  - . Sistema de condicionamento de ar,
  - . Equipamento shaker .
  - . Câmara de medição de antenas,

▪ *3.20.2 Áreas Contendo Equipamentos de Alto Custo*

- Todas as áreas destinadas aos equipamentos de processamento de dados (equipadas com piso falso),
- Todas as áreas onde os satélites serão posicionados : hall de integração e de testes.

Esta lista não é limitante, podendo ser estendido para todas as áreas (de laboratórios auxiliares particularmente) . Todos os detectores de alarme devem ser conectados com a central de alarmes localizada na sala de segurança do prédio existente do LIT.

Deverão ser consultadas as empresas de seguro de instalações e edificação, bem como seguradoras dos satélites que serão integrados e testados no laboratório do LIT para compatibilizar as instalações com os requisitos das mesmas .

O estudo e projeto dever levar em conta os riscos de alarmes falsos e reais , principalmente com relação à utilização de sprinklers.

▪ *3.20.3 Rede de combate a Incêndios*

Equipamentos convencionais de combate a incêndios (mangueiras, sistemas de sprinkler, extintores portáteis ) deverão ser instalados na área da ampliação .

Deverão ser realizados estudos para utilização de meios especiais de extinção (CO<sub>2</sub>, etc) em áreas de difícil acesso e outras áreas onde os meios convencionais de combate a incêndio não forem efetivos. . Simultaneamente com a ativação dos sistemas automáticos de combate a incêndio, indicações visuais e sonoras devem ser acionadas para orientar a evacuação imediata das áreas.

### ▪ **3.21 Segurança**

#### ▪ 3.21.1 *Elétrica*

Todas as áreas contendo equipamentos elétricos serão equipadas com botões de desligamento de emergência para desenergizar os circuitos de alimentação elétrica em caso de riscos de choques elétricos ou incêndio de origem elétrica .

#### ▪ 3.21.2 *Acesso*

O acesso ao edifício da ampliação e às demais áreas controladas do mesmo será através de um sistema automático de controle e liberação de acesso com as mesmas características do sistema existente no prédio atual do LIT.

Cada ponto controlado de acesso deverá ser equipado com fechaduras elétricas e leitor de crachá eletrônico .

Deverão ser previstas saídas de emergência desbloqueadas, equipadas com sensores de alarme de abertura das mesmas.

#### ▪ 3.21.3 *Intrusão*

Pontos de acesso não controlado ( portas de entrada de equipamentos e das áreas de utilidades) serão equipadas com sensores de abertura conectados ao sistema central de segurança. Detectores de abertura ou quebra de janelas também serão conectados ao sistema central.

- 3.21.4 *Sistema de Monitoramento de Vídeo*

Uma rede completa de vídeo será definida nas fases de estudos do edifício. O monitoramento será centralizado na sala de controle existente no edifício atual do LIT.

## **ANEXO 1**

### **ESPECIFICAÇÃO ESTRUTURAL E DISSIPACÃO DE CALOR**

### Especificação Estrutural e Dissipação de Calor

N°	AREA Descrição	N°	EQUIPAMENTO Descrição	Superf. Área (m2)	Dimensões approx.			Altura Gancho (m)	Capac. Carga kg/m2	Capac. gancho (kN)	Liber. calor (KW)	Comentários
					Compri m. (m)	Largura (m)	Altura Teto (m)					
1	Hall de integração	INT1	Satelite+ carro de integração+EGSE	100	12	8	13	11,5	2500	80	25	
		INT2		100	12	8	13	11,5	2500	80	25	
2	Área para equipamentos de teste (EGSE)	EGSE 1	EGSE	100	?	8	2,8	-	1500	-	25	
		EGSE 2		100	?	8	2,8	-	1500	-	25	
3	Área para fabricação e montagem EGSE	EGSE 3	EGSE	80	4 mini	3 mini	3 mini	-	1500	-	10	
4	Montagem e fabricação espacial (Harness, MLI)	FAB		72	12	6	7	6	1500	20	5	
5	Painéis solares	PS1	Flasher test	160	20	8	6	-	2500	-	5	
		PS2	Abertura	160	20	8	13	11,5	2500	80	0,1	
6	Propulsão	PM	Soldagem	72	12	6	7	6	2500	30	1	
		PLT_1	Controle limpeza	24	6	4	3	-	1500	-	1	
		PLT_2	Limpeza	40	10	4	3	-	1500	-	20	
7	Alinhamento	ALI	Teodolitos	300	20	15	10	-	2500	-	1	
8	Antenas	ANT		144	12	12	13	11,5	2500	80	1	
9	Medidas físicas	MM	Meios de medidas	252	18	14	15	13	2500	120/40	1	
10	Ótica	OTI		50	10	5	3 mini	-	1500	-	5	
11	Sala de pintura	PINT	Cabine	150	15 mini	7 mini	4 mini	-	1500	-	1	
12	Sas de entrada de equipamentos	SAS1		tbc	18 mini	9 mini	13	11,5	2500	100	10	
13	Sas de entrada dos funcionários	SAS2		20		>3	2,5	-	1500	-	-	
14	Estocagem	EST		200	15 mini	10 mini	7 mini	-	2500	-	-	
				300	15 mini	10 mini	7 mini	-	1500	-	-	
15	Sala de teste de vibração	VIB1	Vibradores Mesa vertical Mesa horizontal	130	14.5 mini	7 mini	14 mini	12.3 mini	2500	100	21	
16	Áreas auxiliares vibração	VIB2	Bloco sísmico Bombas Caneletas de coleta de IPA	110	13.5 mini	8 mini	2.5 mini	-	1500	-	1	

17	Sala para o sistema de controle e de medidas	VIB3	Sistema de controle Servidor para DHS	50	8 mini	6 mini	2.5 mini	-	1500	-	2	
18	Sala dos amplificadores dos vibradores	VIB4	Amplificadores CU/FPS, Chiller Transformador Bumbas	80	9 mini	8 mini	3 mini	-	1500	-	50	
19	Sala de ensaios de antenas (campo próximo)	ACP1	Sistema SNF Sistema PNF Mesa rotativa Plataforma com translação	342	19	18	14	11,5	2500 1500	70	25	
20	Sala de controle campo próximo	ACP2	Sistemas de controle Geradores RF	30	6	5	3 mini	-	1500	-	5	
21	Sala de EGSE associada a campo proximo	ACP3	EGSE	100	tbd	8	2,8 mini	-	1500	-	25	
22	Sala de armazenamento	ACP4	Probes, antenas, paineis anecoicos, interfaces	50	10	5	3 mini	-	1500	-	-	

## **ANEXO 2**

### **REQUISITOS DE POTENCIA ELÉTRICA**

## Potência Elétrica Consumida

N°	AREA Descrição		EQUIPAMENTO Descrição	PRINCIPAL		E.P.S. Por EQU.: KVA	U.P.S. ( KVA )	Comentários
				Nominal ( KVA )	440 V ( KVA )			
1	Hall de integração	INT1	Satelite+ carro de	40	-	30	30	
		INT2	integração+EGSE	40	-	30	30	
2	Área para equipamentos de teste (EGSE)	EGSE1	EGSE	40	-	30	30	
		EGSE2		40	-	30	30	
3	Área para fabricação e montagem EGSE	EGSE3	EGSE	10	-	-	-	
4	Montagem e fabricação espacial (Harness, MLI)	FAB		5	-	2	2	UPS opcional
5	Painéis solares	PS1	Flasher test	15	5	-	-	
		PS2	Abertura	1	-	1	1	
6	Propulsão	PM	Soldagem	10	-	2	2	
		PLT_1	Controle limpeza	5	-	-	-	
		PLT_2	Limpeza	15	5	-	-	
7	Alinhamento	ALI	Teodolitos	1	-	-	-	
8	Antenas	ANT		1	-	1	-	
9	Medidas físicas	MM	Meios de medidas	1	-	-	-	
10	Ótica	OTI		10	-	10	5	
11	Sala de pintura	PINT	Cabine	10	-	10	-	
12	Sas de entrada de equipamentos	SAS1		10	-	5	-	
13	Sas de entrada dos funcionários	SAS2		1	-	-	-	
14	Estocagem	EST		5	-	-	-	Area limpa Area não limpa
				5	-	-	-	
15	Sala de teste de vibração	VIB1	Vibradores Mesa vertical Mesa horizontal	13	-	13	7	
16	Áreas auxiliares vibração	VIB2	Bloco sísmico Bombas Caneletas de coleta de IPA	2	-	-	-	
17	Sala para o sistema de controle e de medidas	VIB3	Sistema de controle Servidor para DHS	4	-	2	2	
18	Sala dos amplificadores dos vibradores	VIB4	Amplificadores CU/FPS, Chiller Transformador Bombas	20	600	20	5	
19	Sala de ensaios de antenas	ACP1	Sistema SNF Sistema PNF Mesa rotativa	13	-	13	10	

	(campo próximo)		Plataforma com translação					
20	Sala de controle campo próximo	ACP2	Sistemas de controle Geradores RF	10	-	10	-	
21	Sala de EGSE associada a campo próximo	ACP3	EGSE	40	-	40	30	
22	Sala de armazenamento	ACP4	Probes, antenas, painéis anecoicos, interfaces	-	-	-	-	

## **ANEXO B – TERMO DE REFERÊNCIA CONTRATAÇÃO DE PROJETO**

Neste Anexo é apresentado extrato do Termo de Referência para contratação do projeto executivo da ampliação do LIT.

