

Comparação de Análise de Riscos das Missões NANOSATC-BR1 e NANOSATC-BR2

Marcos Antonio Laurindo Dal Piaz,

marcosdpiaz@gmail.com

Tiago Travi Farias,

tiago.travi.farias@gmail.com

Lucas Lourencena Caldas Franke,

l.franke@hotmail.com

Maurício Ricardo Balestrini,

balestrinmr@gmail.com

Iago Camargo Silveira,

iago7_2011@hotmail.com

Guilherma Paul. Jaenisch,

guilherme.jaenisch@gmail.com

Dr. Otávio Santos Cupertino Durão,

otavio.durao@inpe.br

Dr. Nelson Jorge Schuch,

njschuch@gmail.com

Centro Regional Sul do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – R. Duque de Caxias, 968, apto 402, Centro, Santa Maria/RS

RESUMO: Este trabalho possui o objetivo de realizar uma análise de risco da missão NANOSATC-BR1 e NANOSATC-BR2 e, compará-las linearmente. O NANOSATC-BR1 e o NANOSATC-BR2 são, respectivamente, o primeiro e o segundo satélite do Projeto NANOSATC-BR – Desenvolvimento de CubeSats, que é desenvolvido nas instalações construídas através da parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e o Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (LACESM/CRS/INPE/MCTI). Esse projeto visa o desenvolvimento de instrumentações científicas e, simultaneamente, o desenvolvimento do projeto, construção, qualificação e lançamento de um nanossatélite científico nacional, na forma de cubo com 100mm de aresta e aproximadamente 1,33kg de massa, por unidade(U). A Análise de Risco foi realizada com o objetivo de identificar e minimizar os riscos de falha do projeto visto a complexidade do mesmo, e, procurando assim, assegurar o sucesso da missão prevenindo gastos adicionais e retrabalho. Foi usado o *software*, CUBESAT MISSION DESIGN SOFTWARE TOOL FOR RISK ESTIMATING, que através de métodos estatísticos de regressão, fomos capazes de avaliar as etapas mais críticas do projeto assegurando o sucesso da missão. O NANOSATC-BR1 foi lançado em 19 de Junho e está orbitando a Terra em modo nominal e, o NANOSATC-BR2 tem previsão de lançamento para 2015.

PALAVRAS-CHAVE: Análise, Risco, CubeSat

ABSTRACT: This work has the goal to perform the risks analysis of the mission NANOSATC-BR1 and NANOSATC-BR2 then, compare it linearly. The NANOSATC-BR1 and NANOSATC-BR2 are the first and the second satellite, respectively, belonged to the Project NANOSATC-BR – Development of CubeSats, which is performed in the facilities built by the partnership between the National Institute of Space Research and the Technological Center from Federal University of Santa Maria (LACESM/CRS/INPE-MCTI). The project aims the development of a scientific instrumentation and, simultaneously, the design development, construction, qualification and launch of a national scientific nanosatellite, in a cube shape with 100 mm of edge and near to 1,33 kg of mass, per unit(U). The Risk Analysis was held to identify and minimize the project's risks of failure, due to its complexity, assuring the mission success, preventing extra pays and rework. The software, CUBESAT MISSION DESIGN SOFTWARE TOOL FOR RISK ESTIMATING, which uses statistical regression methods, was used, so, we were capable to measure the project's most critical steps assuring its success. The NANOSATC-BR1 was launched in June 19th and it is orbiting the Earth in a nominal regime and, the NANOSATC-BR2 has been scheduled to be launched in 2016.

