



Análise de stakeholders do sistema espacial como fonte de requisitos para os Sistemas de Informação que darão suporte aos processos do seu ciclo de vida

Ana Claudia de Paula Silva¹, Dr. Geilson Loureiro²

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Aluna de Doutorado do curso de Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais - CSE.

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Orientador de Doutorado.

ana.claudia@inpe.br

Resumo. *Muitas informações levantadas pelo engenheiro de sistemas, que trabalha para construir o sistema espacial, também são de interesse do engenheiro de software que trabalha para construir os Sistemas de Informação que darão suporte aos processos do ciclo de vida desse sistema. Embora essas atividades costumem ser realizadas independentemente, o potencial de que o esforço realizado no domínio da Engenharia de Sistemas seja também aproveitado no domínio da Engenharia de Software motivou esta pesquisa. Este artigo avaliou a Análise de Stakeholders proposta pela Engenharia Simultânea de Sistemas (SCE) como fonte de requisitos para o desenvolvimento de Sistemas de Informação que darão suporte aos processos do ciclo de vida do sistema espacial. A Análise de Stakeholders foi exemplificada com o caso do satélite AMAZONIA 1 no cenário de ensaios dinâmicos e o resultado dessa análise foi explorado como fonte de requisitos para o desenvolvimento de um Sistema de Informação para apoiar o processo de Montagem, Integração e Testes (AIT) desse satélite. Pode-se observar que o processo de Análise de Stakeholders fornece saídas que também interessam ao desenvolvedor do Sistema de Informação e que as saídas do processo de desenvolvimento do Sistema de Informação podem influenciar positivamente na solução de engenharia do sistema espacial. O resultado apresentado sinaliza que o desenvolvimento simultâneo e colaborativo do sistema espacial e de Sistemas de Informação para apoiar os processos do seu ciclo de vida é viável e vantajoso.*

Palavras-chave: Sistema de Informação, Engenharia de Sistemas Espaciais, Desenvolvimento de Satélites

1. Introdução

Este artigo utiliza o processo de Montagem, Integração e Testes (AIT) do satélite AMAZONIA 1 como caso de estudo para investigar a possível colaboração entre a atividade de análise de *stakeholders* realizada no processo de engenharia do sistema espacial e o desenvolvimento de Sistemas de Informação para apoiar os processos do ciclo de vida desse sistema.

Sistema de Informação (SI) é um conjunto de componentes inter-relacionados que coleta, processa, armazena e dissemina dados e informações. Sistemas de Informação baseados em com-



putador incluem hardware, software, redes, pessoas e procedimentos (STAIR; REYNOLDS, 2018).

Um SI adequado facilita o acesso às informações, elimina ou minimiza possíveis inconsistências, assim como a realização da mesma tarefa por mais de uma vez por diferentes interessados na mesma informação ao longo dos processos de negócio das organizações.

Processo de negócio é um conjunto de atividades ou tarefas relacionadas que são executadas para entregar um resultado esperado, como um produto ou um serviço (ROSING; SCHEER; SCHEEL, 2015). No processo de AIT de satélites, um conjunto de atividades é realizado para que um satélite montado, integrado e testado seja entregue. Essas atividades incluem não somente as atividades de montagem, integração e testes propriamente ditas, mas também todas as outras que possibilitam que essas atividades principais aconteçam.

Sistemas de Informação para atender às necessidades do processo de AIT de ponta a ponta não são encontrados no mercado e, ainda que fossem, um desenvolvimento customizado para as organizações que implementam esse processo seria uma melhor opção, pois um SI desenvolvido sob medida adequa-se aos processos e às características da organização, enquanto ao optar por comprar um sistema de prateleira, a organização acaba por ter que adequar seus processos, sua forma de trabalho, ao sistema. Conforme colocado por (STAIR; REYNOLDS, 2018), um sistema desenvolvido especificamente para o processo de negócio da própria organização tem maior potencial de atender suas necessidades e obter vantagem competitiva.

Muitas informações levantadas no domínio da Engenharia de Sistemas, pelo engenheiro de sistemas que tem como objetivo construir o sistema espacial, também são necessárias no domínio da Engenharia de Software para construir o SI que dará suporte aos processos do ciclo de vida desse sistema. Há potencial para que o esforço realizado no domínio da Engenharia de Sistemas seja aproveitado também no domínio da Engenharia de Software, e este potencial é a principal motivação para esta pesquisa.

