

ANÁLISE TÉRMICA DO SATÉLITE ARTIFICIAL NANOSATC-BR1

Lucas Lourencena Caldas Franke

Acadêmico de Engenharia Mecânica (UFSM/CT/LAMEC/CRS/INPE-MCTI)
l.franke@hotmail.com

Dr. Nelson Jorge Schuch

Pesquisador Senior III (CRS/INPE-MCTI)
njschuch@gmail.com

Fernando Landherdal Alves

Acadêmico de Engenharia Mecânica (UFSM/CT/LAMEC/CRS/INPE-MCTI)
fernando.lander@hotmail.com

Talis Piovesan

Acadêmico de Engenharia Elétrica (UFSM/CT/LE/CRS/INPE-MCTI)
talis_piovesan@hotmail.com

Resumo. O trabalho tem como objetivo realizar a análise da distribuição térmica no satélite NANOSATC-BR1, pertencente ao Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats, que é desenvolvido no âmbito da parceria do INPE/MCTI com a UFSM junto ao Laboratório de Ciências Espaciais do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria. O Projeto prevê o desenvolvimento de instrumentação científica e, simultaneamente, do projeto, construção, qualificação e lançamento de um nanosatélite científico nacional, de formato cúbico com 10 cm de aresta e aproximadamente 1,33 kg de massa. A análise térmica é efetuada com o objetivo de prever eventuais discrepâncias na distribuição de temperatura, visto que, o nanosatélite está exposto a severa variação de temperatura ao longo de sua órbita. Programa especializado para análise térmica de satélites, SINDA/THERMAL DESKTOP, é utilizado com aplicação de métodos numéricos de diferença finita, com o objetivo de obter um mapeamento térmico do satélite. Espera-se que com o análise térmica dos casos extremos o satélite esteja hábil a missão, do ponto de vista térmico, tendo apenas sua estrutura metálica como condição de isolamento térmico.

Palavras-chave: NANOSATC-BR, ANÁLISE TÉRMICA, NANOSATÉLITE.

1. INTRODUÇÃO

O satélite NANOSATC-BR1 é composto por quatro subsistemas: potência, comunicação, computador de bordo e carga útil; os quais devem ser mantidos em determinadas faixas de temperatura para sua perfeita funcionalidade e, por conseguinte, para o sucesso da missão. As variações de temperatura nas quais um satélite artificial é exposto quando está em órbita são das mais severas possíveis. Prevendo essas condições extremas, faz-se um estudo da distribuição de temperatura pelo nanosatélite, levando em conta as limitações de temperatura impostas pelos componentes eletrônicos que compõe o satélite. Utilizam-se, para tal estudo, balanços energéticos levando em consideração o calor gerado pelos componentes eletrônicos internos do satélite e a quantidade de calor perdida através dos módulos de transferência de calor: condução e radiação. São feitas análises dos casos críticos, quente e frio, nos modos: transiente (no qual o sistema possui uma dependência temporal) e permanente (no qual não há dependência do tempo).

2. OBJETIVO

O principal objetivo do Trabalho é o desenvolvimento de uma concepção teórica

da distribuição térmica de um satélite da classe dos CubeSats. O projeto é composto de diferentes etapas, seguindo a metodologia desenvolvida, resumindo-se a construção de um modelo térmico simplificado, posterior simulação e análise de resultados. As etapas englobam a construção geométrica, determinação de requisitos (materiais e propriedades, cargas térmicas externas e internas, resistências de contato e parâmetros orbitais), simulação (resolução de equações complexas) e análise dos resultados.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido através de estudos e pesquisas em livros, internet, relatórios de projetos e artigos científicos, sobre assuntos específicos e relacionados ao subsistema de controle térmico de pequenos satélites, verificando a validade de informações para a classe dos CubeSats. Para o desenvolvimento do modelo matemático teórico foram utilizadas ferramentas computacionais específicas como o programa computacional de análise térmica SINDA/FLUINT (Heat Transfer and Fluid Flow Design and Analysis Software) em conjunto com programa de construção do modelo térmico, o Thermal Desktop, que utiliza como base o software AutoCAD, utilizados para construção geométrica, solução de equações e análise de resultados. Contatos com profissionais diretamente ligados e especialistas na área de controle térmico de satélites do INPE foram efetuados para obtenção de conhecimentos sobre o tema.