KEYWORDS: Analysis, Risk, CubeSat

INTRODUÇÃO

O PROJETO NANOSATC-BR – DESENVOLVIMENTO DE CUBESATS tem o NCBR1 e o NCBR2 como seus primeiros nanossatélites, sendo ambos da classe dos CubeSats. Esta classe de nanossatélites tem como especificações mínimas uma forma cúbica com 100 mm de aresta e massa máxima de 1,33 kg por unidade(U). Ambos são compostos por:

- Estrutura Mecânica
- Sistemas
- Subsistemas
- Cargas Úteis (Científica & Tecnológica)

O NANOSATC-BR1, Fig (1), é o primeiro nanossatélite científico brasileiro e, consiste em um nanossatélite do padrão CubeSat(1U), atendendo assim, todas as especificações da classe CubeSat. O NCBR1 tem a Missão Científica de coletar dados, através de um magnetômetro (modelo XEN-1210 com resolução de 15nT) do Campo Magnético Terrestre, principalmente, na região da Anomalia Magnética da América do Sul – AMAS e do setor Brasileiro do Eletroto Equatorial Ionosférico. No entanto, a Missão Tecnológica consiste em testar, em vôo, a resistência à radiação de Circuitos Integrados (CIs) projetados no Brasil, sendo eles um chip FPGA produzido pela UFRGS e um chip *Driver* desenvolvido na

DesignHouse da UFSM, validando-os para que possam ser utilizados futuramente em missões com outros satélites brasileiros de maior porte. O NANOSATC-BR1 foi lançado em 19 de Junho de 2014, em uma estação de lançamento russa, e está orbitando a Terra em modo nominal.

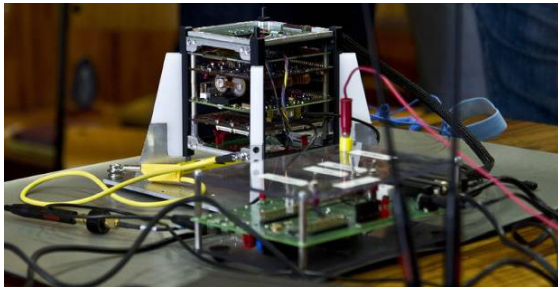


Figura 1. NANOSATC-BR1, modelo de engenharia

O NANOSATC-BR2, Fig (2), é o segundo nanossatélite científico brasileiro e, consiste em um nanossatélite do padrão CubeSat(2U), atendendo assim, todas as especificações da classe CubeSat. A Missão Científica do NCBR2 incide na utilização de uma sonda de Langmuir para a captação de dados da região da Ionosfera, referente à quantidade de material plasmático presente nesta região. A Missão Tecnológica, por sua vez, tem o objetivo de validar o Primeiro Sistema Nacional de Determinação de Atitude (com tripla redundância). O NANOSATC-BR2 esta em uma fase de desenvolvimento bem avançada e, tem previsão de lançamento para final de 2015.



Fonte: ISIS WebSite

Figura 2. NANOSATC-BR2, modelo de ilustrativo

Mesmo se tratando de Missões espaciais de baixo custo, não se dispensa a realização de uma Análise de Risco para diminuir a subjetividade da avaliação do risco de cada etapa do projeto. A comparação é feita de

forma linear entre o NCBR1 e o NCBR2 depois de realizada a análise de risco dos dois nanossatélites.

METODOLOGIA

Para a realização da Análise de Risco das Missões NCBR1 e NCBR2 utilizamos o *software* CUBESAT MISSION DESIGN SOFTWARE TOOL FOR RISK ESTIMATING, o qual nos fornece, numericamente e graficamente, uma relação “Probabilidade X Consequência” dos diversos riscos das Missões. Este se baseia em uma fonte histórica de riscos associados a projetos espaciais de menor porte (CubeSats), e, através de métodos estatísticos de regressão, é capaz de identificar os riscos de cada projeto.

Ao utilizarmos este *software*, diminuimos a subjetividade da avaliação do risco dos projetos, podendo assim reaver recursos e desenvolver técnicas para amenizar as ameaças.

Os setores avaliados são divididos em:

- *Schedule* – Cronograma
- *Payload* – Cargas Úteis
- *SpaceCraft-1* – Comunicação
- *SpaceCraft-2* – Subsistemas de Serviços e Estrutura Mecânica
- *SpaceCraft-3* – Missão e Orbita
- *Personnel* – Grupo de Trabalho (informações)
- *Cost* - Custos

Primeiramente, levantamos uma série de dados, de natureza temporal, de ambas as Missões para que possamos preencher o INPUT, Fig (3), do *software* utilizado.