Foram realizadas buscas nas bases *Web of Science* e *Scopus* com o intuito de encontrar trabalhos relacionados ao tema desta pesquisa, mas não foram encontrados, com exceção de um trabalho dos próprios autores (SILVA; LOUREIRO, 2018), já abordando esse tema. Foram encontrados alguns artigos da área espacial envolvendo Sistemas de Informação, porém esses trabalhos não têm foco nesses sistemas, ou ainda o sistema tem finalidade diferente do tema de interesse desta pesquisa, como, por exemplo, softwares de simulação (TAN; LABRADOR; TALAMPAS, 2020).

Esta artigo apresenta resultados parciais de uma pesquisa mais abrangente, em andamento, que visa o desenvolvimento simultâneo do sistema espacial e de Sistemas de Informação para apoiar os processos do seu ciclo de vida.

O objetivo deste artigo é avaliar a atividade de análise de *stakeholders* realizada no processo de engenharia do sistema espacial como fonte de requisitos para os Sistemas de Informação que darão suporte aos processos do ciclo de vida desse sistema.

2. Metodologia

Para realização deste trabalho, foi adotada a Engenharia Simultânea de Sistemas (SCE) como abordagem para a engenharia do sistema espacial. O uso da SCE foi exemplificado com o caso do satélite AMAZONIA 1. Para gerar resultados da análise de *stakeholders*, que foram base para o trabalho, foram realizadas entrevistas com dois membros da equipe de AIT do LIT que



participaram do projeto AMAZONIA 1. Um deles respondeu sobre o processo de AIT como um todo e o outro respondeu especificamente sobre as atividades de ensaios dinâmicos. A análise de *stakeholders* foi avaliada como fonte de requisitos com base na experiência dos autores com desenvolvimento de Sistemas de Informação.

3. Resultados e Discussão

3.1. Engenharia Simultânea de Sistemas (SCE)

3.1.1. Visão geral e justificativa para utilização da SCE

Para realização deste trabalho, consideramos o uso da SCE como abordagem para a engenharia do sistema espacial.

SCE é uma abordagem que integra Engenharia de Sistemas e Engenharia Simultânea para o desenvolvimento de produtos complexos (LOUREIRO, 1999). Ela foi proposta em 1999 por (LOUREIRO, 1999) e veio evoluindo ao longo dos anos de acordo com as lições aprendidas com sua aplicação em diversos sistemas complexos (LOUREIRO; PANADES; SILVA, 2018). A abordagem SCE, em sua versão mais atual, implementa o *framework* apresentado na Figura 1, que é denominado *The Total View Framework*



Figura 1. Total View Framework. [Fonte: traduzida de (LOUREIRO; PANADES; SILVA, 2018)]

Na figura 1, a dimensão de análise inclui os subprocessos do processo de Engenharia de Sistemas que são aplicados aos elementos de cada camada da estrutura de decomposição do produto, representados na dimensão de estrutura. A dimensão de integração contém os elementos que devem ser integrados na solução sistema. O *Total View Framework* assume que os processos de Engenharia de Sistemas podem ser aplicados tanto para o desenvolvimento do produto,



quanto das organizações (*serviço* na figura) que executam os processos do ciclo de vida desse produto (LOUREIRO; PANADES; SILVA, 2018). É a dimensão de integração que usa a engenharia simultânea (LOUREIRO; PANADES; SILVA, 2018).

A Engenharia Simultânea é uma abordagem colaborativa que antecipa os requisitos dos processos do ciclo de vida para os estágios iniciais do desenvolvimento do produto, visando o desenvolvimento simultâneo do produto e das organizações que estão dentro do escopo do esforço de desenvolvimento. Porém, tradicionalmente a Engenharia Simultânea é aplicada somente em níveis muito baixos de abstração para o projeto de peças e seus respectivos processos de ciclo de vida. A SCE expande a engenharia simultânea para todas as camadas da dimensão de estrutura (LOUREIRO; PANADES; SILVA, 2018).

Essa proposta de Engenharia de Sistemas mais abrangente justifica a escolha da SCE para este trabalho, já que os artefatos gerados durante o processo da SCE possibilitam pensar simultaneamente e antecipadamente também sobre os Sistemas de Informação que darão suporte a cada processo do ciclo de vida do produto.

3.1.2. Atividades propostas pela SCE

Com base em uma declaração de missão, a abordagem SCE começa identificando necessidades e medidas de efetividade e, a partir disso, uma solução de missão. Em um próximo passo, são identificados os processos do ciclo de vida do sistema de interesse a ser desenvolvido. Cada processo do ciclo de vida pode ser ainda decomposto em cenários.

Para cada processo ou cenário do processo do ciclo de vida, requisitos de sistemas são derivados através da Análise de *Stakeholders* e das análises de contexto Funcional e de Implementação, tanto para o produto como para a organização que implementa o processo do ciclo de vida.

Dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema são derivadas a arquitetura funcional e a arquitetura de implementação, tanto do produto como da organização. Para cada elemento da arquitetura do sistema são identificados requisitos e medidas de performance e então, chega-se ao projeto detalhado do sistema.

Das atividades propostas pela SCE, este artigo explora a Análise de *Stakeholders* de produto e de organização como fonte de requisitos para os Sistemas de Informação que darão suporte aos processos do ciclo de vida do produto espacial. As demais análises propostas pela SCE não são exploradas neste artigo e são metas de trabalhos futuros.

3.2. Análise de *Stakeholders* da SCE como fonte de requisitos para o Sistema de Informação - Integração do trabalho do engenheiro de software ao processo de Engenharia de Sistemas

O sistema espacial utilizado como exemplo é o satélite AMAZONIA 1. Este é o primeiro satélite de observação da Terra inteiramente projetado, montado, integrado, testado e operado pelo Brasil. A missão do AMAZONIA 1 é gerar imagens do planeta para fornecer dados para monitoramento ambiental, principalmente na região amazônica (INPE, 2021).

A Figura 2 apresenta os processos do ciclo de vida do satélite AMAZONIA 1, destacando o processo de AIT e o cenário de Ensaios Dinâmicos, que é utilizado para exemplificar a Análise de *Stakeholders*.

O cenário de Ensaios Dinâmicos é um desdobramento do cenário de ensaios ambientais, no qual o satélite é exposto a condições controladas em laboratório com o objetivo de verificar e



garantir sua capacidade de suportar as condições ambientais de todas as fases de sua vida útil, desde o momento do lançamento até o término previsto de sua operação em órbita. No cenário de Ensaios Dinâmicos, o satélite passa por ensaios de vibração e ensaios acústicos (LIT, 2021).

As atividades de AIT para o AMAZÔNIA 1 foram realizadas no Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

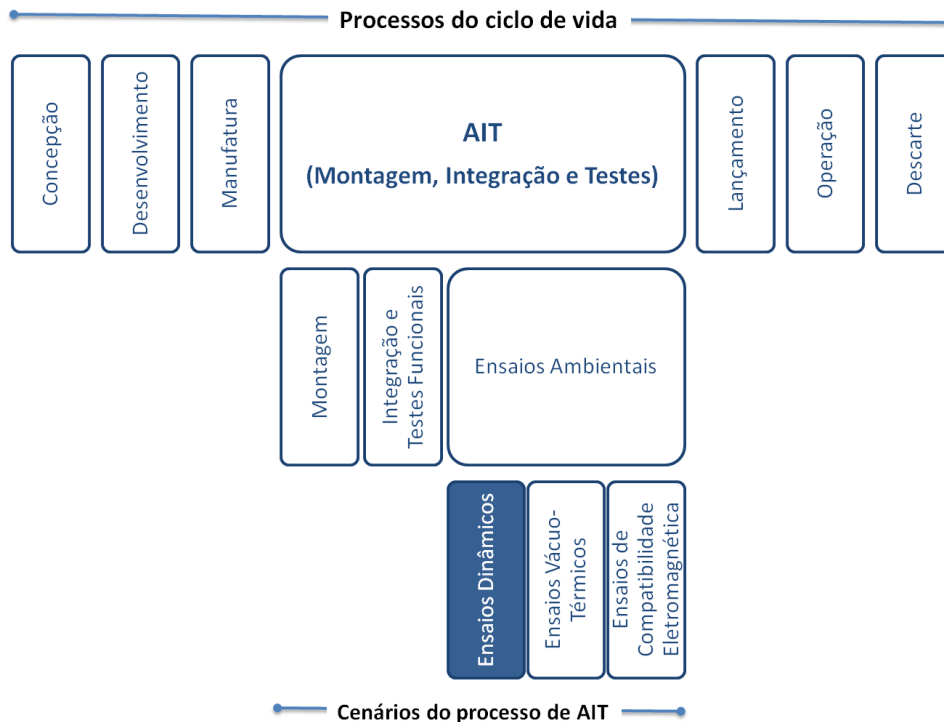


Figura 2. Processos do ciclo de vida do satélite com desdobramento em cenários do processo de AIT

Para a Análise de *Stakeholders*, a SCE propõe que para cada cenário do processo do ciclo de vida do sistema sejam identificados os *stakeholders* do produto e da organização e seus *concerns* (desejos, vontades, objetivos, interesses, preocupações). *Stakeholders* do produto são aqueles que afetam ou são afetados pelo produto naquele cenário. *Stakeholders* da organização são aqueles que afetam ou são afetados pela organização que implementa aquele cenário. A Figura 3 apresenta amostras de *stakeholders* do produto AMAZONIA 1 no cenário de Ensaios Dinâmicos e de seus *concerns*. A Figura 4 apresenta amostras de *stakeholders* do LIT, organização que implementa o processo de AIT, e de seus *concerns*.

