



Abordagem Integrada de Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos na Implantação da Ampliação do Laboratório de Integração e Testes de Satélites do INPE

RIZZETTO, J. ¹, LOUREIRO, G. ²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Aluno de Mestrado do curso de Eng. e Gerenciamento de Sistemas Espaciais - CSE.

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Professor Doutor do curso de Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais.

joao.rizzetto@lit.inpe.br

Resumo. O objetivo deste artigo é apresentar os conceitos e os resultados da utilização de uma abordagem integrada de engenharia de sistemas e gerenciamento de projetos que está sendo utilizada na condução do projeto de expansão do laboratório de integração e testes de satélites do INPE. A abordagem visa a melhoria do planejamento, execução e gestão dos processos relacionados ao ciclo de vida de uma grande infraestrutura para o setor espacial.

Palavras-chave: Engenharia de Sistemas; Gerenciamento de Projetos; Abordagem Integrada ES & GP.

1. Introdução

A implantação de grandes infraestruturas para o setor espacial, quando realizadas sob responsabilidade única das equipes de Engenharia de Sistemas envolvidas nos programas espaciais, frequentemente são acompanhadas por deficiências na condução dos processos de gerenciamento de implantação e nos aspectos administrativos da infraestrutura, uma vez que estes profissionais normalmente estão focados na atividade fim da instalação.

Por outro lado, a realização sob responsabilidade única das equipes de Gerenciamento de Projetos frequentemente resulta em uma implantação com sucesso no cumprindo prazos e orçamento, mas nem sempre otimizada para as atividades técnicas a serem desenvolvidas após a conclusão da implantação.



Para se desenvolver projetos com alto grau de complexidade técnica no setor espacial, é cada vez maior o consenso sobre a necessidade de integração entre as disciplinas de Engenharia de Sistemas (SE, do inglês System Engineering) e do Gerenciamento de Projetos (PM, do inglês Project Management) para o atingimento dos objetivos desses projetos. A utilização de conceitos de SE e PM em projetos complexos é prática comum na comunidade profissional que atua no segmento de implantação de projetos. Uma pesquisa conjunta promovida pelo PMI e o INCOSE e publicados por Conforto et al. (2013) representam, conforme seus resultados ilustrados na figura 1, os percentuais de utilização dos conceitos de Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos pelos profissionais frequentemente envolvidos neste tipo de projeto.

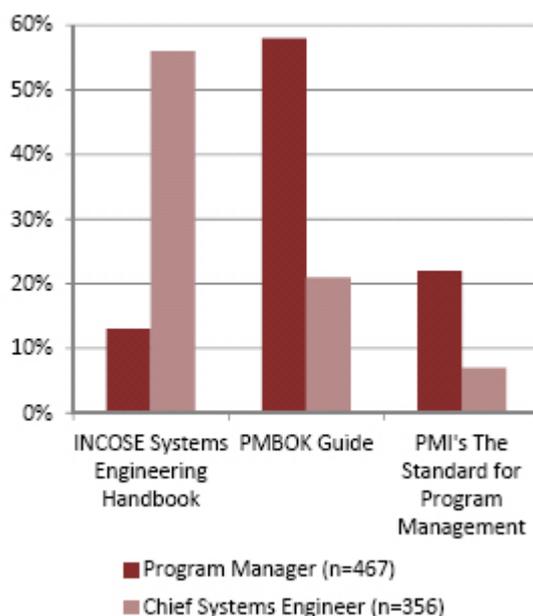


Figura 1. Utilização de padrões INCOSE e PMI por profissionais de Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos. [Conforto et al. 2013]

Apesar do grande impacto que a implantação de grandes infraestruturas espaciais têm nos resultados de projetos de sistemas espaciais, a grande maioria da literatura atual aborda o tema de forma marginal, dando maior ênfase ao gerenciamento do desenvolvimento de produtos do segmento espacial.

O projeto de ampliação do Laboratório de Integração e Testes – LIT do INPE envolvendo o projeto executivo, a execução das instalações físicas (construção das edificações) e as instalações de utilidades (energia, fluidos, condicionamento de ar, etc) visando abrigar a instalação dos meios para manipulação, montagem, integração e testes (funcionais e climáticos) de satélites de grande porte ou seus subsistemas, é um projeto complexo que foi beneficiado por uma abordagem sistêmica integrada desde o início da sua implantação até a fase atual.