### **TERMO DE REFERÊNCIA**

Contratação de empresa para elaboração do Projeto Conceitual, Projeto Básico Avançado e Projeto Executivo das obras e das instalações para ampliação do LIT em São José dos Campos – SP

#### **1. Objeto**

O Objeto deste Termo de Referência é a contratação de empresa para elaboração do Projeto Conceitual, Projeto Básico Avançado e Projeto Executivo das obras e das instalações para ampliação do LIT em São José dos Campos – SP, por empresa de projeto nas áreas de arquitetura, engenharia civil e instalações, conforme requisitos e exigências estabelecidas neste documento.

Esta ampliação tem como objetivo expandir as capacidades do LIT para realizar a montagem, integração e testes de sistemas espaciais complexos e de grande porte .

A área atual do LIT é de aproximadamente 22.000 m<sup>2</sup> e a área de ampliação será de aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup> , incluindo novas áreas limpas para montagem, integração e testes de satélites de grande porte e a instalação de um novo conjunto de meios de testes que incluem entre outros, um sistema de vibração de grande porte e um sistema de testes funcionais de comunicação para satélites de grande porte e medidas de antenas de grande porte .

Estes novos meios requerem instalações prediais específicas para sistema de climatização de áreas classificadas 7 e 8 conforme norma ISO 14.644, sistemas elétricos, sistemas hidráulicos, sistemas de segurança (CFTV, controle de acesso, etc), pontes rolantes, elevadores e portas especiais.

A área a ser ampliada deverá ser projetada considerando como referência as características arquitetônicas e funcionais do laboratório existente, adaptadas para as dimensões e funcionalidades necessárias aos sistemas de grande porte previstos para esta nova área.

Os requisitos técnicos preliminares e especificidades referentes à utilização da área a ser ampliada serão apresentados à CONTRATADA no início da elaboração do projeto, na fase de Levantamento de Dados. Estes requisitos e outras informações técnicas, a serem fornecidas pelo LIT/INPE, nortearão a realização dos projetos. Os requisitos finais serão fornecidos à medida que forem definidos os equipamentos a serem implantados e finalizado o trabalho dos consultores especializados que darão suporte ao LIT para este empreendimento.

Este Termo de Referência foi elaborado de acordo com a Norma OT IBR 01/2006, editada pelo Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas – IBRAOP, fornecendo às empresas especializadas em projetos de arquitetura e engenharia, as informações necessárias à formulação de proposta para a prestação de serviços de elaboração de projeto completo.

### **1.1. Terminologia**

Para efeito deste documento, define-se como CONTRATADA a empresa que fornecerá os serviços descritos neste documento. A Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais, FUNCATE, será referida como CONTRATANTE . O Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) será o órgão responsável pelo gerenciamento e aprovação dos trabalhos e será referido neste documento como LIT/INPE.

## **2. Local da Ampliação**

O projeto, objeto do presente documento, será para ampliação das instalações do LIT (Laboratório de Integração e Testes) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais situado na Avenida dos Astronautas, 1758 – Jardim da Granja – São José dos Campos – SP, CEP 1227-010.

## **3. Etapas do Projeto**

A documentação deverá contemplar todas as informações necessárias para a contratação dos serviços de construção e execução das instalações de utilidades, bem como todos os detalhes necessários para a execução dos serviços pela(s) futura(s) empresa(s) contratada(s) para estas atividades. Deverão ser observadas as normas e recomendações descritas no documento “ **Praticas de Projeto**” (anexo II do edital) para cada modalidade de projeto. O projeto completo será composto pelas seguintes etapas/atividades:

- a) Levantamento de Dados;
- b) Estudos Preliminares;
- c) Projeto Conceitual ;
- d) Projeto Básico Avançado;
- e) Projeto Executivo;

### **3.1 Levantamento de Dados**

Esta etapa será destinada ao levantamento, coleta e análise inicial do conjunto de informações (requisitos do projeto) que servirão de base para a elaboração dos estudos e projetos a serem desenvolvidos nas próximas etapas.

Deverá ser elaborado um relatório do Levantamento de Dados que incorporará as informações fornecidas pelo LIT na documentação do processo licitatório, complementadas pelas demais informações necessárias para a realização do projeto levantadas pela CONTRATADA, devendo contemplar no mínimo as seguintes informações:

- f)** Levantamento Topográfico das possíveis áreas de implantação (limites do terreno, dimensões lineares e angulares, entorno da edificação existente, arruamentos e calçadas limítrofes, construções existentes) e níveis de referência do prédio existente para compatibilização de interface com a ampliação;
- g)** Levantamento de possíveis interferências subterrâneas (redes e galerias de águas pluviais, caminhamento de redes de água, esgoto, energia, telefonia, etc.). As informações disponíveis em documentos existentes serão fornecidas pelo LIT/INPE , devendo ser verificadas e complementadas, caso necessário, pela CONTRATADA;
- h)** Referências de localização, nível e orientação (norte magnético com data e norte geográfico). As informações disponíveis em documentos existentes serão fornecidas pelo LIT/INPE, devendo ser verificadas e complementadas, caso necessário, pela CONTRATADA.
- i)** Dados do solo: levantados através de sondagem do solo em pontos estratégicos definidos pela CONTRATADA, em quantidade de pontos necessária para determinação do nível d'água no solo e fornecer os dados para o projeto de terraplenagem e dimensionamento das fundações;
- j)** Dados climáticos locais: temperatura, umidade, pluviosidade, insolação, ruídos, regime de ventos, níveis de poluição (sonora e do ar). As informações disponíveis em documentos existentes serão fornecidas pelo LIT/INPE , devendo ser verificadas e complementadas, caso necessário, pela CONTRATADA.
- k)** Arborização existente e necessidades de poda/corte para implantação da ampliação;
- l)** Levantamento arquitetônico das fachadas e do interior do prédio existente para compatibilização com o partido arquitetônico a ser proposto para a ampliação. As informações disponíveis em documentos existentes serão fornecidas pelo LIT/INPE, devendo ser verificadas e complementadas, caso necessário, pela CONTRATADA.

- m)** Levantamento das características físicas e dimensionais do sistema estrutural do edifício existente, visando a compatibilização e interface com as estruturas do prédio da ampliação. As informações disponíveis em documentos existentes serão fornecidas pelo LIT/INPE, devendo ser verificadas e complementadas, caso necessário, pela CONTRATADA.
- n)** Levantamento das características das instalações de utilidades do prédio LIT existente, visando compatibilizar com as necessidades da ampliação (alimentação elétrica, água industrial, ar comprimido, etc.). As informações disponíveis em documentos existentes serão fornecidas pelo LIT/INPE, devendo ser verificadas e complementadas, caso necessário, pela CONTRATADA.
- o)** Levantamento das edificações existentes na área da futura ampliação que necessitarão de ser demolidas ou modificadas para implantação da ampliação. Estes levantamentos incluirão identificação das áreas destinadas a cada atividade existente nas edificações a serem demolidas, quantidade de pessoas envolvidas, utilidades necessárias para realização das atividades e outras informações auxiliares para definição das necessidades para relocação das atividades. As informações disponíveis em documentos existentes serão fornecidas pelo LIT/INPE, devendo ser verificadas e complementadas, caso necessário, pela CONTRATADA.
- p)** Levantamento de documentação do projeto executivo do prédio existente para verificação de interferências e análise das soluções técnicas adotadas .
- q)** Levantamento das demais informações das condições existentes necessárias ao desenvolvimento do projeto.
- r)** Identificação das principais características e exigências das áreas que constituem a ampliação , conforme ultima revisão dos documentos do Anexo I-A (Especificações Funcionais do Edifício – Rev. 5 ), Anexo I-B (Especificações dos Laboratórios – Rev. 4 );

Documentos emitidos por fornecedores, consultores e outras fontes internacionais com informações necessárias à execução dos estudos e projetos serão fornecidos pelo LIT/INPE em língua inglesa, cabendo à CONTRATADA a tradução para língua portuguesa, caso julgue necessário.