Na continuidade do processo de engenharia proposto pela SCE, os *concerns* são transcritos em necessidades e então em requisitos de *stakeholder*. Os requisitos de *stakeholder* descrevem o que os *stakeholders* devem ser capazes de fazer. As Figuras 5 e 6 ilustram esse procedimento.

Após identificar os requisitos de *stakeholder*, o próximo passo para o engenheiro de sistemas é derivar a partir deles os requisitos de sistema. Os requisitos de sistema descrevem o que o sistema deve fazer para que os requisitos de *stakeholder* sejam satisfeitos.

Por exemplo, para o requisito RSTK001, para que a Equipe de Ensaios Dinâmicos consiga fixar o satélite no vibrador, o satélite deverá possuir uma interface mecânica que, além de ser compatível com o sistema de fixação do satélite no veículo lançador, tenha as características

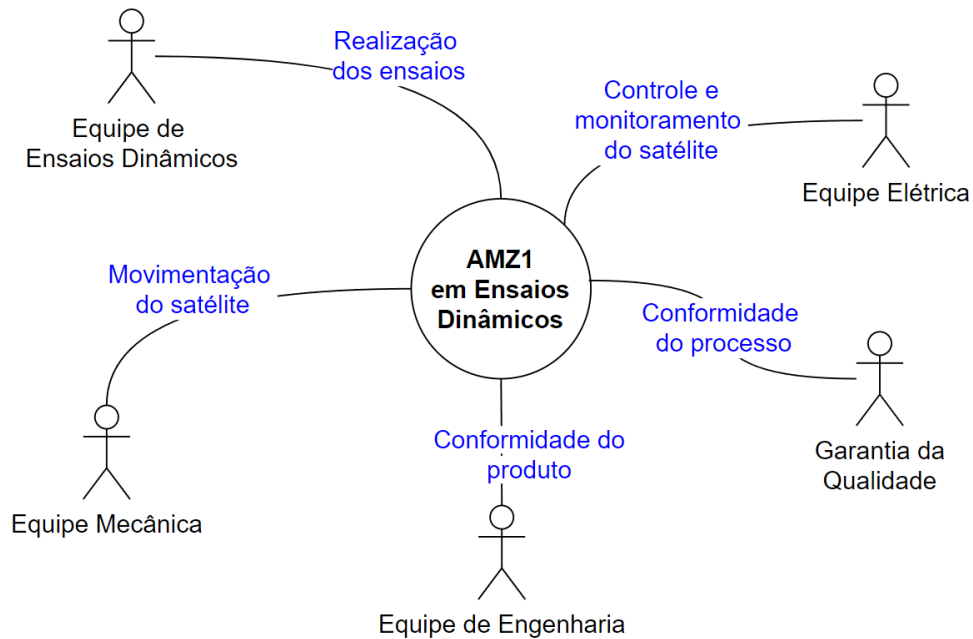


Figura 3. Stakeholders do produto AMAZONIA 1 no cenário de Ensaios Dinâmicos e seus *concerns*