Este artigo se propõe em apresentar os principais aspectos da abordagem integrada utilizada na condução do projeto de expansão do LIT, que poderá servir de modelo para o



desenvolvimento da abordagem integrada de engenharia de sistemas e gerenciamento de projetos em outros projetos de complexidade similar.

2. Metodologia – Abordagem Integrada SE e PM

2.1 Engenharia de Sistemas

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).

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).

Conforme o Handbook da NASA que é um dos modelos de utilização dos conceitos de Engenharia de Sistemas para projetos espaciais, o gerenciamento de um projeto consiste em três principais objetivos: o gerenciamento da equipe de projeto, o gerenciamento dos aspectos técnicos do projeto e o gerenciamento de custos e prazos. Como representado na figura 2, essas três funções são inter-relacionadas e complementares.



Figura 2. Contexto Global do Gerenciamento de Projetos Complexos [Adaptada do Handbook NASA 2017]



Conforme descrito na Nasa Procedural Requirements (NPR) 7123.1, os processos e requisitos técnicos comuns a serem aplicados aos produtos dos sistemas desenvolvidos pela NASA são divididos em três conjuntos: Projeto do Sistema, Realização do Produto e Gerenciamento Técnico.

Na Figura 3 são ilustradas as interações e fluxos de cada conjunto dos processos do projeto do sistema, realização do produto e gestão técnica.

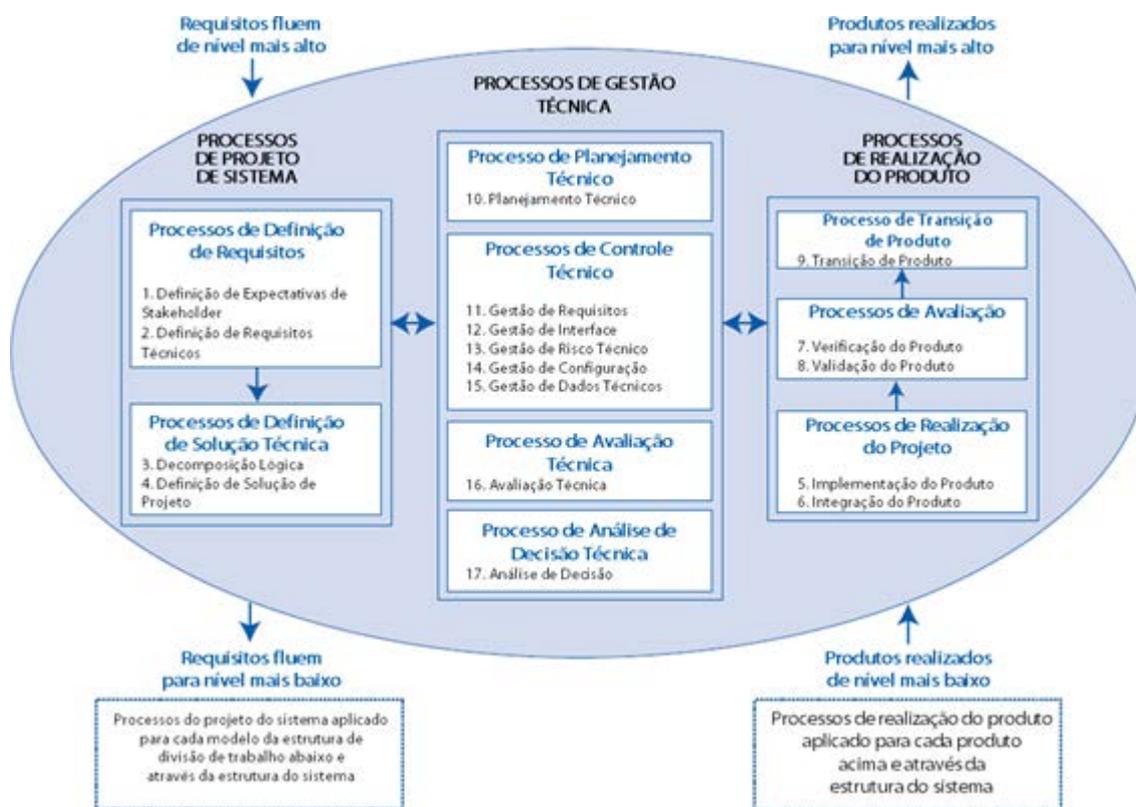


Figura 3. Processos de Engenharia de Sistemas da NASA [Adaptada da NPR 7123.1]

O foco principal da engenharia de sistemas é no gerenciamento dos aspectos técnicos do projeto, com ênfase na definição de requisitos técnicos, solução de projeto e processos de realização dos produtos.