### **3.2 Estudos Preliminares**

Esta etapa será destinada à concepção e à representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessárias à compreensão, análise e escolha da solução que melhor corresponda aos interesses e as expectativas do LIT/INPE.

A base para elaboração do Estudo Preliminar é a documentação e estudos preliminares feitos pelo LIT/INPE acrescidos das informações levantadas na etapa anterior. Para tanto, a CONTRATADA deverá desenvolver soluções alternativas até a aprovação pelo LIT/INPE.

Nesta etapa será também elaborada a proposta de partido arquitetônico a ser adotado para a ampliação e o cronograma físico do desenvolvimento do projeto, bem como o orçamento sintético de execução da obra.

Será feita, nesta fase, a análise e definição das necessidades de licenciamento junto aos órgãos públicos e a definição dos documentos a serem elaborados.

Deverão ser apresentados no mínimo os seguintes documentos:

- a) Plantas, cortes com definição das áreas internas por andar e respectiva área externa necessária;
- b) Apresentação de proposta de partido arquitetônico visando compatibilizar ampliação com os padrões utilizados no prédio LIT existente e outras construções do INPE;
- c) Planta de situação incluindo demolições necessárias à implantação;
- d) Estudo do sistema viário e áreas adjacentes, incluindo planta de situação dos arruamentos e áreas adjacentes. Os edifícios

Almoxarifado, Oficina/Garagem e área de quiosques deverão estar contemplados no estudo;

- e) Estudo das interligações necessárias entre o prédio atual e a ampliação nos níveis sub-solo (galeria ou túnel), térreo (área limpa) e segundo pavimento (circuito de visita e circulação de pessoas) ;
- f) Memorial justificativo das soluções propostas;
- g) Cronograma físico de execução do projeto , incluindo marcos e etapas para avaliação do andamento da projeto. A CONTRATADA deverá fornecer um gráfico tipo “S” (MS Project) que deverá ser atualizado quinzenalmente e servirá de base para acompanhamento da evolução dos trabalhos de projeto (previsto/realizado);
- h) Orçamento Sintético de execução da obra.
- i) Maquete(s) eletrônica(s) preliminar(res) do prédio atual e ampliação, contemplando a vista detalhada interna e externa tridimensional e em cores do prédio da ampliação , bem como a implantação no terreno.
- j) Para elaboração das vistas 3D do prédio existente, a licitante deverá redesenhar (em formato dwg) os desenhos de arquitetura relativos a implantação inicial do LIT, disponibilizados em formato tif. A relação de documentos a serem redesenhados são os constantes do Anexo I – D do Edital . Os projetos de arquitetura referentes a primeira ampliação do LIT serão fornecidos em formato dwg. Outras eventuais informações necessárias para completar o modelo serão fornecidas no início da fase de estudos. Além de sua utilização para elaboração da maquete eletrônica, os documentos redesenhados deverão ser entregues em formato dwg à CONTRATANTE.

Deverão ser considerados na elaboração dos Estudos Preliminares os seguintes pontos :

- Necessidades dos sistemas técnicos de utilidades da edificação, considerando a área necessária para instalação de equipamentos e painéis para distribuição elétrica em M.T. e B.T., grupos geradores,

equipamentos para condicionamento de ar (chillers e fan coils) e demais equipamentos necessários à configuração dos sistemas de utilidades;

- Padrões e necessidades das redes de telefonia, transmissão de dados e segurança patrimonial (autorização e registro de acesso);
- Necessidades específicas e interfaces de civil ( bases, massa sísmica, apoios, etc.) e de utilidades (salas técnicas, potencia de alimentação, refrigeração, etc.) dos principais equipamentos a serem instalados na área ampliada, principalmente as pontes rolantes, sistema de testes de vibração e sistemas de medidas de antenas.
- Levantamento das características funcionais, atividades, população fixa e variável, mobiliários e equipamentos específicos às atividades, fluxo de pessoas, equipamentos, veículos e materiais (interno e externo) das edificações a serem demolidas ou removidas para implantação da ampliação ( prédio do almoxarifado, quiosques, outros);
- Documentos emitidos por fornecedores, consultores e outras fontes internacionais serão fornecidos em língua inglesa, cabendo à CONTRATADA a tradução para língua portuguesa caso julgue necessário.

### **3.3 Projeto Conceitual**

Após a elaboração e aprovação dos Estudos Preliminares, a CONTRATADA dará início à elaboração do Projeto Conceitual de Arquitetura. Nesta etapa serão desenvolvidos o partido arquitetônico definido a partir dos Estudos Preliminares e os elementos construtivos, considerando os projetos complementares(fundação, estrutura, instalações, etc.).

No âmbito do projeto conceitual deverão ser apresentadas propostas de ações de sustentabilidade para o prédio. Entre os princípios de sustentabilidade a serem contemplados, deverão ser considerados os preconizados para a certificação LEED (uso racional de água, eficiência energética, redução, reutilização e reciclagem de materiais e recursos,

qualidade dos ambientes internos, espaço sustentável, inovação e tecnologia e atendimento a necessidades locais) e as demais recomendações do documento “ Práticas de Projeto – Sustentabilidade” , anexo II do edital. Não estamos prevendo o processo de certificação LEED neste momento mas as propostas aprovadas deverão estar alinhadas com as exigências para tanto.

Deverão ser ainda apresentados estudos e propostas para implantação de canteiro de obras e planejamento de medidas para assegurar a continuidade das atividades do LIT durante a execução da obra de ampliação.

Deverá ser fornecido no mínimo os seguintes documentos:

### 3.3.1 Planta de Situação

A planta de situação compreende o partido arquitetônico como um todo, em seus múltiplos aspectos. Deve conter informações completas sobre a localização da área de ampliação dentro da área total do INPE, e deve conter:

- a) simbologias de representação gráfica conforme as prescritas na norma;
- b) curvas de nível existentes e projetadas, além de eventual sistema de coordenadas referenciais;
- c) indicação do norte;
- d) vias internas de acesso a área da ampliação ( arruamentos);
- e) indicação das áreas a serem edificadas;
- f) denominação dos prédios ou blocos do INPE no entorno;
- g) construções existentes, demolições e remoções necessárias;
- h) notas gerais, desenhos de referência e carimbo.

### 3.3.2 Planta de Locação

A planta de locação compreende o projeto como um todo, contendo além do projeto de arquitetura, as informações necessárias dos projetos

complementares, tais como movimento de terra, arruamento, redes hidráulica, elétrica e de drenagem entre outros.

A locação das edificações, assim como a das eventuais construções complementares, canteiro de obras e outros trabalhos visando garantir a continuidade da atividade do LIT serão indicadas nesta planta. A planta deve conter:

- a) simbologias de representação gráfica conforme as prescritas na norma;
- b) sistema de coordenadas referenciais do terreno, curvas de nível existentes e projetadas;
- c) indicação do norte;
- d) indicação das vias de acesso, vias internas, estacionamentos, áreas cobertas, platôs e taludes;
- e) perímetro do terreno, marcos topográficos, cotas gerais e níveis principais;
- f) indicação dos limites externos das edificações, recuos e afastamentos;
- g) eixos do projeto;
- h) amarração dos eixos do projeto a um ponto de referência;
- i) denominação das edificações;
- j) escalas;
- k) notas gerais, desenhos de referência e carimbo.

### 3.3.3 Plantas de Edificação

As plantas de edificação são as vistas superiores com planos variáveis para cada situação, de maneira a representar todos os elementos considerados necessários. Devem ser realizadas plantas do subsolo, andares, cobertura, etc. As plantas devem conter:

- a) simbologias de representação gráfica conforme as prescritas na norma;
- b) indicação do norte;
- c) eixos do projeto;
- d) sistema estrutural;
- e) indicação das cotas entre os eixos, cotas parciais e totais;
- f) caracterização dos elementos do projeto (fechamentos externos e internos, circulações verticais e horizontais, cobertura/telhado e captação de águas pluviais, acessos e demais elementos significativos);
- g) marcação de projeção de elementos significativos acima ou abaixo do plano de corte;
- h) indicação dos níveis de piso acabado;
- i) denominação dos diversos compartimentos e respectivas áreas úteis;
- j) marcação de cortes e fachadas;
- k) escalas;
- l) notas gerais, desenhos de referência e carimbo.