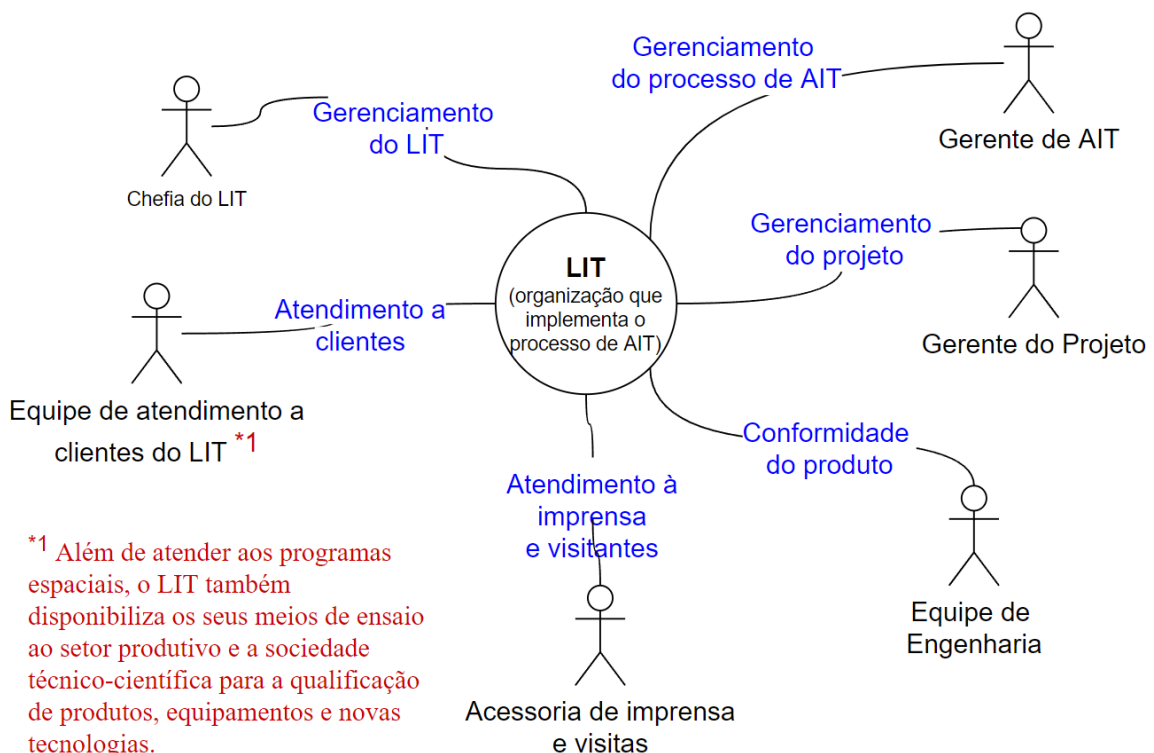


Figura 4. Stakeholders da organização que implementa o processo de AIT e seus *concerns*

físicas (layout de furação e dimensões) da mesa vibratória. Tal interface deverá também ter características mecânico-dinâmicas adequadas para a realização dos ensaios previstos.

Para os requisitos RSTK002 e RSTK003, instalar e remover acelerômetros, os pontos do satélite

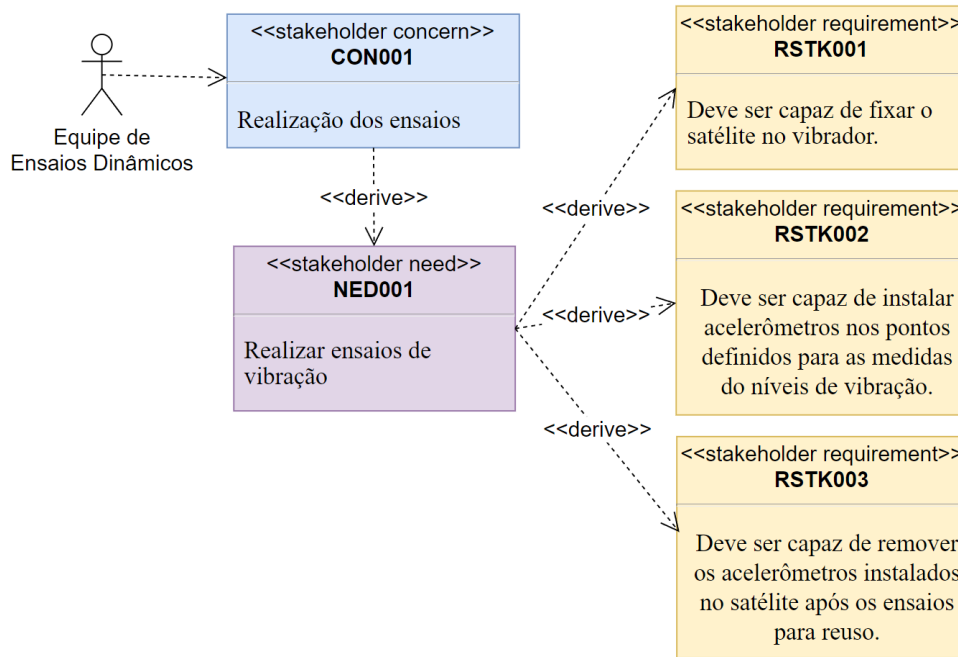


Figura 5. Desdobramento de *concerns* em requisitos de *stakeholder* (*stakeholders* do produto)

