



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/05.14.18.24-RPQ

## RELATÓRIO FINAL OPERAÇÃO CUMÃ 2: INPE – FORNO MULTIUSUÁRIO PARA SOLIDIFICAÇÃO (FORMU-S)

Irajá Newton Bandeira,  
Chen Yin An,  
César Boschetti,  
Manuel Francisco Ribeiro,  
Júlio César Peixoto,  
Rafael Cardoso Toledo

URL do documento original:  
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3E5836B>>

INPE  
São José dos Campos  
2013

## **PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

## **CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**

### **Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **Membros:**

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr<sup>a</sup> Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

### **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Luciana Manacero - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/05.14.18.24-RPQ

## RELATÓRIO FINAL OPERAÇÃO CUMÃ 2: INPE – FORNO MULTIUSUÁRIO PARA SOLIDIFICAÇÃO (FORMU-S)

Irajá Newton Bandeira,  
Chen Yin An,  
César Boschetti,  
Manuel Francisco Ribeiro,  
Júlio César Peixoto,  
Rafael Cardoso Toledo

URL do documento original:  
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3E5836B>>

INPE  
São José dos Campos  
2013

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Diagrama de equilíbrio de fases do sistema PbTe. . . . .	4
2.2 Perfil térmico do forno e posição das amostras. . . . .	5
2.3 Ciclos térmicos do forno e da amostra de PbTe eutético durante a experiência de teste. . . . .	5
3.1 Forno e módulo de controle: (a) posição de lançamento e (b) posição em microgravidade. . . . .	7
3.2 Diagrama de blocos do sistema elétrico, mostrando os locais onde os componentes se encontram. . . . .	8
3.3 Forno e controlador construídos para a UFPE. . . . .	9
5.1 Dados de telemetria obtidos durante o vôo da operação Cumã 2. . . . .	15



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO . . . . .	1
2 OBJETIVO CIENTÍFICO/TECNOLÓGICO . . . . .	3
3 DOCUMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO/FACILIDADE . . . . .	7
4 FUNCIONAMENTO DO EXPERIMENTO ANTES E DURANTE O VÔO . . . . .	11
5 PERFORMANCE DO EXPERIMENTO ANTES E DURANTE O VÔO . . . . .	15
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES . . . . .	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	19



## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo foi o de desenvolver, construir e qualificar, juntamente com a realização de um experimento científico piloto, um forno de solidificação multiusuário para ligas, metais e semicondutores com pontos de fusão de até 800 °C, para vôo suborbital num foguete VSB-30 fabricado pelo IAE/CTA, repetindo o vôo da Operação Cumã I.

O forno consiste numa estrutura tubular compacta, com capacidade de processar amostras de até 12 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento. Para o presente experimento o forno foi controlado e aquecido no solo a uma temperatura interna de 470 °C, através do cordão umbilical do foguete lançador. Após o lançamento sua temperatura foi mantida por inércia térmica e, no ponto desejado da trajetória em microgravidade, o deslocamento axial de sua resistência elétrica foi acionado por um sinal temporizador para que a amostra, que permanece fixa, fique localizada na região fria do forno, proporcionando um rápido resfriamento.

O experimento científico consistiu na solidificação em microgravidade de uma liga semicondutora eutética de telureto de chumbo. Este material possui importantes aplicações tecnológicas nas áreas de detetores e lasers para a região do infravermelho termal.

Dentro do espírito de uma facilidade multiusuário, o vôo foi compartilhado com um experimento da UFPE que se propõe a estudar a migração térmica de nanopartículas metálicas num material vítreo híbrido.