#### 3.3.4 Cortes

Os cortes devem ser dispostos de forma que o desenho mostre o máximo possível de detalhes construtivos. Os cortes devem conter:

- a) simbologias de representação gráfica conforme as prescritas na norma;
- b) eixos do projeto;
- c) sistema estrutural do edifício;
- d) indicação das cotas verticais;
- e) indicação de cotas de nível (em osso e acabado) dos diversos pisos;

- f) caracterização dos elementos do projeto (circulações verticais e horizontais, áreas de instalações técnicas e de serviços, cobertura/telhado e captação de águas pluviais, forros e demais elementos significativos);
- g) denominação dos diversos compartimentos seccionados;
- h) escalas;
- i) notas gerais, desenhos de referência e carimbo;
- j) marcação dos cortes transversais nos cortes longitudinais e vice-versa, podendo ainda ser indicadas as alturas das seções horizontais (planta da edificação).

### 3.3.5 Fachadas

Os desenhos de fachadas devem conter:

- a) simbologias de representação gráfica conforme as prescritas na norma;
- b) eixos do projeto;
- c) indicação de cotas de nível acabado;
- d) escalas;
- e) notas gerais, desenhos de referência e carimbo;
- f) marcação dos cortes longitudinais ou transversais.

### 3.3.6 Projeto Legal

Este projeto será destinado à representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, da concepção da ampliação da edificação do LIT e de seus elementos e instalações, com base nas exigências legais (municipal, estadual e federal), e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção.

Serão desenvolvidos projetos legais de arquitetura e todos os demais projetos legais referentes aos aspectos em que houver necessidade de aprovação do projeto correspondente em órgãos públicos (prefeitura, CETESB, Corpo de Bombeiros, INSS, etc.). A definição das necessidades e dos documentos a serem elaborados serão feitos na fase dos estudos preliminares.

Todos os tramites para apresentação da documentação junto aos órgãos públicos bem como o pagamento de taxas ou emolumentos ficarão a cargo do LIT/INPE. A CONTRATADA será responsável pela elaboração de toda documentação de ordem técnica solicitada pelos órgãos envolvidos.

### **3.4 Projeto Básico Avançado**

Após a aprovação do Projeto Conceitual pelo LIT/INPE, terá início o Projeto Básico Avançado . Esta etapa será destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, sistemas, instalações e componentes ( ainda que não completas ou definitivas) com nível de detalhamento necessário e suficiente à licitação (contratação) das obras/serviços de execução correspondentes.

O Projeto Básico Avançado deverá ser elaborado em conformidade com a Lei nº 8.666/1993, Acordãos relativos e Resolução nº 361/91 do CONFEA, especialmente no que diz respeito ao orçamento. Deverá conter o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, assegurando a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, permitindo a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução, devendo incluir os seguintes elementos:

- a) desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da obra e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;
- b) soluções técnicas globais e localizadas, suficientemente detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variantes

durante as fases de elaboração do projeto executivo e de realização das obras e montagem;

- c) identificação dos tipos de serviços a executar e de materiais e equipamentos a incorporar à obra, bem como suas especificações que assegurem os melhores resultados para o empreendimento, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;
- d) informações que possibilitem o estudo e a dedução de métodos construtivos, instalações provisórias e condições organizacionais para a obra, sem frustrar o caráter competitivo para a sua execução;
- e) subsídios para montagem do plano de licitação e gestão da obra, compreendendo a sua programação, a estratégia de suprimentos, as normas e procedimentos de fiscalização e outros dados necessários em cada caso;
- f) definição das quantidades e os custos de serviços e fornecimentos com previsão compatível com o tipo e porte da obra, de tal forma a ensejar a determinação do custo global da obra com precisão de mais ou menos 10% (dez por cento);
- g) orçamento detalhado do custo global da obra, fundamentado em quantitativos de serviços e fornecimentos propriamente avaliados. O orçamento deverá considerar as recomendações do documento “Práticas de Projeto – Orçamentos”, Anexo II do edital.

O desenvolvimento e a especificação de projeto das diversas especialidades para a aquisição de serviços e equipamentos/materiais que correspondam a um percentual expressivo da obra devem ser apresentados de forma que possam ser parcelados, se viável técnica e economicamente, de forma a subsidiar eventual licitação independente de cada um desses itens na reforma, com objetivo de obter maior vantagem econômica na aquisição/contratação desses itens pelo LIT/INPE.

O Projeto Básico Avançado deverá produzir a documentação completa que permitirá realizar o processo licitatório de execução da obra civil, das

instalações de utilidades e das especificidades do projeto como salas limpas, iluminação dedicada, etc.

Os processos serão divididos de forma a possibilitar a priorização e antecipação da contratação de execução de atividades (Demolições, Terraplenagem, Obra civil, Utilidades Elétricas (distribuição MT, distribuição geral BT , Água Industrial, Sistemas de Condicionamento de ar geral e salas classificadas, etc.).

Os memoriais descritivos e as especificações técnicas dos serviços, materiais e equipamentos deverão ser elaborados nesta fase, para constarem dos processos licitatórios de contratação dos mesmos.

O Projeto Básico Avançado será composto, entre outros, pelos seguintes documentos:

- Projeto Básico Avançado de Terraplenagem;
- Projeto Básico Avançado de Demolição de edificações em interferência com a área de ampliação;
- Projetos Básicos Avançados de arquitetura/civil/instalações por especialidade ou sub-grupo.
- Caderno de Especificações por especialidade ou sub-grupo.
- Planilha de Quantitativos por especialidade ou sub-grupo.
- Orçamento Analítico da Obra Civil e Especialidades.
- Memória de Cálculo de Quantitativos por especialidade ou sub-grupo.
- Memória de Cálculo de Dimensionamento de Equipamentos ou sistemas.
- ART's dos Profissionais responsáveis pela elaboração dos documentos da respectiva especialidade.
- Cronograma Físico Financeiro de execução da obra civil.

Todas as planilhas de quantitativos deverão ser elaboradas por profissionais específicos da área, com a apresentação da respectiva ART . A memória de

cálculo é parte integrante desta planilha e deverá ser apresentada conforme acordado com o LIT/INPE, utilizando croquis indicativos da sequência de cálculo, além de seguir a ordem e os códigos da Tabela Mensal de Preços do SINAPI. Todos os documentos deverão ser bem identificados contendo o nome do empreendimento, assunto, numeração de páginas, data e nome do autor. Tais documentos deverão permitir a avaliação do custo e a execução da obra, bem como a definição dos métodos e o prazo de execução. Os quantitativos constantes da planilha são de responsabilidade da CONTRATADA.

Nesta fase deve ser apresentada a maquete eletrônica atualizada do empreendimento, contemplando a vista detalhada interna e externa tridimensional e em cores do prédio da ampliação, bem como a implantação do mesmo no terreno. A implantação no terreno deverá incluir as vistas 3D do prédio existente do LIT. Deverão ser elaborados percursos virtuais para o pavimento térreo da ampliação, um percurso envolvendo os pavimentos térreos da planta existente e ampliação e um percurso do pavimento atual ao pavimento da ampliação pelo circuito de visitas. Cada percurso virtual elaborado deverá possuir qualidade fotorrealista, trilha sonora e duração de 2 minutos. Os arquivos deverão ser entregues em formato .avi, .wmv, .mpg ou similar.

Baseadas nas vistas 3D da maquete eletrônica, deverão ser entregues 6 perspectivas coloridas, em ângulos a serem definidos em conjunto com a equipe do LIT, com qualidade fotorrealista, impressas em papel de qualidade fotográfica e emolduradas. As perspectivas deverão ser impressas em resolução mínima 150 dpi e cada perspectiva deverá possuir formato de 30 x 40 cm, mais margem e moldura.

#### **3.4.1 Projeto Básico Avançado de Demolições**

O Projeto Básico Avançado de Demolições definirá os métodos e a sequência de operações a serem aplicadas na demolição dos elementos e as exigências para a correta destinação do material resultante da demolição. O projeto de demolição contemplará ainda a eventual necessidade de funcionamento parcial

de partes das instalações a serem demolidas em suporte a manutenção de atividades técnicas e operacionais essenciais ao funcionamento do LIT/INPE.

O projeto de demolições deverá seguir as exigências e recomendações do documento “ Práticas de Projeto” , anexo II do edital , referentes a esta atividade. A documentação gerada deverá ser completa e suficiente para a contratação dos serviços de demolições independentemente das demais atividades de construção.