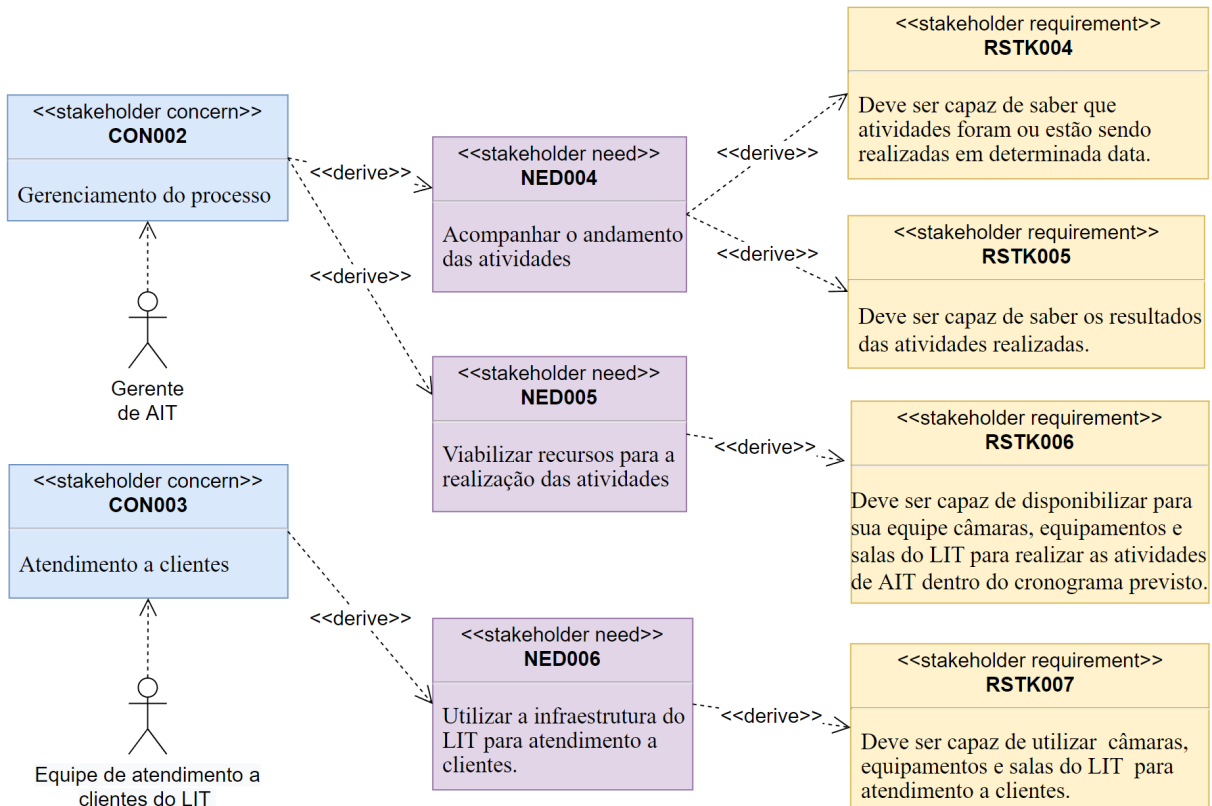


Figura 6. Desdobramento de *concerns* em requisitos de *stakeholder* (*stakeholders* da organização)



definidos para as medidas dos níveis de vibração devem estar acessíveis para que a Equipe de Ensaios Dinâmicos possa instalar e remover os acelerômetros, ou seja, não poderá haver barreira física, como cabeados ou equipamentos bloqueando o acesso a estes pontos.

Enquanto o engenheiro de sistemas trabalha para transformar os requisitos do *stakeholder* em requisitos de sistema, com base nas mesmas informações, o engenheiro de software trabalha para identificar Casos de Uso para o SI que dará suporte ao processo do ciclo de vida em questão. Se outros processos do ciclo de vida também serão contemplados pelo SI, requisitos dos *stakeholders* do sistema espacial em um determinado cenário podem também influenciar o SI nesses outros processos.

Por exemplo, para o requisito RSTK001, as informações das características físicas dos sistemas de vibração do LIT, assim como do sistema de fixação do satélite no veículo lançador (identificado em outro cenário, cenário de Lançamento), deverão estar disponíveis no SI para o projetista da interface mecânica. Para isso, um Caso de Uso para cadastro dos itens da infraestrutura e com campos para prover essas informações pode ser identificado. Nesse caso, requisitos do cenário de Ensaios Dinâmicos estão influenciando o SI que dará suporte ao processo de desenvolvimento.

Após o projeto e fabricação da interface mecânica, o correspondente procedimento para a fixação do satélite sobre a mesa vibratória também deverá estar disponível no SI.

Para os requisitos RSTK002 e RSTK003, funcionalidades para controle da instalação e remoção de acelerômetros devem estar disponíveis no SI. Uma visualização 3D da estrutura do satélite destacando os pontos de instalação dos acelerômetros e quais pontos estão com acelerômetros instalados também poderá ser provida pelo SI. Para prover essas funcionalidades um cadastro de acelerômetros é requerido, assim como da estrutura do satélite.