## 2 OBJETIVO CIENTÍFICO/TECNOLÓGICO

Por apresentar um alto grau de diversificação na microestrutura, as ligas eutéicas são considerados como materiais compósitos naturais, onde a principal característica, além do baixo ponto de fusão, é a de possuir uma estrutura com alto grau de anisotropia de suas propriedades. Em função de ser constituída por mais de uma fase, a sua solidificação pode resultar em uma microestrutura lamelar, fibrosa ou irregular, dependendo dos elementos envolvidos, da fração volumétrica de cada fase e do modo de crescimento das fases sólidas. Em geral, a aplicação dos materiais compósitos é limitado ao campo estrutural em virtude das suas propriedades mecânicas, mas por meio de combinação de fases com distintas propriedades elétricas, magnéticas e térmicas, estes materiais também podem apresentar propriedades físicas de grande interesse para os campos da termoeletricidade, magneto-resistividade e piezoeletricidade. É demonstrado que a regularidade das microestruturas é degradada pelos efeitos da gravidade nas solidificações de ligas, uma vez que os materiais polifásicos em geral apresentam constituintes com diferentes densidades, sujeitos aos fenômenos de sedimentação e de convecção. Em ambiente de microgravidade é possível suprimir estes efeitos, permitindo a obtenção de materiais de maior regularidade micro-estrutural, com distribuição uniforme das fases em uma estrutura ordenada de larga escala. No sistema binário Pb-Te, a formação do composto intermediário PbTe ocorre nas vizinhanças da composição estequiométrica, onde a temperatura de fusão congruente é de 925 °C. O sistema também apresenta uma reação eutética na temperatura de 411 °C na composição de 89 % de telúrio, conforme mostrado no diagrama de fase da Figura 2.1.

Na experiência, 10g da liga eutética Pb11%Te89% é selada, a uma pressão de 1 micro torr, em uma ampola de quartzo de 60 mm de comprimento e com os diâmetros externo e interno de 10 mm e 8 mm, respectivamente. Para a proteção desta ampola contra choques e vibrações, é utilizada uma porta amostra de aço inoxidável de 200 mm de comprimento e 14 mm de diâmetro interno, forrada internamente com manta de fibra de quartzo. A cápsula é selada para que não haja vazamento da liga em caso de rachadura ou quebra da ampola de quartzo. A fusão e a solidificação da liga foram realizadas no Forno Multiusuário para a Solidificação (FORMUS), que também foi utilizado na experiência em microgravidade na operação Cumã I. O forno tubular em aço inoxidável tem 200 mm de comprimento e diâmetro externo de 110 mm, com a cavidade interna (onde ocorre processamento do material) constituída por um tubo de cerâmica com 20 mm de diâmetro interno. A resistência blindada de Kanthal Al (CrAlFeCo) com 30  $\Omega$ , envolvendo parcialmente a cavidade interna, é

encapsulada em um segundo tubo também cerâmico, formando uma peça monolítica. Para aumentar a inércia térmica do forno, em torno da região da resistência, é colocado um tubo de aço inox com 100 mm de comprimento e 60 mm de diâmetro externo, com paredes de 4 mm. A região do forno com 80 mm de extensão e sem resistência, produz um gradiente térmico de cerca de  $40\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{cm}$  que, com a translação do forno, permite solidificar rapidamente a amostra, que ficará então localizada na zona fria. O isolamento térmico foi feito com fibra de quartzo compactada e a massa total do forno é de 9500 g. O ponto de fusão da liga de PbTe eutético é de  $411\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a temperatura do forno foi elevada a  $470^{\circ}\text{C}$  no solo, através do cordão umbilical, cerca de 30 minutos antes do lançamento.