### **3.4.2 Projeto Básico Avançado de Terraplenagem**

O Projeto Básico Avançado de Terraplenagem deve indicar os patamares construtivos, arruamentos, drenagem superficial, cortes pelo terreno identificando áreas de aterro e corte, níveis de crista e pé de taludes, etc. A partir do Projeto Conceitual de arquitetura e das sondagens geológicas, será desenvolvido o projeto de terraplenagem que deverá incluir :

- Plantas com platôs e níveis de terreno conforme os patamares construtivos, configuração dos taludes, áreas de corte e aterro, indicação dos eixos construtivos com amarrações e níveis de referência, indicação do sistema de drenagem superficial e subterrânea.
- Cortes e perfis de terreno em escalas adequadas demonstrando o perfil natural e o projetado, identificação das áreas de aterro e compensação, indicação de níveis e dos volumes de corte e aterro;
- Memoriais de cálculo dos projetos de terraplenagem, com indicação de volumes a serem movimentados.
- Memorial Descritivo de execução definindo as especificações e requisitos legais para a execução dos trabalhos e destinação correta do material escavado.
- Toda documentação necessária para permitir a contratação do serviço seguindo os preceitos da lei 8.666 (Projeto Básico detalhado).

### **3.4.3 Projeto Básico Avançado de Arquitetura e Paisagismo**

O Projeto Básico Avançado de Arquitetura e Paisagismo deverá consistir de desenhos realizados no software AUTOCAD, com planta baixa, cortes, fachadas, detalhamentos, e especificação de cada item do projeto proposto. Os desenhos deverão ser apresentados com cotas completas, contendo tabelas de esquadrias e de revestimentos, assim como de tipos de alvenarias e adornos.

O Projeto de Arquitetura e Paisagismo deverá prever a locação de cada item no terreno, e sua implantação com relação a cotas de níveis. É também parte desse projeto, a definição de materiais construtivos básicos e de acabamento, com o quantitativo de cada material. Projeto de definição de caixilharia contendo tipo de abertura, dimensões, material empregado e proteções de todas as portas e janelas projetadas.

Caso a instalação de sistemas de utilidades venha necessitar a construção em áreas adjacentes ao prédio principal, estas áreas deverão fazer parte do conteúdo do projeto arquitetônico.

O projeto de arquitetura deverá incluir as especificações, memoriais e desenhos relativos aos seguintes itens:

- Implantação;
- Plantas;
- Cortes transversais e longitudinais;
- Elevações e detalhes;
- Cobertura;
- Painéis de divisórias e acabamentos (ou alvenaria e seus revestimentos);
- Portas;
- Visores;
- Forro auto-portante e acabamentos (ou forro estruturado e seus acabamentos);

- Luminárias;
- Detalhes executivos;
- Caixilhos, portas, etc.;
- Tabela de materiais de acabamentos;
- Especificações de execução dos serviços;
- Projeto de remanejamento das tubulações subterrâneas existentes (se necessário);

É parte integrante do projeto básico avançado de arquitetura o projeto de interiores incluindo elementos gráficos, memoriais, desenhos e especificações dos componentes de ambientação, implementação e qualificação dos espaços arquitetônicos internos da edificação. Deverão ser observados os requisitos especificados no documento “ PRÁTICAS DE PROJETO – ARQUITETURA INTERIORES – SOLUÇÕES DE PROJETO, Anexo II do Edital .

É parte integrante do projeto básico avançado de arquitetura o projeto áreas classificadas (salas limpas), Classe ISO 8 (100.000) e ISO 7 (10.000). A área total estimada para classe ISO 8 é de 3.000 m<sup>2</sup>. A definição de área em classe ISO 7 será definida nas fases iniciais do projeto. Para construção destas áreas, deverão ser seguidas as exigências e recomendação da norma NBR/ISO 14.644 – 2005 e demais recomendações internacionais aplicáveis. Deverão ser especificados todos os materiais necessários para a construção da sala dentro dos requisitos de classificação a serem atingidos incluindo pisos, paredes e compartimentações, portas, janelas, isolamento e revestimento interno, esquadrias, forros, acabamentos e todos os demais elementos necessários para garantir as condições de atingimento da classificação de limpeza necessária. A identificação das áreas classificadas com suas dimensões estimadas são constantes dos documentos Anexo I-A e Anexo I-B do edital.

O projeto de paisagismo deve definir o tipo da vegetação a ser utilizada nas áreas verdes, respeitando o aspecto estético da edificação: definição de passeios e tipo de vegetação da área verde.

#### **3.4.4 Projeto Básico Avançado das Fundações e Estrutural**

O projeto das fundações e estrutural deverá consistir de cálculos e definições de pilares, vigas e lajes, do detalhamento da montagem de cada peça, e do material detalhado para cada item do projeto.

O projeto das fundações e estrutural do prédio da ampliação deverá seguir as características das soluções adotadas para a construção do primeiro prédio do LIT e da ampliação já executada ( fundações em sapata de superfície e estrutura hiperestática - concreto moldado in loco ) salvo impedimentos técnicos ou proposta de melhoria a ser aprovada pela equipe de projeto do LIT.

Em função das características e requisitos das atividades realizadas no LIT atualmente, não serão aceitas soluções técnicas construtivas que gerem vibrações ou interferências com os meios de testes.

Os meios de testes a serem implantados na área da ampliação necessitarão de projeto de bases específicas para garantir os requisitos de funcionamento destes equipamentos (massa sísmica, bases isoladas da estrutura,etc), sendo que a definição destas necessidades será feita por consultores especializados a serem contratados pelo LIT ou fornecedores dos equipamentos. Caberá à CONTRATADA o detalhamento das soluções definidas nos formatos necessários à contratação e execução destas bases. A documentação de consultores ou fornecedores internacionais será fornecida em língua inglesa, cabendo a CONTRATADA sua tradução caso julgue necessário para execução dos seus serviços de detalhamento.

Deverão ser fornecidos desenhos em AUTOCAD, com detalhes construtivos, locação da obra, quantitativos dos materiais previstos para as estruturas e memorial descritivo. O cálculo das fundações deverá ser elaborado conforme normas vigentes e segundo o relatório de sondagem do solo, que será fornecido pela Contratada. Os projetos de estrutura serão elaborados conforme as normas técnicas aplicáveis.

Adicionalmente, como resultado das atividades do projeto estrutural, deverão ser entregues no mínimo os seguintes elementos:

- Planta dos elementos da fundação (blocos, sapatas e baldrames).
- Forma e armação dos elementos da fundação.
- Planta de locação de estacas.
- Especificação de execução dos serviços.
- Blocos sísmicos.
- Formas da superestrutura - plantas, cortes e detalhes.
- Armação da superestrutura: pilares, vigas e lajes, com detalhes das armaduras.
- Lista de ferragem.
- Projeto das estruturas metálicas.
- Memorial de cálculo estrutural.

#### **3.4.5 Projeto Básico Avançado das Instalações Elétricas, Telefonia, Rede de Dados, Controle de Acesso, CFTV e Automação Predial**

A concepção do projeto de instalações elétricas deve ser feita de maneira que qualquer componente ou elemento dos circuitos de distribuição elétrica possam ser desligados ou removidos de forma planejada sem que haja desligamento dos equipamentos de TI ou outros equipamentos prioritários definidos nas fases iniciais do projeto (referência padrão TIER 3 evolutivo para TIER 4).

O projeto de telefonia e rede de dados deverá contemplar a distribuição de pontos de rede e de telefonia no prédio da ampliação nas quantidades e posições a serem definidas na fase de elaboração do Programa de Necessidades, bem como a interligação entre o sistema projetado e o sistema atual em funcionamento. O projeto deverá incluir todas as atividades necessárias à integração dos sistemas, incluindo definição de traçado, infraestrutura, dimensionamento de cabos (convencionais e/ou fibra ótica), viabilizando a contratação dos serviços globais incluindo fornecimento de materiais e mão de obra. No caso da rede de dados, o projeto deverá incluir a

definição e especificação dos equipamentos e serviços do ponto de conexão do usuário final até o hardware necessário para estruturação do sistema (Racks, switches, patch panels, cabos, etc). A definição dos servidores e hardware de processamento de dados ficará no encargo do LIT. Deverá ser especificada e projetada a instalação de sistema wireless para contemplar todas as áreas do prédio da ampliação.