2.2 Gerenciamento de Projetos

Assim como a Engenharia de Sistemas, o Gerenciamento de Projetos (PM) é uma abordagem multidisciplinar constituída por um conjunto de processos de gestão, com foco na definição de recursos, planejamento e controle das atividades que visam viabilizar a implantação bem-sucedida de projetos.



Com a evolução em complexidade e importância dos projetos, um segmento da comunidade profissional envolvida com o gerenciamento de projetos identificaram as melhores práticas de gerenciamento e registraram estas informações no guia PMBOK (Project Management Body of Knowledge) editado pela PMI, que foi elaborado visando desenvolver e divulgar as melhores práticas de gerenciamento de projetos e que tem larga aceitação nos meios profissionais e acadêmicos.

Conforme as melhores práticas formalizadas no PMBOK, o gerenciamento de projetos está dividido em cinco grupos de processos:

- a) Iniciação
- b) Planejamento
- c) Execução
- d) Monitoramento e Controle
- e) Encerramento

Conforme representado na figura 4, a natureza integradora do gerenciamento de projetos necessita a interação entre os seus grupos de processos para a correta evolução dos projetos.

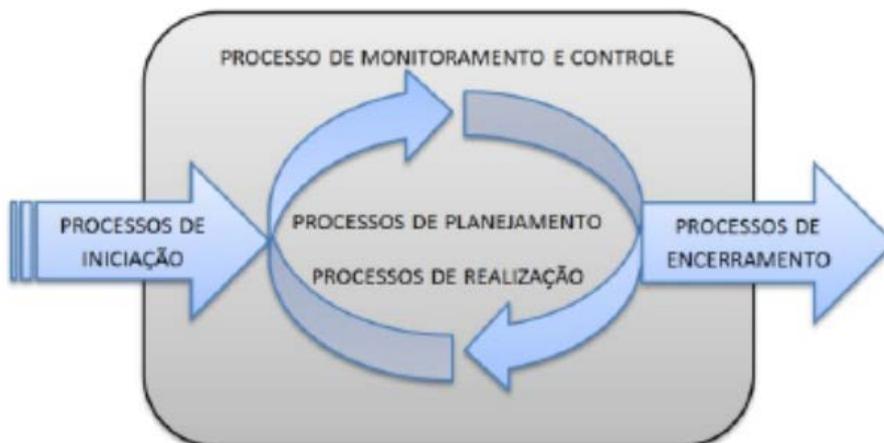


Figura 4. Grupos de processos de gerenciamento de projetos . [Adaptada do PMBOK 2008]

O PMBOK divide o gerenciamento de projetos em dez áreas de conhecimento, incluindo em cada área um grupo de processos, conforme indicado na figura 5.



X Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais

7 a 9 de agosto de 2019

ÁREA DE CONHECIMENTO RELACIONADA	ATIVIDADES A REALIZAR POR GRUPOS DE PROCESSOS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS				
	Grupo de processos de <i>Iniciação</i>	Grupo de processos de <i>Planejamento</i>	Grupo de processos de <i>Execução</i>	Grupo de processos de <i>Monitoramento e Controle</i>	Grupo de processos de <i>Encerramento</i>
4. Gerenciamento de <i>Integração</i> do projeto	4.1 Desenvolver o Termo de Abertura do projeto	4.2 Desenvolver o Plano de Gerenciamento do projeto	4.3 Orientar e Gerenciar o Trabalho do Projeto 4.4 Gerenciar o conhecimento do projeto	4.5 Monitorar e controlar o trabalho do projeto 4.6 Realizar o Controle Integrado de Mudanças	4.7 Encerrar o projeto ou fase
5. Gerenciamento do <i>Escopo</i> do projeto		5.1 Planejar o Gerenciamento do escopo 5.2 Coletar os Requisitos 5.3 Definir o Escopo 5.4 Criar a EAP		5.5 Validar o Escopo 5.6 Controlar o escopo	
6. Gerenciamento do <i>Cronograma</i> do projeto		6.1 Planejar o Gerenciamento do Cronograma 6.2 Definir as atividades. 6.3 Sequenciar as Atividades 6.4 Estimar a Duração das Atividades 6.5 Desenvolver o Cronograma		6.6 Controlar o Cronograma	
7. Gerenciamento dos <i>Custos</i> do projeto		7.1 Planejar o Gerenciamento dos Custos 7.2 Estimar os Custos 7.3 Determinar o Orçamento		7.4 Controlar os custos.	
8. Gerenciamento da <i>Qualidade</i> do projeto		8.1 Planejar o Gerenciamento da Qualidade.	8.2 Gerenciar a qualidade	8.3 Controlar a qualidade	
9. Gerenciamento dos <i>Recursos</i> do projeto		9.1 Planejar o Gerenciamento dos Recursos 9.2 Estimar os Recursos das Atividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desenvolver a Equipe de projeto 9.5 Gerenciar a Equipe de projeto	9.6 Controlar os Recursos	
10. Gerenciamento das <i>Comunicações</i> do projeto		10.1 Planejar o Gerenciamento das Comunicações	10.2 Gerenciar as Comunicações	10.3 Monitorar as Comunicações	
11. Gerenciamento dos <i>Riscos</i> do projeto		11.1 Planejar o Gerenciamento dos Riscos 11.2 Identificar os Riscos 11.3 Realizar a Análise Qualitativa dos Riscos 11.4 Realizar a Análise Auantitativa dos Riscos 11.5 Planejar as Respostas aos Riscos	11.6 Implementar Respostas aos Riscos	11.7 Monitorar os Riscos	
12. Gerenciamento das <i>Aquisições</i> do projeto		12.1 Planejar o Gerenciamento das Aquisições	12.2 Conduzir as Aquisições	12.3 Controlar as Aquisições	
13. Gerenciamento das <i>Partes Interessadas</i> do projeto	13.1 Identificar as Partes Interessadas	13.2 Planejar o Engajamento das Partes Interessadas	13.3 Gerenciar o Engajamento das Partes Interessadas	13.4 Monitorar o Engajamento das Partes Interessadas	

Figura 5. As 10 áreas de conhecimento e os 49 processos de gerenciamento de projetos . [PMBOK 2017]

3. Abordagem sistêmica no projeto de ampliação do LIT

O projeto de ampliação do LIT envolve o projeto completo, a construção das edificações, as instalações de utilidades e a implantação dos meios para manipulação, montagem, integração e testes (funcionais e ambientais) de satélites de grande porte e seus sub-sistemas, nas suas diversas fases de integração. Este artigo relata os aspectos principais da abordagem utilizada na primeira fase do projeto que incluiu a elaboração do projeto executivo completo, a construção do prédio das câmaras com suas utilidades essenciais. Na figura 6 podemos ver a representação do layout do LIT atual e das duas áreas contempladas no projeto de expansão (Área 1 e Área 2).