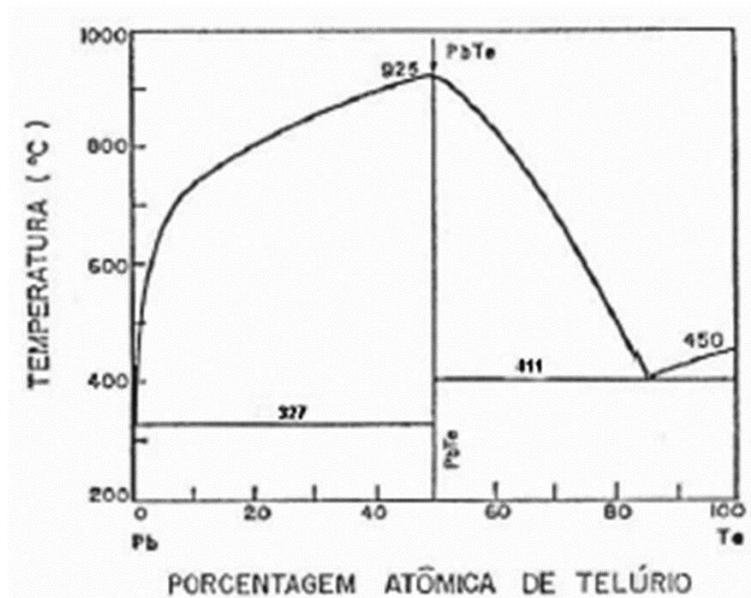


Figura 2.1 - Diagrama de equilíbrio de fases do sistema PbTe.

O forno foi desligado no instante do lançamento. O sinal para seu deslocamento, para resfriamento da amostra, foi dado no instante que se iniciou a trajetória parabólica de microgravidade. O forno foi então transladado axialmente cerca de 80 mm com uma velocidade de aproximadamente 10 mm/s. A aquisição de dados durante o vôo se resumiu na medida da temperatura x tempo, por dois termopares fixados ao longo da amostra. A potência elétrica de aquecimento - cerca de 330 W - foi obtida através do cordão umbilical, para seu aquecimento interno até  $470\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na fase de microgravidade, é necessária energia apenas para um único acionamento de um motor DC, durante cerca de 8 segundos para deslocamento do forno. Esta energia foi fornecida por baterias próprias de 4,8 V. A alimentação do sistema de aquisição de

dados, com armazenamento a bordo, é também feita por baterias próprias do experimento. A taxa de coleta de dados é de uma medida de temperatura por termopar a cada segundo, e sua aquisição foi feita por telemetria. O tempo de duração em microgravidade foi de 370 segundos.

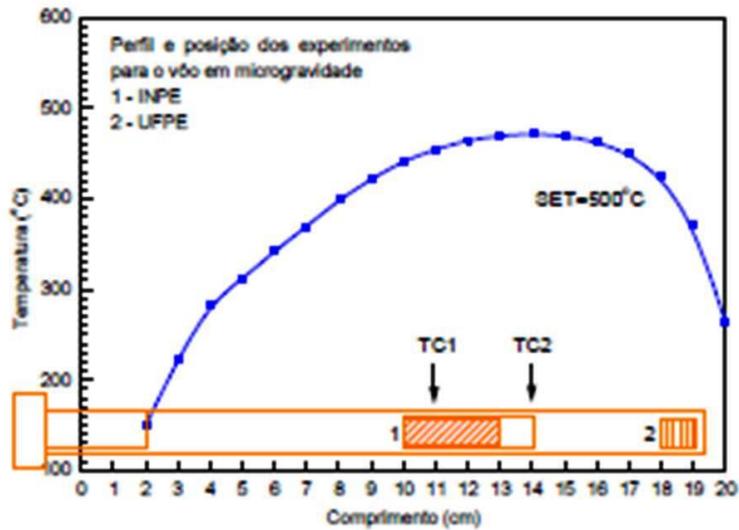


Figura 2.2 - Perfil térmico do forno e posição das amostras.