4. RESULTADOS

4.1 Modelo Térmico

Para o modelo térmico são utilizadas diversas simplificações com o intuito de definir um modelo simples e de fácil solução numérica. Na parte interna, são consideradas quatro PCBs com seus respectivos

componentes mais dissipativos termicamente e as hastes metálicas que ligam as PCBs a estrutura não são consideradas como sólidos, mas sim como *conductors* (meios de transmissão de calor por condução). A parte estrutural é considerada um esqueleto estrutural formado por dois quadros de alumínio e quatro hastes ligantes e os painéis estruturais metálicos (as propriedades térmicas as células solares que são coladas aos painéis estruturais foram consideradas apenas como revestimentos externos e não como sólidos). Abaixo segue o modelo geométrico completo do NANOSATC-BR1 e a imagem real do satélite NANOSATC-BR1 que se encontra na sede do INPE, mais especificamente no LIT/INPE/MCTI em São José dos Campos/SP:

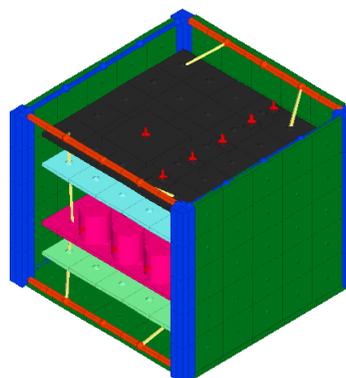


Figura 1: Estrutura Geométrica do NANOSATC-BR1 com os painéis estruturais.



Figura 2: NANOSATC-BR1

4.2 Faixas de Temperatura

De acordo com o fabricante de cada equipamento eletrônico, há uma faixa de temperatura delimitada na qual determinado equipamento tem sua funcionalidade assegurada. Para os subsistemas do NANOSATC-BR1 segue uma tabela com as delimitações de temperatura:

Tabela 1: Faixa de Temperatura Operacional

Equipamento	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Computador de Bordo	-40	+60
Potência:		
-Charge	-5	+45
-Discharge	-20	+60
-Storage	-20	+20
-Placas Solares	-85	+85
Comunicação	-10	+40
Carga útil	-40	+125

4.3 Casos Críticos

Para realizar a análise térmica com larga confiabilidade utilizam-se duas condições críticas opostas. Para o primeiro caso, chamado de Caso Quente, se utiliza de uma órbita polar com ângulo beta de noventa graus, na qual o satélite está exposto ao sol durante todo o tempo de órbita. Além disso, para esse caso foi definido que o fluxo solar é de 1399 w/m^2 , o valor do infravermelho terrestre (IR) é de 226 w/m^2 e o albedo é 40% do fluxo solar e a dissipação dos equipamentos é máxima. Para o segundo caso, chamado de Caso Frio, se utiliza de uma órbita equatorial com ângulo beta de zero grau, na qual o satélite está exposto ao sol durante o menor tempo de órbita possível. Além disso, para esse caso foi definido que o valor do fluxo solar é de 1309 W/m^2 , o valor do infravermelho terrestre

(IR) é de 202 W/m^2 e o albedo é 30% do fluxo solar e a dissipação dos equipamentos é mínima.

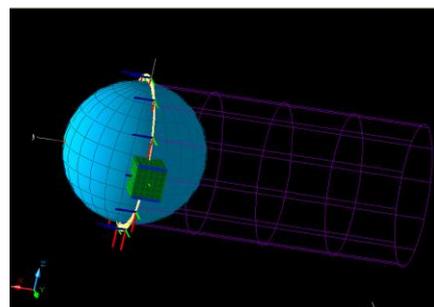


Figura 3: Órbita Caso Quente.