Agora, vamos analisar os requisitos dos *stakeholders* da organização, mostrados na figura 6. Para os requisitos RSTK004 e RSTK005, o engenheiro de sistema deverá se preocupar com o que o LIT deverá prover para que esses requisitos sejam satisfeitos, como entregar relatórios de resultados das atividades (ensaios, testes) após a conclusão de cada uma delas. Lembrando que a solução sistema para a SCE engloba produto e organização, nesse caso o requisito de sistema é um requisito a ser satisfeito pela organização LIT.

Para esses mesmos requisitos, o engenheiro de software consegue identificar que o SI deverá prover funcionalidades para o registro da execução das atividades e seus resultados, assim como para a visualização desses registros pelo gerente de AIT. Um Caso de Uso "Acompanhar plano de AIT" pode oferecer visualização gráfica do planejamento e andamento das atividades. Voltando ao diagrama da Figura 4, pode-se identificar que visualizar os resultados das atividades também é de interesse da Equipe de Engenharia, já que a conformidade do produto é uma preocupação para ela.

Já para os requisitos RSTK006 e RSTK007, o engenheiro de sistemas deverá se preocupar com requisitos de sistema que possibilitem o compartilhamento da infraestrutura entre as atividades de AIT e as atividades para clientes, como por exemplo, o LIT não poderá agendar serviços de ensaios dinâmicos para clientes nas datas previstas para os ensaios do satélite.

Baseado nesses requisitos, o engenheiro de software entende que o SI deverá prover funcionalidades para agendamento da utilização da infraestrutura e que essa agenda deve ser compartilhada entre a equipe de AIT e as equipes que atendem clientes do LIT. Para isso, o cadastro dos



itens da infraestrutura também é requerido.

A figura 7 mostra um diagrama com os Casos de Uso identificados pela análise do engenheiro de software.

Observe que o conhecimento de que o SI estará disponível para essas finalidades influencia o projeto da organização que poderá usar o SI como solução para satisfazer certos requisitos de *stakeholder*.