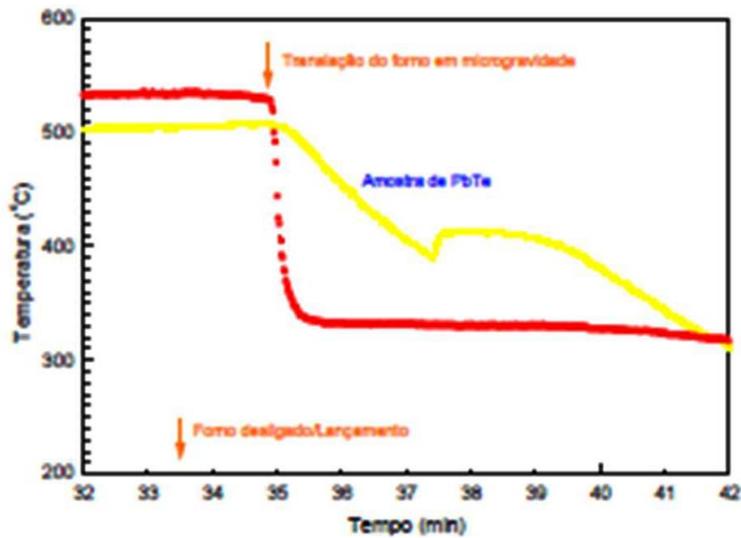


Figura 2.3 - Ciclos térmicos do forno e da amostra de PbTe eutético durante a experiência de teste.



### 3 DOCUMENTAÇÃO DO EXPERIMENTO/FACILIDADE

O nível de gravidade de  $10^{-3}$  g, fornecido pela plataforma sub-orbital do IAE, é suficiente para causar uma grande predominância da convecção de Marangoni sobre as convectivas e constitucionais, que é o objeto de estudo do projeto científico. Não se prevê alterações no resultado do experimento de solidificação rápida resultantes de acelerações espúrias. Não se espera a ocorrência de transientes nesta fase do voo e as acelerações quase-estáticas são desprezíveis. Mesmo acelerações vibratórias de até  $10^{-2}$  g entre 0,1 e 300 Hz, seriam toleráveis, não causando maiores distúrbios ao experimento. O ponto de fusão da liga de Pb11%Te89% é de 411 °C e a temperatura do forno é elevada a 470 °C no solo, através do cordão umbilical, cerca de 30 minutos antes do lançamento. O forno é desligado no instante do lançamento. O tempo de microgravidade é de 3 a 4 minutos e o sinal para seu deslocamento, para resfriamento da amostra, é dado no instante que se inicia a trajetória parabólica de microgravidade. O forno é então transladado axialmente cerca de 80 mm com uma velocidade de aproximadamente 10 mm/s. A aquisição de dados durante o voo se resume na medida, por telemetria, da temperatura (em mV) versus tempo, por dois termopares fixados ao longo da amostra. É necessário um único sinal de comando para o acionamento do motor que desloca o forno.



Figura 3.1 - Forno e módulo de controle: (a) posição de lançamento e (b) posição em microgravidade.

O experimento necessita de 330 W de potencia, energizando o forno na fase pré-vô através do cordão umbilical com uma tensão de 110 VDC e corrente de 3 A. Como os fios do cordão umbilical são do tipo AWG20 (que suportam corrente de até 1,3 A) são necessários 2x3 fios para a alimentação do forno. O controlador de temperatura é colocado na casamata. O sinal de um termopar de controle tipo K, operando no modo corrente, necessita de mais um par de fios do cordão umbilical. O forno é ligado cerca de 30 minutos antes do lançamento e desligado no momento do lançamento. Não existe nenhum outro requisito de solo e o experimento pode ser abortado e religado a qualquer momento do posto de observação, desde que se preveja um eventual ajuste na contagem regressiva, caso a abortagem tenha sido longa e ocorrido poucos minutos antes de T0.