O projeto das instalações elétricas, de telefonia e de rede de dados, deverá incluir :

- Diagrama Unifilar e Trifilar e quadro de cargas da distribuição elétrica de Média e Baixa Tensão.
- Diagrama vertical (corte) indicando em vista de corte da edificação a posição física dos principais equipamentos e painéis elétricos e interligações.
- Projeto da linha de alimentação em média tensão e especificação técnica dos transformadores rebaixadores , com todos os seus elementos e acessórios. Como ordem de grandeza, estamos estimando potencia instalada de 4.000 kVA.
- Projeto de caminhamento de cabos de média e baixa tensão considerando a disposição em conformidade com os critérios de cálculo de dimensionamento.
- Especificação técnica dos cubículos de média tensão e painéis gerais de distribuição de baixa tensão, com todos os seus elementos e acessórios.
- Projeto dos equipamentos de alimentação de segurança incluindo nobreaks e geradores, com todos os seus elementos e acessórios.
- Projeto elétrico do sistema de força e tomadas, envolvendo a distribuição de iluminação, tomadas e pontos de força.
- Cálculo luminotécnico para áreas internas e externas .
- Projeto elétrico de iluminação externa.

- Projeto de implantação elétrica.
- Projeto de tubulação interna elétrica, de telefonia e rede de dados.
- Projeto do sistema de proteção contra descargas atmosféricas.
- Projeto do sistema de detecção de incêndios;
- Projeto do sistema para comunicação de voz e dados, em cabeamento estruturado (telefone, rede lógica) conforme categoria 6 da norma ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1-2002.
- Projeto do sistema para Controle de Acesso e CFTV. O projeto e especificação de equipamentos deverão ser elaborados de forma a compatibilizar os sistemas da ampliação com o sistema atual do LIT (plataforma LENEL). O projeto incluíra o detalhamento da infraestrutura de instalação e especificação dos equipamentos terminais (câmeras e registradores de acesso, sensores), painéis e dispositivos intermediários e interligação do sistema da ampliação à sala Central de Supervisão. Os servidores e estações de trabalho existentes na sala central atual serão utilizados para a gestão dos sistemas da ampliação, devendo ser especificados, caso necessário, a ampliação e adaptação dos mesmos para receber os sistemas a serem instalados na ampliação.
- Projeto do sistema de aterramento no mesmo conceito da instalação existente, com terra para os sistemas eletrônicos e terra de potência e proteção contra descargas atmosféricas separados.
- Definição e Especificação de Sistema de supervisão e controle ( Automação Predial / Edifício Inteligente ) incluindo definição de funções monitoradas, arquitetura macro do sistema, interfaces com os diversos sistemas de utilidades e controles do prédio, definição de instrumentação necessária para aquisição de dados, algoritmos, telas de controle e comando, etc.
- Como produtos dos projetos acima, serão elaborados cálculos e desenhos com plantas, cortes e diagramas unifilares e trifilares de

quadros, detalhes e respectivos memoriais técnicos descritivos de materiais e serviços para execução.

#### **3.4.6 Projeto Básico Avançado das Instalações Hidráulicas, Sanitárias e de Combate a Incêncio**

Deverão ser elaborados no mínimo os seguintes projetos:

- Sistema de instalações de água fria: projeto da interligação do sistema de abastecimento com os reservatórios, distribuição e ramais internos de cada um dos ambientes que necessitem de água potável.
- Esgoto sanitário: compreenderá o projeto dos pontos de coleta bem como as redes coletoras com suas peças e caixas de inspeção, fossas sépticas e sumidouros.
- Outros esgotos: compreenderá o projeto de sistemas para contenção de vazamento de combustíveis dos reservatórios, resíduos de hidrocarbonetos de sistemas de limpeza, resíduos de laboratório químico, conforme as descrições e os requisitos técnicos preliminares da obra.
- Sistema de instalações de combate a incêndios através de extintores e hidrantes e conexão com a rede de hidrantes do prédio existente.

Os projetos serão de acordo com as normas vigentes.

Como produtos do projeto acima, serão elaborados desenhos em planta, cortes, isométricos e respectivos memoriais técnicos descritivos de materiais e serviços.

#### **3.4.7 Projeto Básico Avançado do Sistema de Climatização de Ar**

Projeto do sistema de climatização para as áreas classificadas e áreas de uso geral ( laboratórios, escritórios, salas de operação, etc), incluindo central de água gelada, hidráulica da água gelada, água quente, fan coil, fancoletes, redes de dutos, sistema de filtragem absoluto de classes: 7 e 8 conforme

norma ISO 14.644 com sistemas de controle e supervisão automáticos através de software específico. Como ordem de grandeza, estamos estimando 200 TRs para condicionamento de conforto e 300 TRs para condicionamento das áreas limpas.

A concepção do projeto de climatização deve ser feita de maneira que qualquer componente ou elemento dos circuitos de refrigeração possam ser desligados ou removidos de forma planejada sem que haja interrupção de condicionamento das salas destinadas a equipamentos de TI ou outros equipamentos prioritários definidos nas fases iniciais do projeto (referência padrão TIER 3 evolutivo para TIER 4).

O projeto do sistema de climatização deve incluir :

- cálculos das cargas térmicas dos ambientes tratados
- concepção do diagrama de fluxo de ar
- concepção do diagrama do fluxo hidráulico considerando as necessidades operacionais e capacidade reserva para emergências (falha de equipamentos)
- concepção do diagrama elétrico de alimentação, comando e controles
- descritivo geral do sistema
- lista e especificação de todos os equipamentos e componentes dos sistemas.
- desenhos e especificações das redes de dutos e distribuição de ar.
- desenhos e especificações da rede hidráulica de água gelada.
- desenhos e especificações de rede elétrica de alimentação, comando e controles.
- especificações de todos os componentes a serem fornecidos

Obs.: O projeto executivo do sistema de climatização incluindo os detalhes que irão depender dos tipos de equipamentos a serem adquiridos para a fase de instalação, fará parte do escopo da empresa a ser contratada para o

fornecimento dos equipamentos, materiais e serviços de instalação do sistema, devendo estar descrito detalhadamente nas especificações técnicas que farão parte da documentação do edital de contratação destes serviços.

#### **3.4.8 Projeto Básico Avançado do Sistema de Fluidos Industriais**

Deverão ser elaborados no mínimo os seguintes projetos:

- Sistema de água industrial: projeto da interligação do sistema de abastecimento com os reservatórios, torres de resfriamento, distribuição e ramais internos de cada um dos equipamentos/ambientes que necessitem de água industrial.
- Sistema de ar comprimido : projeto da interligação do sistema de abastecimento com os reservatórios, compressores, distribuição e ramais internos de cada um dos equipamentos/ambientes que necessitem de ar comprimido.
- Sistema distribuição de nitrogênio: projeto da interligação do sistema de abastecimento com os reservatórios, distribuição e ramais internos de cada um dos equipamentos/ambientes que necessitem de nitrogênio.
- Como produtos do projeto acima, serão elaborados desenhos em planta, cortes, isométricos e respectivos memoriais técnicos descritivos de materiais e serviços.
- 

#### **3.4.9 Projeto Básico Avançado de Pavimentação Externa e Estacionamento**

O projeto deverá apresentar uma definição dos tipos de piso e locais a serem empregados e solução dos fluxos. Fazem parte do projeto as ambientações e ocupações externas no entorno da edificação, além da planta das vias de acesso e do estacionamento.

### **3.4.10 Cronograma Físico-Financeiro de Execução**

Deverão ser apresentados os cronogramas físico e financeiro para a execução da obra de ampliação incluindo a obra civil e as instalações. Deverão ser elaborados os seguintes documentos:

- Cronograma físico de execução da obra, incluindo marcos e etapas para avaliação do andamento da obra, no que refere ao cumprimento de prazos, e verificação do cumprimento de requisitos técnicos.
- Cronograma de desembolso financeiro, de acordo com o andamento da obra e evolução do cronograma físico, considerando o valor agregado em cada etapa da construção.

### **3.4.11 Orçamento Analítico da Obra Civil**

Deverá ser apresentado o orçamento analítico da obra civil em formato adequado para utilização em processo licitatório de contratação, considerando:

- a) O custo global de obra de ampliação será obtido a partir de custos unitários de insumos ou serviços menores ou iguais à mediana de seus correspondentes no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, mantido e divulgado, na internet, pela Caixa Econômica Federal.
- b) Nos casos em que o SINAPI não oferecer custos unitários de insumos ou serviços, poderão ser adotados aqueles disponíveis em tabela de referência formalmente aprovada por órgão ou entidade da administração pública federal, incorporando-se às composições de custos dessas tabelas, sempre que possível, os custos de insumos constantes do SINAPI.
- c) Deverá constar do Projeto Básico Avançado, inclusive de suas eventuais alterações, a anotação de responsabilidade técnica e declaração expressa do autor das planilhas orçamentárias, quanto à compatibilidade dos quantitativos e dos custos constantes de

referidas planilhas com os quantitativos do projeto de engenharia e os custos do SINAPI.