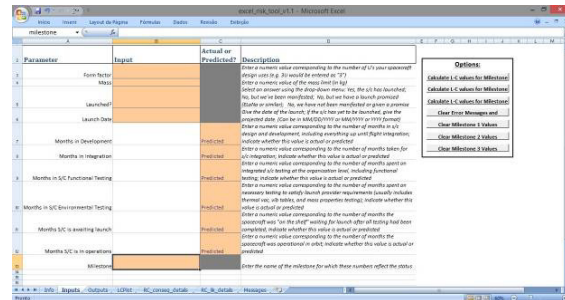


Figura 3. Tela de INPUT do *software*

Referente aos dados temporais utilizados no programa, podíamos optar se o mesmo seria “*actual*”, para os dados que já haviam ocorridos, ou “*predicted*”, para àqueles que estavam apenas previstos para ocorrer.

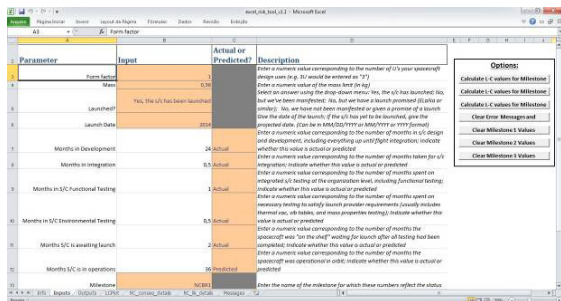


Figura 4. INPUTs do NANOSATC-BR1

Na Fig (4) o item “Months S/C is in operations” é o único item classificado como “predicted” para o NCBR1 devido ao fato de que, são previstos 36 meses de operação do nanossatélite. O mesmo ocorrera para o NCBR2.

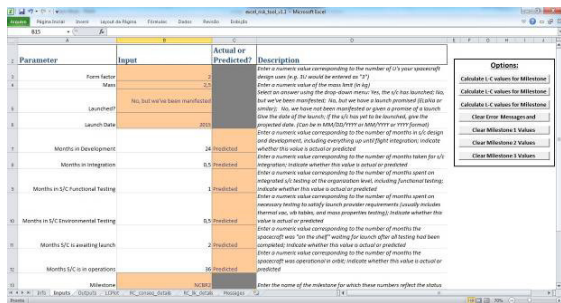


Figura 5. INPUTs do NANOSATC-BR2

Na Fig (5) temos todos os itens classificados como “predicted”, isto se deve ao fato de o projeto NCBR2 ainda estar em fase inicial de desenvolvimento.

Os INPUTs de ambas as Missões são relativamente iguais no quesito AIT (*Assemble, Integration and Tests*). Esta similaridade nos períodos de AIT se deve ao fato deste processo ser relativamente igual para ambos os nanossatélites, e, com isso, também conseguimos uma maior linearidade na comparação da Análise de Risco.

Através dos resultados numéricos obtidos (probabilidade/consequência), após a primeira etapa, realizamos uma comparação dos riscos de ambas as Missões. O *software* também forneceu um gráfico, Probabilidade X Consequência, ajudando visualmente na comparação.

Após analisarmos minuciosamente cada setor avaliado pelo *software*, classificamos os riscos mais críticos de cada projeto. Estes resultados serão apresentados adiante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Começamos a análise com o NANOSATC-BR1, nanossatélite CubeSat 1U, o qual já está orbitando a terra em modo nominal.

Primeiramente temos o gráfico, Fig (6), “Probabilidade X Consequência”.