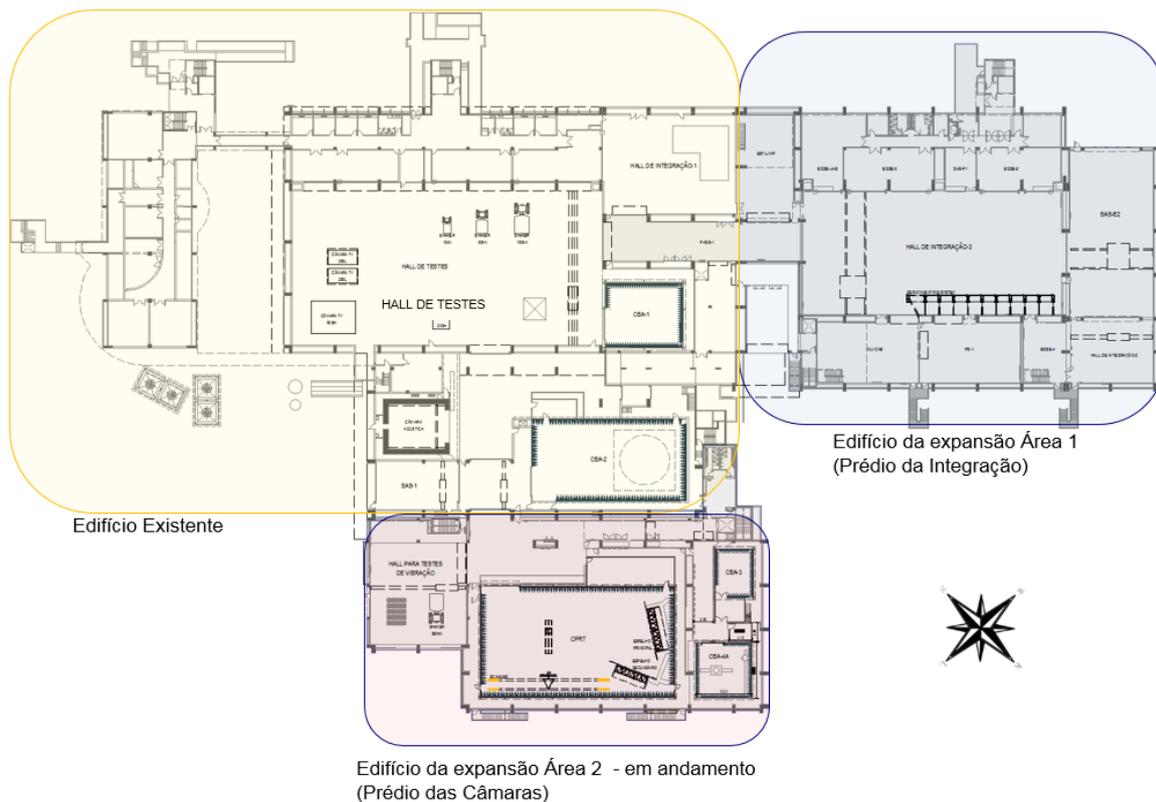


Figura 6. Layout incluindo áreas 1 e 2 do projeto de expansão do LIT.

Para a organização da equipe para gerenciamento de um projeto complexo, [Eisner 2013] propõe um organograma composto por três principais funções: o gerente de projeto (Project Manager), um chefe de Engenharia de Sistemas (Chief Systems Engineer) e um controlador do projeto (Project Controller).

O grupo de projeto da ampliação foi organizado envolvendo membros das equipes operacionais de testes do LIT cujo perfil principal é o de engenheiros (servidores da carreira de tecnologia) com grande conhecimento em Engenharia de Sistemas e engenheiros com grande experiência em Gerenciamento de Projetos, incluindo a elaboração de processos de contratação e de gerenciamento de obras. A figura 7 representa o organograma estabelecido para o projeto de ampliação do LIT.

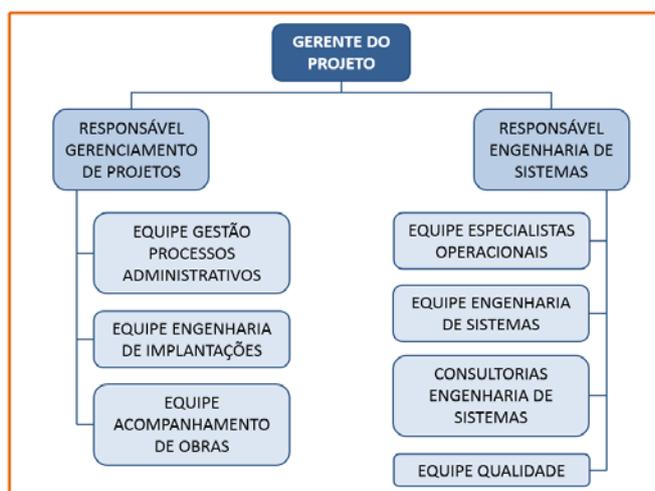


Figura 7. Organograma grupo de projeto Ampliação do LIT.

A primeira fase de ampliação do laboratório foi constituída pelas seguintes atividades:

- Especificação básica dos principais meios de testes a serem implantados;
- Desenvolvimento do projeto executivo civil e de utilidades completo;
- Execução das obras civis completas da Área 2 (prédio das Câmaras);
- Execução parcial das instalações de utilidades da Área 2;

A abordagem principal utilizada nas atividades “a” e “b” foi com conceitos de Engenharia de Sistemas, priorizando a identificação de necessidades, o estabelecimento dos requisitos dos equipamentos e instalações e o desenvolvimento do projeto da solução. As necessidades identificadas originaram os primeiros requisitos para o sistema a ser projetado e implantado. Conforme [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.