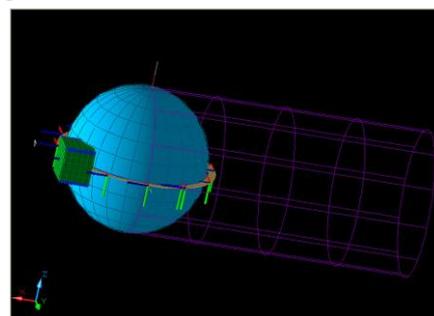


Figura 4: Órbita Caso Frio

4.5 Distribuição de Temperatura

Condição Permanente-Caso Quente:

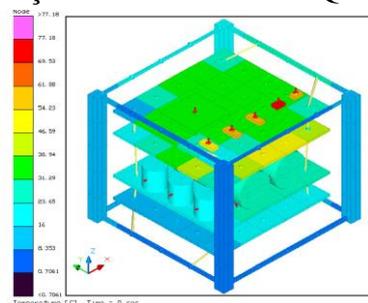


Figura 5: Distribuição de Temperatura

Condição Permanente-Caso Frio:

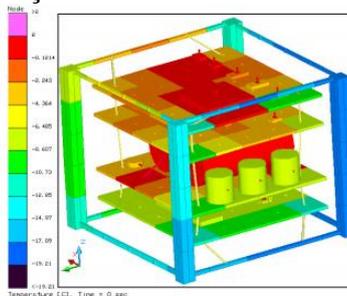


Figura 6: Distribuição da Temperatura

Condição Transiente-Caso Quente:



Figura 7: Distribuição da Temperatura/Transiente

Condição Transiente-Caso Frio

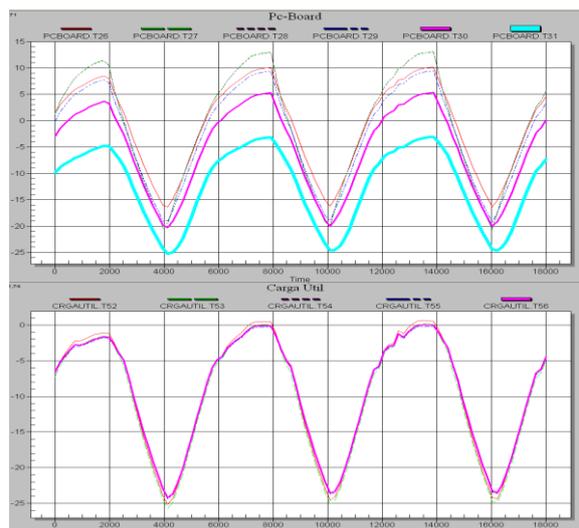
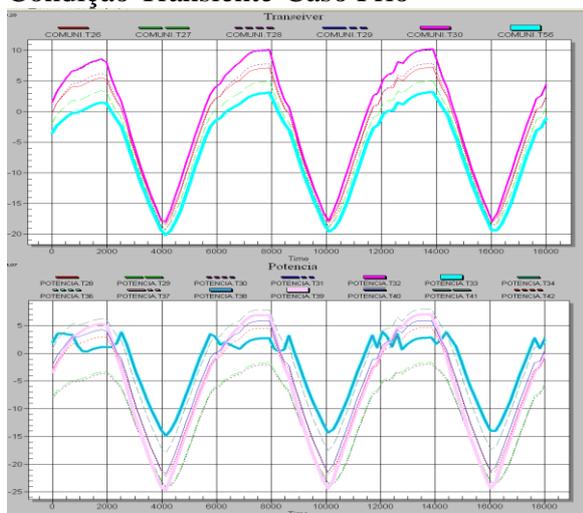


Figura 8: Distribuição de Temperatura/Transiente

5. CONCLUSÃO

De acordo à análise térmica realizada, conclui-se que apenas a estrutural metálica é capaz de isolar termicamente o nanosatélite de maneira a garantir sua segurança em voo. É importante destacar que foram utilizadas diversas aproximações, dessa maneira, devem ser realizadas outras análises.

6. REFERÊNCIAS

DE SOUSA, F. L., MURAOKA, I. & VLASSOV, V. Ciclo de Palestras Sobre Controle Térmico de Satélites. INPE-11246-PUD/138. 2003-04.

GILMORE, D. G., “Satellite Thermal Control Handbook”. 2ª ed. Aerospace Corporation, California, EUA. 1994.

7. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Dr. Eng. Fabiano Luís de Sousa (DMC/INPE/MCTI) pela imensa contribuição, apoio técnico e acadêmico, além de sua pronta disponibilidade e atenção para com as atividades relacionadas para com este trabalho.