

## RELATÓRIO TÉCNICO



### TECNOLOGIA DE CONTROLE TÉRMICO PARA VIAGENS ESPACIAIS

O espaço é infinito – e impiedoso. Os satélites que orbitam a terra que o digam. As extremas diferenças de temperaturas entre o lado ensolarado e o lado escuro da terra representam um grande desafio na órbita dos satélites. Como manutenção preventiva ou reparo são impossíveis, todos os materiais e componentes, bem como o próprio satélite devem passar por testes intensos, com grande destaque para a resistência térmica e ao vácuo.

## **SATÉLITES E AS CONDIÇÕES, SOB AS QUAIS DEVEM FUNCIONAR**

Comunicação e internet, previsão do tempo, programas de TV - os serviços transmitidos por satélites são indispensáveis às pessoas modernas. Eles são a base da interligação global em rede. Mais de 2.000 satélites funcionais<sup>1</sup> e a estação espacial internacional ISS circundam a terra.

O vácuo e temperaturas extremas representam solicitações enormes aos materiais e às tecnologias. Na lua, por exemplo, durante a longa fase ensolarada há temperaturas de até +120 °C, enquanto que na fase escura esfria até -130 °C<sup>2</sup>. Para dispositivos técnicos no espaço, existe também a temperatura gerada internamente à eletrônica de comando. Por isso, o desafio durante o desenvolvimento dos satélites é proteger a tecnologia sensível contra o superaquecimento, mas também contra falhas causadas pelo frio.

E o vácuo não facilita: Enquanto que na terra a transmissão de calor por convecção permite o equilíbrio térmico, no vácuo isso não é possível. No espaço, temperaturas acima de -270 °C são causadas principalmente pela radiação solar direta. O seu surgimento também depende de quão intensamente a radiação é absorvida pelo material irradiado. Além disso, o vácuo tem influência sobre o estado de agregação de meios líquidos: Os lubrificantes, por exemplo, evaporam pela falta de pressão atmosférica.

## **GESTÃO TÉRMICA NO ESPAÇO**

Para que a temperatura não se eleve demais devido ao sol, são usados materiais externos, para refletir a maior parte da energia de radiação. Alguns satélites também giram em torno do próprio eixo, para distribuir uniformemente a radiação solar absorvida. Para assegurar a temperatura de operação no interior do satélite podem ser montados aquecedores auxiliares, que permitem um controle térmico definido, ao contrário da incidência de radiação solar direta. Além disso, os componentes também podem ser embalados com materiais isolantes. No processo de desenvolvimento de um satélite são usados inicialmente modelos térmicos, com cuja ajuda é calculado o comportamento da temperatura no satélite. Então estes modelos são testados em bancadas, sob condições mais reais possíveis, incluindo em especial a baixa pressão, as temperaturas extremas e a rápida mudança de temperatura.

Na maioria dos ramos, os produtos são testados intensamente apenas na fase de desenvolvimento. Depois bastam testes amostrais periódicos, para o controle de qualidade. Na astronáutica é bem diferente: Cada satélite é submetido a uma série de testes completa, o que pode levar várias semanas. Isso não é só por causa do enorme esforço e custo de cada lançamento ao espaço, mas também devido ao fato de que a manutenção preventiva ou corretiva é impossível no espaço. Além disso, é necessário assegurar que um satélite não coloque o veículo lançador em risco, durante o lançamento.

<sup>1</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36582/umfrage/anzahl-der-satelliten-im-all-verteilt-nach-laendern/>

<sup>2</sup> <https://www.bernd-leitenberger.de/umgebungsbedingungen.shtml>

## **A CÂMARA TÉRMICA A VÁCUO EM AÇÃO**

Todos os testes de operação e de carga dos satélites, bem como dos componentes individuais nestes são realizados nas câmaras térmicas a vácuo, que permitem o controle exato da temperatura e da pressão. De acordo com o tamanho do corpo de prova, a câmara térmica a vácuo precisa ter dimensões consideráveis. Entretanto, a maioria dos satélites é hoje bem compacta: Os satélites pequenos, denominados Cube-Satellites, têm aproximadamente o tamanho de uma caixa de sapatos. O seu pequeno tamanho não reduz somente o custo do transporte até a órbita, mas também cuida para que seja menor a probabilidade de danos causados por lixo espacial e meteoritos. Outra vantagem é que podem ser testados em câmaras térmicas a vácuo bem menores, as quais também têm custo menor de aquisição e operação.

As temperaturas no interior das câmaras são proporcionadas por sistema de controle térmico de alto desempenho. No invólucro de controle térmico, denominado de Shroud, o qual envolve o corpo de prova cilíndricamente, o fluido de controle térmico é movido em circuito fechado. Um intervalo de temperaturas de  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  até  $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$  pode ser gerado, por ex., através de um óleo condutor calor como meio. Este óleo condutor de calor é resfriado por um fluido refrigerante ou aquecido eletricamente, conforme os requisitos. Temperaturas mais baixas podem ser atingidas, por ex., através de nitrogênio no Shroud. Além desta temperatura transmitida por reflexão do Shroud, a área de teste também pode receber instalação de uma placa térmica, sobre a qual é posicionado o corpo de prova. Assim também pode ser simulada a transmissão de calor por condução.

## **PROCEDIMENTO DE TESTE**

Além dos sensores do satélite são posicionados numerosos outros, os quais controlam o comportamento da temperatura com alta resolução, entre outros. Além de fornecerem todos os dados de medição, eles também cuidam da segurança necessária do corpo de prova. Se houver risco de danificar componentes por superaquecimento, a temperatura no interior da câmara é imediatamente baixada.

O teste de balanço térmico determina em especial a distribuição de temperatura no interior do satélite e é comparado aos cálculos do modelo térmico. Em caso de resultados divergentes podem ser removidos elementos refletores na superfície do satélite, instalados elementos aquecedores adicionais ou ser otimizado o isolamento de componentes individuais. O teste de ciclo térmico verifica a funcionalidade do corpo de prova após um número definido de ciclos com níveis de temperatura alternados. Testes de carga e de estresse também permitem concluir sobre os efeitos das condições extremas sobre o corpo de prova.

## **RESUMO**

Os satélites são indispensáveis para um mundo interligado. Eles precisam trabalhar durante vários anos, de modo confiável e sem manutenção, sob condições extremas, para serem rentáveis. Sistema de controle térmico de alto desempenho, como a linha PRESTO da JULABO disponibilizam em câmaras térmicas a vácuo as enormes temperaturas com as quais os satélites e todos os sistemas e componentes espaciais são testados de forma confiável e reproduzível. Os aparelhos presto têm fácil operação e, graças ao sortimento de acessórios modulares e bem pensados, são extremamente flexíveis e adaptáveis aos requisitos específicos. Os nossos especialistas para a área aeroespacial estão sempre à sua disposição, em caso de dúvida.