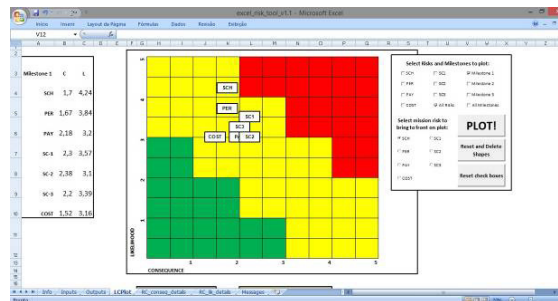


Figura 6. Gráfico “Probabilidade X Consequência” NANOSATC-BR1. “SCH” apresenta mesma posição que “COST”

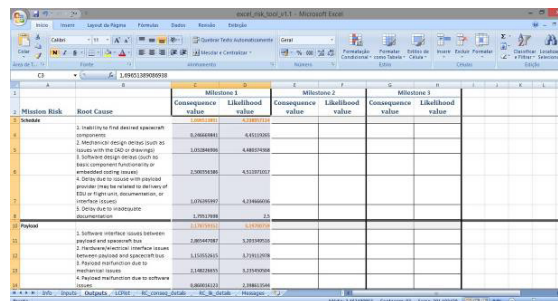


Figura 7. Valor numérico risco “SCH” e “PAY” do NCBR1

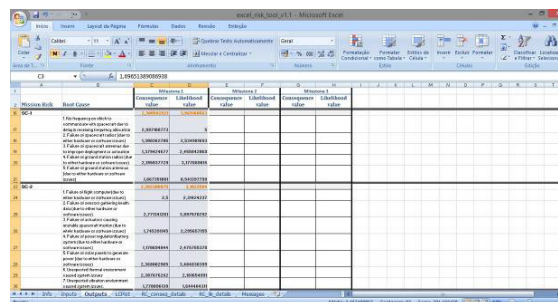


Figura 8. Valor numérico risco “SC-1” e “SC-2” do NCBR1

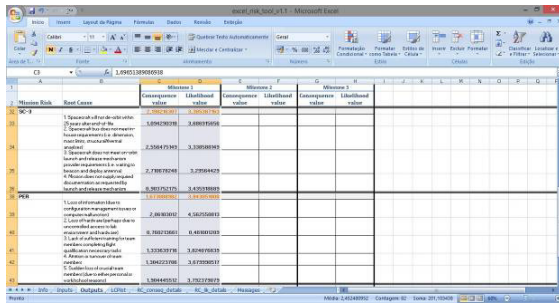


Figura 9. Valor numérico risco “SC-3” e “PER” do NCBR1

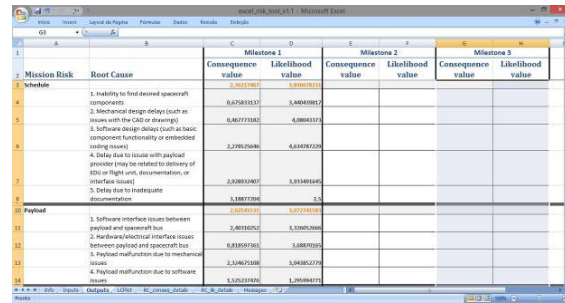


Figura 12. Valor numérico risco “SCH” e “PAY” do NCBR2

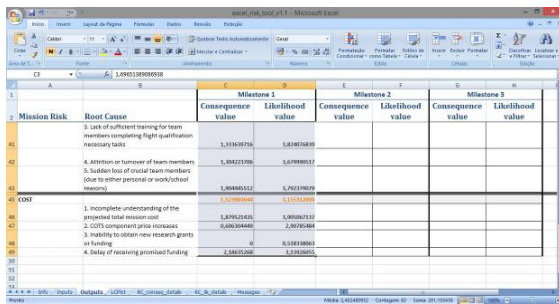


Figura 10. Valor numérico risco “COST” do NCBR1

Análise do NANOSAC-BR2, nanossatélite CubeSat 2U, com previsão de lançamento para 2015.

Gráfico, Fig (11), “Probabilidade X Consequência” do NCBR2.