Conforme a European Cooperation For Space Standardization [ECSS 2009], na sua norma ECSS-M-ST-10, 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 como mais frequentemente, 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.

No projeto de expansão do LIT, os requisitos técnicos dos equipamentos a serem implantados, suas interfaces com as edificações e utilidades e suas condições para instalação e operação foram conduzidas pelos membros da equipe com formação em engenharia de sistemas, coordenados pelo “Responsável Engenharia de Sistemas”.



Participaram ativamente destas atividades especialistas operacionais do laboratório, consultorias nacionais e internacionais especializadas em atividades para o segmento espacial.

Os aspectos funcionais da instalação, dimensionamento de utilidades, áreas de suporte como manutenção, administração e suporte técnico foram definidos com participação majoritária da equipe técnica de engenheiros com experiência em implantações e acompanhamento de obras. A definição dos escopos de contratação de serviços e compra de materiais, o gerenciamento dos cronogramas de entrega dos bens e serviços, da qualidade da execução dos trabalhos e das aquisições foram executados pelos membros da equipe com perfil de gerenciamento de projetos, coordenados pelo “Responsável Gerenciamento de Projetos “.

4. Conclusão

Os primeiros estudos relativos ao projeto de expansão do LIT foram executados com participação majoritária dos técnicos e especialistas do segmento, que identificaram uma necessidade e definiram uma proposta de solução técnica básica, em conformidade com as expectativas de viabilidade econômica. A solução técnica inicial foi da implantação 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 operacional e funcional, composta por uma equipe científica, técnica e administrativa, que possibilitariam a execução das atividades previstas.

A concepção inicial foi desenvolvida incorporando conceitos observados em instalações de referência obtidas por meio de visitas a instituições internacionais e da troca de informações com as equipes técnicas e científicas internacionais do segmento de laboratórios de AIT, com ênfase na operacionalidade das atividades técnicas e científicas a ser desenvolvidas, bem como nas características e requisitos técnicos dos equipamentos e tecnologias que serão integradas para realização das atividades fim da instalação.

A metodologia utilizada no desenvolvimento das atividades do projeto de expansão do LIT buscou integrar os conceitos de desenvolvimento e gerenciamento de sistemas espaciais preconizados pela disciplina de Engenharia de Sistema aos aspectos de organização e gestão de projetos de grande porte difundidos pela disciplina de Gerenciamento de Projetos.

Conforme imagens da evolução das obras na figura 8, o projeto de expansão do LIT está no final da sua primeira fase (orçamento de 45 milhões de reais), tendo seus objetivos estabelecidos sido executados em conformidade com o escopo, custos e prazos do convênio em andamento.

A abordagem integrada utilizada serve como uma referência para projetos futuros de implantação de grandes infraestruturas de sistemas espaciais que vierem a ser implantados pelo INPE ou outras instituições congêneres, bem como pode servir de base e inspiração para novos estudos complementares visando o desenvolvimento do tema de integração entre Engenharia de Sistemas e Gerenciamento de Projetos aplicados ao desenvolvimento de projetos complexos.



Figura 8. Registro fotográfico da evolução da obra - Projeto Ampliação do LIT.

Referências

Conforto et al. (2013) “Improving the Integration of Program Management and Systems Engineering”, Whitepaper presented at the 23rd INCOSE Annual International Symposium, Philadelphia, USA, June 2013.

ECSS (European Cooperation for Space Standardization). Space project management. Project planning and implementation. ECSS-M-ST-10C_Rev.1 2009

Eisner, H. Essentials of project and systems engineering management. 3. ed. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2013. ISBN 978-0-470-1293-3

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.

NASA - National Aeronautics and Space Administration (2013) - NPR 7123.1B - NASA Procedural Requirements - Systems Engineering Processes and Requirements, USA, 2013.

NASA - National Aeronautics and Space Administration (2016) - Systems Engineering Handbook SP-2016-6105 Rev 2, Washington, DC, USA, 2016.

PMI (2017) - Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK), sexta edição, Newtown Square, PA: Project Management Institute, USA, 2017.