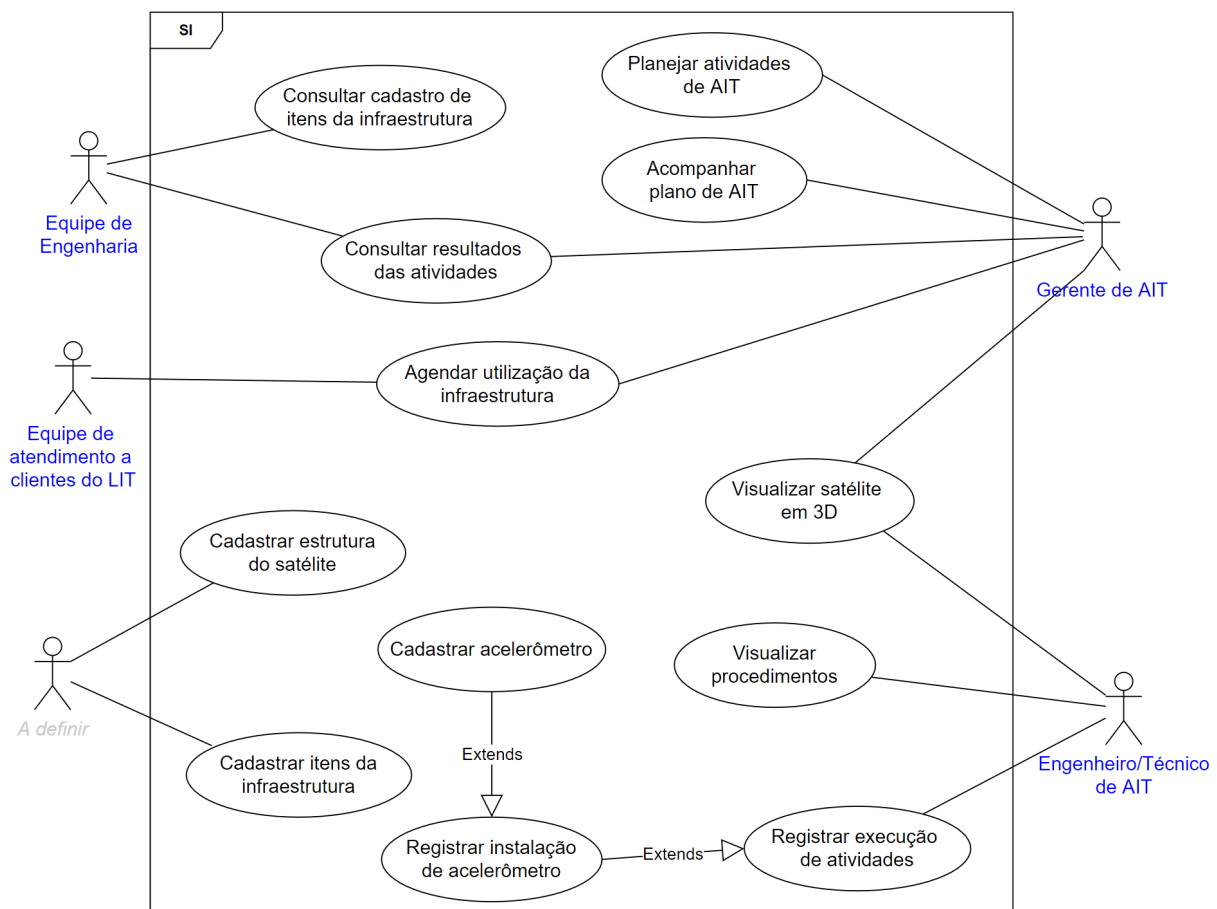


Figura 7. Casos de Uso do Sistema de Informação

3.3. Discussão

Sistemas de Informação tem papel importante na otimização de processos nas organizações. Devido à especificidade dos processos do ciclo de vida de satélites e das organizações que implementam esses processos, o desenvolvimento customizado desses sistemas mostra-se uma opção mais adequada.

Para o desenvolvimento de tais Sistemas de Informação é requerido um esforço significativo do engenheiro de software para entender esses processos e as necessidades dos futuros usuários do SI.

Neste artigo, pode-se observar que muitas das informações resultantes do esforço do engenheiro de sistemas na Análise de *Stakeholders* proposta pela SCE para o desenvolvimento do sistema espacial são também de interesse do engenheiro de software, o que sugere que um trabalho simultâneo e colaborativo pode economizar tempo e esforço de desenvolvimento.



Esse trabalho simultâneo e colaborativo mostra-se viável, uma vez que na SCE os processos do ciclo de vida do produto são analisados desde o início do projeto, disponibilizando informações em tempo hábil para desenvolvimento dos Sistemas de Informação.

Um outro ponto a ser observado é que o conhecimento prévio pelo engenheiro de sistemas dos Sistemas de Informação que vão apoiar a execução dos processos da organização pode influenciar o projeto funcional dessa organização, já que funções da organização poderão ser realizadas de forma automatizada pelo SI.

O desenvolvimento simultâneo mostra-se vantajoso, portanto, tanto para as atividades da Engenharia de Sistemas, quanto para as atividades da Engenharia de Software.

4. Conclusão

Este artigo avaliou a Análise de *Stakeholders* da Engenharia Simultânea de Sistemas como fonte de requisitos para o desenvolvimento de Sistemas de Informação que darão suporte aos processos do ciclo de vida do sistema espacial.

O resultado apresentado sinaliza que o desenvolvimento simultâneo e colaborativo do sistema espacial e de Sistemas de Informação para apoiar os processos do seu ciclo de vida é possível e pode economizar tempo e esforço de desenvolvimento.

Agradecimentos: *Agradecemos a colaboração dos tecnólogos do INPE, Homero Anchieta Furquim de Souza e Luiz Alexandre da Silva, que responderam nossas questões sobre o processo de AIT do satélite AMAZONIA 1 realizado no LIT, fornecendo conteúdo para nossa análise.*

Referências

- INPE. *Missão Amazonia*. 2021. Disponível em: <http://www3.inpe.br/amazonia-1>).
- LIT. *Ensaio Dinâmico*. 2021. Disponível em: <http://www.lit.inpe.br/pt-br/vibracao>).
- LOUREIRO, G. *A systems engineering and concurrent engineering framework for the integrated development of complex products*. Loughborough University, 1999. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2134/10687>).
- LOUREIRO, G.; PANADES, W.; SILVA, A. Lessons learned in 20 years of application of systems concurrent engineering to space products. *Acta Astronautica*, v. 151, 05 2018.
- ROSING, M. v.; SCHEER, A.-W.; SCHEEL, H. v. *The Complete Business Process Handbook, Volume 1 - Body of Knowledge from Process Modeling to BPM*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 1. ISBN 978-0127999593.
- SILVA, A. C. d. P.; LOUREIRO, G. The relationship between the model based systems engineering models and information systems to support space products lifecycle processes. In: *INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL CONGRESS*. Bremen, Germany: [s.n.], 2018.
- STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. *Principles of Information Systems*. 13th. ed. [S.l.]: Cengage Learning, 2018. ISBN 978-1-305-97177-6.
- TAN, V.; LABRADOR, J. L.; TALAMPAS, M. C. Mata: Mission, attitude, and telemetry analysis software for micro-satellites. In: *2020 IEEE REGION 10 CONFERENCE (TENCON)*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 614–619. ISSN 2159-3450.