- d) Serão adotadas na elaboração dos orçamentos de referência os custos constantes das Tabelas SINAPI locais e, subsidiariamente, as de maior abrangência.
- e) O preço da obra civil de ampliação será aquele resultante da composição do custo unitário direto do SINAPI, acrescido do percentual de Benefícios e Despesas Indiretas – BDI incidente, que deve estar demonstrado analiticamente.
- f) O IRPJ (Imposto de Renda de Pessoa Jurídica) e a CSSL (Contribuição Social Sobre Lucro Líquido) não serão inclusos na taxa de BDI por não serem considerados despesas indiretas.
- g) É vedada a inclusão no orçamento materiais e serviços sem previsão de quantidades, especificados como “verba” ou cujos quantitativos não correspondam às previsões reais do projeto básico.
- h) Nas hipóteses em que não seja possível encontrar o custo de determinado insumo ou serviços em planilhas referenciais, a elaboração da nova composição deverá basear-se em no mínimo 3 propostas solicitadas junto á fornecedores a fim de juntá-las à documentação do orçamento.
- i) Os orçamentos analíticos deverão conter um resumo apresentando os valores por grupos e subgrupos dos itens orçamentários, indicando o percentual de participação no valor total e os índices de custo por unidade de área, em m<sup>2</sup>.
- j) Os seguintes documentos deverão fazer parte do Orçamento Analítico :
  - Memoriais Justificativos de Preços Unitários;
  - Memoriais de Quantificação dos Serviços;

- Demonstrativo de Cálculo e Taxas dos Encargos Sociais e do BDI;
- Planilha de Custos dos Serviços;
- Planilha de Custos dos Insumos;
- Planilha de Participação na Composição de Preços (Curva ABC) para os Serviços;
- Planilha de Participação na Composição de Preços (Curva ABC) para os Insumos;

#### **3.4.12 Orçamento Analítico das Instalações e Equipamentos**

Deverão ser apresentados os orçamentos analíticos dos Equipamentos e Instalações, nos mesmos moldes do orçamento analítico para as obras civis, sendo que a determinação de custos será baseada em 3 propostas solicitadas junto á fornecedores e anexadas à documentação do orçamento.

Os seguintes grupos deverão ser considerados:

- Sistema de Climatização
- Equipamentos/Materiais/Instalações Elétricas de Média Tensão e Baixa Tensão;
- Equipamentos/Materiais/Instalações para Rede de Dados, Telefonia, Controle de Acesso, CFTV e Automação Predial;
- Elevadores, Pontes Rolantes e Monta Cargas;
- Equipamentos/Materiais/Instalações de Fluídos Industriais ( Ar comprimido, Água industrial, Torres de Resfriamento, nitrogênio, etc)

### **3.4.13 Memoriais Descritivos /Caderno de Especificações**

Para a execução dos serviços de arquitetura e construção civil , deverão ser elaborados documentos técnicos que apresentem a descrição qualitativa e quantitativa dos sistemas e seus componentes, no âmbito da especialidade técnica correspondente. A descrição qualitativa deverá caracterizar especificações técnicas das condições de execução e do padrão de acabamento para cada tipo de serviço. A descrição quantitativa deverá conter as informações de quantificação de materiais, equipamentos de modo a subsidiar a elaboração do orçamento da execução da obra.

O desenvolvimento e a especificação de projeto das diversas especialidades para a aquisição de serviços e equipamentos/materiais que correspondam a um percentual expressivo da ampliação devem ser apresentados de forma separada, possibilitando licitações independentes para cada um desses itens e consequentes condições favoráveis na aquisição/contratação desses itens.

Para os Equipamentos e Instalações , deverão ser elaborados documentos técnicos que apresentem a descrição qualitativa e quantitativa dos sistemas e seus componentes, no âmbito da especialidade técnica correspondente. A descrição qualitativa deverá caracterizar especificações técnicas dos equipamentos, dos principais materiais dos sistemas e dos respectivos serviços de instalação dos mesmos. A descrição quantitativa deverá conter as informações de quantificação de materiais, equipamentos e serviços que irão compor o orçamento analítico para contratação da execução do relativo sistema. Os seguintes grupos deverão ser considerados:

- Sistema de Climatização
- Equipamentos/Materiais/Instalações Elétricas de Média Tensão e Baixa Tensão;
- Equipamentos/Materiais/Instalações para Rede de Dados, Telefonia, Controle de Acesso, CFTV e Automação Predial;
- Elevadores, Pontes Rolantes e Monta Cargas;

- Equipamentos/Materiais/Instalações de Flúidos Industriais ( Ar comprimido, Água industrial, Torres de Resfriamento, nitrogênio, etc)

#### **3.4.14 Memoriais de Cálculo e Dimensionamento**

Deverão ser elaborados documentos técnicos de projeto onde serão apresentados os cálculos, critérios, parâmetros, gráficos, fórmulas, ábacos e “softwares” utilizados na análise e dimensionamento dos sistemas e componentes.

#### **3.4.15 Maquete Eletrônica Atualizada**

A CONTRATADA elaborará maquete eletrônica atualizada com os dados do projeto básico avançado, contemplando a vista interna e externa tridimensional e em cores do prédio da ampliação e prédio existente, bem como a implantação do mesmos no terreno.

### **3.5 Projeto Executivo**

O projeto executivo tem como finalidade detalhar como se devem executar os serviços que compõem o objeto, desenvolvendo os detalhes construtivos. Será elaborado concomitantemente com o Projeto Básico e produzirá os documentos finais necessários à melhor compreensão dos elementos do projeto para sua execução, fabricação ou montagem. Deve apresentar de forma completa, clara e detalhada , todos os detalhes construtivos, especificações e indicações necessárias à perfeita compreensão de todos os elementos necessários à execução dos serviços e obras do empreendimento.

Nele estará contemplada a compatibilização de todas as interfaces dos sistemas e seus componentes através dos desenhos, memoriais descritivos e de cálculo, planilhas orçamentárias e o cronograma físico-financeiro de execução da obra.

Todos os documentos finais a serem utilizados para a execução dos serviços deverão possuir a indicação de status de “ Projeto Executivo”. A aprovação do projeto pelo LIT/INPE não isenta seus autores das responsabilidades estabelecidas nas normas e regulamentos pertinentes às atividades profissionais.

A CONTRATADA deverá fornecer nesta fase o projeto executivo das seguintes especialidades:

- **Projeto de Arquitetura e Paisagismo;**
- **Projeto das Fundações e Estrutural;**
- **Projeto de Instalações Elétricas, Telefonia, Rede de Dados, Controle de Acesso, CFTV e Automação Predial;**
- **Projeto de Instalações Hidráulicas, Sanitárias e de Combate a Incêndio.**
- **Projeto de Fluidos Industriais;**
- **Projeto de Pavimentação Externa e Estacionamento;**

Deverá também ser fornecida nesta fase uma maquete física da configuração final incluindo edificações existentes e edificações da ampliação. Deverá ser executada com materiais de resistência adequada, sobre base rígida e deverá possuir rodapé de acrílico removível. A maquete deverá possuir selo ou placa em lugar visível contendo a identificação do projeto ( Laboratório de Integração e Testes – LIT) e a escala da maquete. A escala utilizada na construção da maquete será 1:80 .

A maquete física deverá representar o exterior das edificações com todos os detalhes, abranger a área construída do laboratório, área de descarga e manobras, entorno com utilidades, elementos de paisagismo ( árvores, arbustos, grama, etc) e folga mínima de 5 cm da borda da base. Deverá ser construída de forma modular, com dimensões máximas compatíveis com os acessos da área onde será instalada e equipada com rodízios ou outros meios

de movimentação permitindo o deslocamento do conjunto e o transporte para a área de acesso do LIT onde será posicionada.

As partes internas e os principais equipamentos instalados nas áreas deverão estar visíveis através de aberturas convenientemente localizadas, devendo possuir os recursos de animação similares aos da maquete existente . A maquete deverá conter no mínimo 40 (quarenta) miniaturas humanas, 50 (cinquenta) miniaturas de automóveis e 10(dez) miniaturas de caminhões/ônibus.



Deverá ser considerado como parte integrante do fornecimento o transporte, descarga, posicionamento e eventual integração de partes da maquete no local indicado pelo LIT onde a mesma ficará exposta, em suas instalações de São José dos Campos. .