Os resultados numéricos a seguir seguem com uma comparação linear entre as duas Missões.

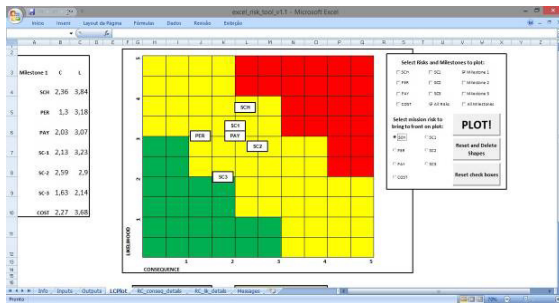


Figura 11. Gráfico “Probabilidade X Consequência” NANOSATC-BR2

Analisando os quadros de resultados do NCBR1, Fig (7), e NCBR2, Fig (12), temos que, a Probabilidade de que tenha ocorrido alguma anomalia com o cronograma do NANOSATC-BR1 é maior, principalmente no que se diz respeito ao Atraso do Design de Software (funcionalidade dos componentes básicos ou problemas de programação). Porém, a Consequência de um erro neste setor, especialmente referente a Atrasos Devido a Documentação Atrasada, é maior no NANOSATC-BR2, visto que o mesmo ainda esta em fase de desenvolvimento.

Através do gráfico gerado pelo *software*, as Cargas Úteis de ambos os nanossatélites apresentam relativamente o mesmo risco. No entanto, avaliando os resultados numéricos, vimos que a Probabilidade de ocorrer um erro de interface entre carga útil e o *spacecraft* ou, na parte elétrica da carga útil, foi maior no NCBR1. A Probabilidade de haver alguma anomalia na carga útil devido às falhas mecânicas (estrutural) ou de *software* é maior no NCBR2. A Consequência para uma falha neste setor foi considerada igual para ambos os nanossatélites.

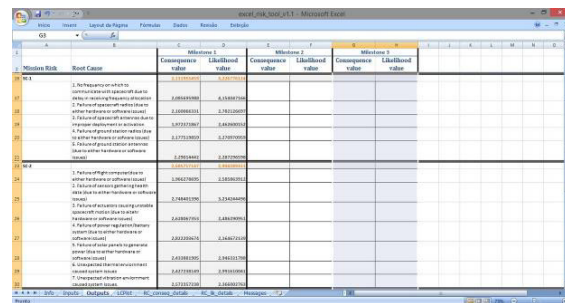


Figura 13. Valor numérico risco “SC-1” e “SC-2” do NCBR2

Análise feita com a comparação das Fig (8) e Fig (13).

Referente ao “SC-1”, Comunicação, concluímos que o NCBR1 tem Probabilidade e Consequência maior para qualquer falha neste setor. Tivemos um risco com Probabilidade máxima (nota: 5) referente a Falta de Frequência da Comunicação dos Sistemas

Internos do Nanossatélite e, esta, por sua vez, apresentou o risco de maior Consequência.

O NCBR1 apresentou maior Probabilidade de erro no setor de Subsistemas de Serviços e Estrutura Mecânica, sendo Falha nos Sensores de Coleta de Dados a área de risco mais propício. Caso haja alguma anomalia no NCBR2, sua Consequência seria maior, principalmente na área de Falha do Sistema de Baterias/Energia.

Figura 14. Valor numérico risco “SC-3” e “PER” do NCBR2

Considerando os valores numéricos das Fig (9) e Fig (14), concluímos que o risco referente à Mecânica e Orbita do NCBR1 tem Probabilidade, principalmente referente à *Spacecraft* Não Sairá de Orbita em 25 Anos, e Consequência, especialmente na área de Não Atender as Necessidades Mecânicas em Orbita (antenas), maiores que os riscos do NCBR2.

O NCBR1 também apresenta maior Probabilidade, principalmente na área de Falta de Treinamento da Equipe de Trabalho, e Consequência, especialmente na área de Falta de Gestão da Informação, do que o NCBR2 no setor de Grupo de Trabalho.