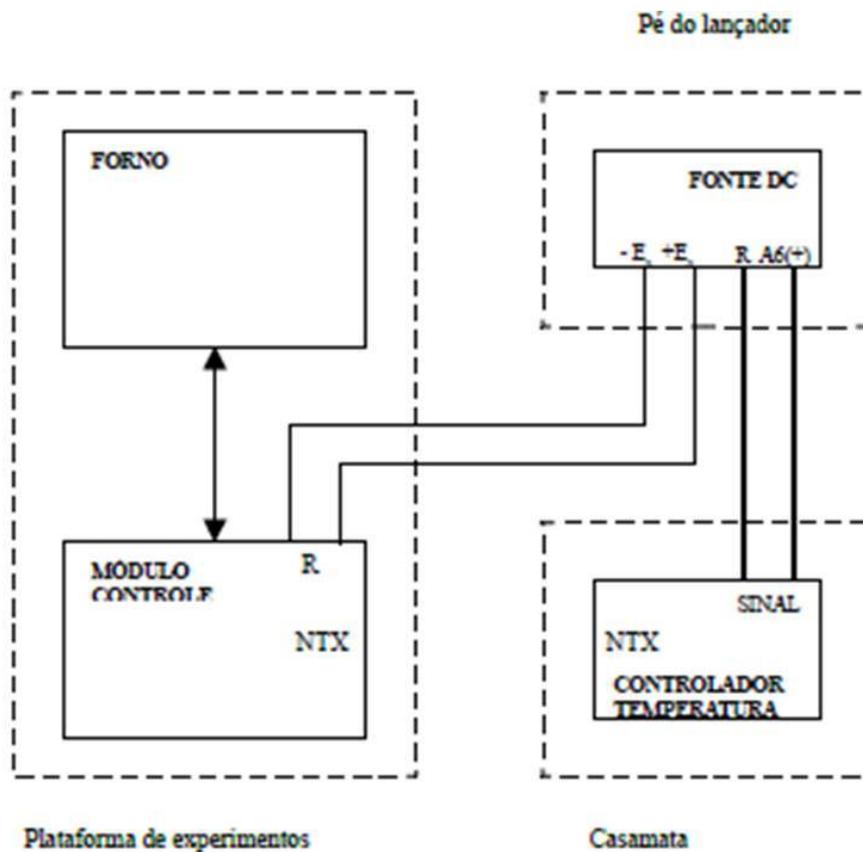


Figura 3.2 - Diagrama de blocos do sistema elétrico, mostrando os locais onde os componentes se encontram.

Como parte do financiamento da AEB para o projeto do INPE, foi incluída a construção de um forno com respectivo controlador para ser entregue a UFPE, para utilizar como simulador do experimento de migração de nanopartículas. O equipamento foi entregue à UFPE em julho de 2004.



Figura 3.3 - Forno e controlador construídos para a UFPE.



## 4 FUNCIONAMENTO DO EXPERIMENTO ANTES E DURANTE O VÔO

A campanha da Operação Cumã II iniciou-se oficialmente no dia 26 de junho de 2007, data do embarque do pessoal do IAE e dos equipamentos (incluindo o veículo lançador e a carga útil com os experimentos) para o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), com o lançamento previsto para o dia 11 de julho de 2007.

A cronologia de planejamento da campanha possui em torno de 340 itens de atividades a serem cumpridas até o dia do lançamento, envolvendo no total mais de 200 pessoas, incluindo técnicos, engenheiros e pesquisadores, além do apoio logístico da Aeronáutica e da Marinha.

Após quatro dias de treinamentos e de quatro dias seguidos de tentativas frustradas pelas condições climáticas desfavoráveis, o lançamento só foi possível na quinta tentativa, no dia 19 de julho.

A seguir estão descritos os resumos das atividades realizados pela equipe do INPE no período de 9 a 20 de julho de 2007, como participante com o experimento PEM-05 (Forno Multiusuário para Solidificação), do Programa Microgravidade da AEB.

**Dia 9:** Visita ao SPL (Setor de Preparação e Lançamento), local que inclui a Casamata (ACAV-Ações do Controle Avançado), e a PPCU (Preparação da Carga Útil). Na Casamata, foram ligados os fios do cordão umbilical e da fonte DC no controlador de temperatura, e o teste inicial foi feito com o forno do experimento já instalado no foguete (não foi usada a resistência de teste).