#### **4. Prazo para Elaboração dos Projetos**

A CONTRATADA deverá apresentar em até 15 dias do início do contrato um cronograma físico preliminar com as principais etapas do projeto (relação de documentos previstos para cada etapa) , em conformidade os seguintes marcos:

- 4.1 Os documentos da etapa **Levantamento de Dados** deverão ser apresentados em até 45 (quarenta e cinco ) dias da assinatura do contrato.
- 4.2 Os documentos da etapa **Estudos Preliminares** deverão ser apresentados em até 60 (sessenta ) dias da assinatura do contrato.
- 4.3 O **Projeto Conceitual** deverá ser apresentado em até 90 (noventa) dias da assinatura do contrato.
- 4.4 O **Projeto Básico Avançado de Arquitetura e Estrutural** deverão ser apresentados em até 180 (cento e oitenta ) dias da assinatura do contrato.
- 4.5 O **Projeto Básico Avançado das Instalações** deverá ser apresentado em até 240 (duzentos e quarenta ) dias da assinatura do contrato.
- 4.6 O **Projeto Executivo** deverá ser apresentado em até 270 (duzentos e setenta ) dias da assinatura do contrato.

#### **5. Preço Global Máximo**

A CONTRATADA deverá apresentar na sua proposta o preço global para a execução dos serviços conforme descrito neste documento e anexos do edital de concorrência .

O preço global máximo admitido pela CONTRATANTE está indicado no edital de concorrência.

## 6. Cronograma Físico-Financeiro

Os pagamentos serão efetuados mediante a entrega dos documentos/projetos referentes a cada etapa do projeto definidos no item 3 deste Termo de Referência, da seguinte forma::

ITEM	ETAPAS DO PROJETO	PAGAMENTOS % / PRAZO LIMITE					
		T0+45 DIAS	T0+60 DIAS	T0+90 DIAS	T0+180 DIAS	T0+240 DIAS	T0+270 DIAS
1	LEVANTAMENTO DE DADOS	5%					
2	ESTUDOS PRELIMINARES		10%				
3	PROJETO CONCEITUAL			15%			
4	PROJETO BASICO AVANÇADO ARQUITETURA, FUNDAÇÕES E ESTRUTURAL				30%		
5	PROJETO BASICO AVANÇADO DAS INSTALAÇÕES					20%	
6	PROJETO EXECUTIVO						20%

**T0 : data de assinatura do contrato.**

## 7. Entrega dos Documentos de Projeto

Deverão ser entregues os documentos para acompanhamento e análise do desenvolvimento de cada etapa do projeto considerando:

### 7.1 Documentos para Acompanhamento e Análise

Para acompanhamento de desenvolvimento de cada etapa de projeto de cada especialidade técnica, deverão ser entregues, para cada revisão apresentada:

- 2 (dois) jogos completos em papel sulfite nos formatos padrões da ABNT, sendo devolvido um jogo após a análise e comentários do LIT.
- Desenhos técnicos deverão ser disponibilizados em formato DWF, possibilitando anotações e comentários sobre o desenho no próprio arquivo.
- Demais documentos deverão ser apresentados em formato editável .

- Deverá ser enviado para cada documento editável sua versão em PDF.

## 7.2. Recebimento Definitivo de Cada Etapa do Projeto

Para o Recebimento Definitivo de cada etapa de projeto a CONTRATADA deverá

entregar:

### 7.2.1 Documentos Impressos

- a) 3 vias das plantas impressas no seu formato original , assinadas pelos responsáveis técnicos pertinentes e pelo coordenador de projeto ;
- b) 3 jogos encadernados das plantas no formato A3 ;
- c) 3 vias dos memoriais, especificações, planilhas de preços e demais documentos elaborados, assinados pelos responsáveis técnicos pertinentes e pelo coordenador de projeto;

### 7.2.2 Documentos Mídia Eletrônica (CD-ROM)

- 3 cópias dos arquivos das plantas em formatos fechados para edição DWF e PDF;
- 3 cópias dos arquivos das plantas em formatos abertos para edição DWG, DOC, XLS, TIF, JPG, MPP.
- 3 cópias dos memoriais, especificações, planilhas de preços e demais documentos elaborados, em formato PDF;
- 3 cópias dos memoriais, especificações, planilhas de preços e demais documentos elaborados, em formato editável DOC, XLS, MPP.

Todas as informações disponibilizadas nos diretórios e documentos eletrônicos de CAD, documentos de textos e planilhas deverão estar atendendo à nomenclatura de diretórios, arquivos e layers apresentadas no ANEXO II - PRÁTICAS DE PROJETO ( DIRETRIZES DE INTERCAMBIALIDADE DE PROJETO EM CAD e FORMATAÇÃO – ENTREGA DE DOCUMENTOS).

A CONTRATADA deverá assegurar que os documentos estejam legíveis, prontamente identificáveis e com revisão atualizada e identificada.

Em caso de proposta de alterações da metodologia de nomenclatura, a CONTRATADA deverá consultar previamente a Comissão de Fiscalização.

Todos os documentos impressos e mídias eletrônicas para Recebimento Definitivo deverão ser entregues com documento de apresentação relacionando os documentos e mídias e será protocolado pelo responsável da equipe do LIT pelo acompanhamento do projeto ou secretaria do LIT.

## **8. Reuniões Técnicas**

Deverão ser realizadas reuniões técnicas periódicas com a Comissão de Fiscalização e responsáveis do LIT pelo projeto para definições, discussões e decisões de projeto, análise do desenvolvimento, acompanhamento do cronograma, aprovação do projeto e demais necessidades típicas . As reuniões serão realizadas no LIT/INPE em São José dos Campos – SP, conforme programa e periodicidade definidas no anexo I - E do edital .

## **9. Planilha Orçamentária**

Para a elaboração das Planilhas Orçamentárias Sintética e Analítica, a CONTRATADA deverá seguir as instruções do ANEXO II - PRÁTICAS DE PROJETO: ORÇAMENTOS.

## **10. Memoriais Descritivos**

Os Memoriais Descritivos elaborados nas diversas fases de projeto, apresentando objetivos, premissas básicas, normas adotadas e outros detalhes importantes para compreensão geral do Projeto , deverão seguir as instruções do ANEXO II - PRÁTICAS DE PROJETO: MEMORIAIS / CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES.

## **11. Anotação De Responsabilidade Técnica**

Todos os projetos e documentos técnicos correlatos definitivos deverão ser entregues acompanhados da cópia das respectivas Anotações de Responsabilidades Técnicas - ART's e seus comprovantes de pagamento. Deverão ser apresentadas as Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) de cada um dos profissionais envolvidos na elaboração do Projeto ( inclusive do autor da Planilha Orçamentária e Cronograma Físico-Financeiro ) , com os devidos recolhimentos, conforme disposto na Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977.

## **12. Visita Técnica**

Para o correto dimensionamento e elaboração de sua proposta, o licitante deverá realizar visita técnica às instalações do local de execução dos serviços, acompanhado por servidor designado para esse fim, de segunda à sexta-feira, das 8:00h às 11:00h ou das 13:30h às 16:00h, devendo o agendamento ser efetuado previamente pelo telefone (12) 3208-6335 / (12) 3208-6280 ( secretaria do LIT) .

Recomendamos que a visita técnica seja realizada por representante indicado pela empresa licitante com formação técnica na área de projetos (Engenheiro, Arquiteto ou Técnico de Edificações), para conhecimento das interferências e

interfaces com as instalações existentes com o projeto de ampliação e visita às áreas de utilidades do prédio existente do LIT .

O prazo para visita terá início no dia útil seguinte ao da publicação do Edital, estendendo-se até o dia útil anterior à data prevista para a abertura da sessão pública.

Será considerado que a proposta apresentada pela licitante esteja fundamentada no conhecimento pleno dos requisitos e necessidades expostos neste Termo de Referência uma vez que lhe são oferecidas as condições para as inspeções prévias dos locais de execução dos serviços, bem como para as tarefas prévias de levantamentos e avaliações das informações técnicas a respeito das instalações e interfaces físicas existentes nas instalações do INPE, não sendo cabível, portanto qualquer solicitação posterior de complemento para a execução do objeto contratual.

A alegação de desconhecimento das condições locais não poderá servir de justificativa, por parte da contratada, para posteriores reivindicações de alteração de prazos e preços de serviços e fornecimentos.

Será fornecido à LICITANTE declaração de visita técnica, conforme modelo constante no anexo V do Edital de Concorrência, que deverá acompanhar a documentação da proposta técnica.

São José dos Campos, 14 de Fevereiro de 2014.