Figura 15. Valor numérico risco “COST” do NCBR2

No que se diz respeito aos Custos das Missões, Fig (10) e Fig (15), temos o NCBR2 muito mais vulnerável, visto que, a Probabilidade, principalmente na área de Aumento do Custo dos Componentes do Nanossatélite, e a Consequência, especialmente na área de Atraso no Recebimento do Recurso Financeiro

Destinado ao Projeto, são maiores que os riscos do NCBR1.

Abaixo, Fig (16), segue comparativo ilustrado pelo *software* utilizado, entre o NANOSATC-BR1 (Milestone 2) e NANOSATC-BR2 (Milestone 3).

Milestone 2	C	L	Milestone 3	C	L
SCH	1,697	4,239	SCH	2,362	3,837
PER	1,673	3,843	PER	1,302	3,176
PAY	2,179	3,197	PAY	2,025	3,073
SC-1	2,301	3,569	SC-1	2,132	3,227
SC-2	2,382	3,102	SC-2	2,586	2,904
SC-3	2,198	3,385	SC-3	1,632	2,139
COST	1,524	3,155	COST	2,266	3,683

Figura 16. Comparativo ilustrado pelo *software* entre as Missões

Depois de realizada as análises de todos os setores das duas Missões, totalizamos, em Probabilidade e Consequência, os valores referentes aos riscos possíveis. Segue tabela abaixo com valores.

	NCBR1	NCBR2
Probabilidade	24,490	22,039
Consequência	13,954	14,305

Tabela 1. Valores numéricos de riscos TOTAIS das Missões

Definimos que, em suma, a Probabilidade de risco do NCBR1 é maior. Porém, a Consequência do risco no NCBR2 é maior.

CONCLUSÃO

Apartir das Análises de Riscos realizadas com as duas Missões do Projeto NANOSATC-BR podemos concluir que “SCH”, Cronograma, foi identificado como o setor de maior risco em ambos os projetos, necessitando assim, de uma atenção especial no que se diz respeito às etapas atuais do NCBR1 e às futuras etapas do NCBR2, buscando alternativas para evitar qualquer anomalia neste setor. Também concluímos que, para o NCBR1, o setor de menor risco é o “COST”, Custos, enquanto para o NCBR2, é o setor “SC-3”, Mecânica e Orbita.

A Análise de Risco é necessária para as missões CubeSats serem bem sucedidas, visto que, a complexidade das missões continuam aumentando.

REFERÊNCIAS

- NANOSATC-BR1. Projeto NANOSATC-BR –
Desenvolvimento de CubeSats. Centro Regional
Sul de Pesquisas Espaciais. Santa Maria – RS,
Disponível em:
<<http://www.inpe.br/crs/nanosat/NanoSatCBR1.php>>.
- NANOSATC-BR2. Projeto NANOSATC-BR –
Desenvolvimento de CubeSats. Centro Regional
Sul de Pesquisas Espaciais. Santa Maria – RS,
Disponível em:
<<http://www.inpe.br/crs/nanosat/NanoSatCBR2.php>>.
- Gamble, K.B, Lightsey, E.G., "CubeSat Mission
Design Software Tool for Risk Estimating
Relationships," Acta Astronautica, Volume 102
(2014), pp. 226-240.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Marcos Antonio Laurindo Dal Piaz,
marcosdpiaz@gmail.com
Tiago Travi Farias,
tiago.travi.farias@gmail.com
Lucas Lourencena Caldas Franke,
l.franke@hotmail.com
Maurício Ricardo Balestrini,
balestrinmr@gmail.com
Iago Camargo Silveira,
iago7_2011@hotmail.com
Guilherma Paul. Jaenisch,
guilherme.jaenisch@gmail.com
Dr. Otávio Santos Cupertino Durão,
otavio.durao@inpe.br
Dr. Nelson Jorge Schuch,
njschuch@gmail.com

Os autores são os únicos responsáveis por este artigo.