O forno foi aquecido até 96 °C (set 80 °C), fonte DC 50 V, onde foi observado um sinal normal para a telemetria do TP-1, mas o sinal do TP-2 sofreu a interferência do experimento PEM-15. O taxa de aquecimento verificado indicou que o forno não foi deslocado da sua posição original (não foi dado o sinal de microg). No Quadro 2, que fica próximo da plataforma de lançamento, foram confirmadas as ligações da fonte DC. Foi necessário isolar os terminais da fonte DC para evitar um possível curto-circuito dentro do Quadro 2. No final da tarde houve uma reunião para discutir a 1ª simulação de lançamento.

**Dia 10:** 1ª simulação de lançamento (RG-1, 1ª Repetição Geral). No Centro Técnico (CT), houve um encontro com os jornalistas, onde o IAE e o AEB apresentaram uma visão geral da campanha, e os detalhes de cada experimento foram apresentados pelos responsáveis de cada projeto. O vôo previsto inicialmente para o dia 11 foi adiado,

e durante a reunião foi destacado que ocorreram muitas dúvidas a respeito das execuções previstas na cronologia RG-1 e também porque não houve um treinamento anterior. Foram ligados a fonte DC e o forno para testes, que foram satisfatórios.

**Dia 11:** 2ª simulação (RG-2), mais realista. O tempo de desligamento do forno foi mudado de H0-05s para H0-16s, por questões de segurança e de melhor distribuição dos eventos da cronologia. Como a taxa de resfriamento do forno é de  $12\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , p/ set de  $470\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e considerando os gráficos experimentais realizados, verificou-se que não haveria problemas para o experimento. O lançamento foi adiado para o dia 13, e os acessos para alguns experimentos foram autorizados no PPCU, para onde foi levada a carga útil. Foi solicitado, mas não foi possível carregar as baterias do motor do forno por causa dos riscos, das dificuldades de acesso, e de execução para a desmontagem e montagem dos módulos. Por exemplo, necessidade de manipular vários módulos, parafusos e conexões elétricas que poderiam se danificar; pressurização dos módulos com N2 para reduzir a densidade da plataforma; testes de densidade e de vazamentos; etc.

**Dia 12:** 3ª simulação (RG-3). Houve também um treinamento de evacuação da área do SPL. A simulação foi cancelada e na reunião a seguir foram discutidos os problemas de comunicação e do cumprimento das atividades do cronograma. Testes do forno OK.

**Dia 13:** 4ª simulação (RG-4), sendo permitido o acesso aos módulos dos experimentos biológicos no PPCU. Houve confusão com os códigos dos experimentos PEM-05 e PEM-05-2 na cronologia, e foi solicitado à AEB para não utilizar este tipo de identificação nas próximas missões. O índice 2 do PEM-05-2 refere-se ao 2º AO.

**Dia 14:** Dia do lançamento DO (1ª tentativa), com HO = 10:15 hs, Janela de Lançamento: 09-14 hs, Início: 05 hs. Cancelado o lançamento às 13:20 hs, com a contagem em -1:15hs, por causa dos ventos. A cronologia estava no item 60 (confirmar a possibilidade de lançamento). A carga útil ficou no PPCU com acesso para alguns experimentos até às 10 hs do dia 15. Para estimar as condições das baterias do motor do forno, foi feito um teste com a parafusadeira elétrica que foi levado junto. Pelos esforços submetidos concluiu-se que as baterias da torre teriam carga suficiente para movimentar o forno, e assim não foi necessário insistir pela abertura dos módulos.

**Dia 16:** Dia do lançamento D+1 (2ª tentativa), com H0 = 10:35 hs, Janela: 09-14hs, Início: 05 hs. Cancelado o lançamento por causa dos ventos fortes, às 12:27 hs, com a contagem em -1:10hs (parado desde 10hs), no item 61 da cronologia (confirmar

possibilidade de lançamento). Na reunião foi salientado a possibilidade de mudar alguns parâmetros de lançamento para compensar os ventos.

**Dia 17:** Dia do lançamento D+2 (3ª tentativa), com H0 = 10:00 hs, Janela: 09-14 hs, Início: 05 hs. Cancelado o lançamento às 10 hs, com a contagem em -3:25 hs (parado desde 6:20 hs). Os ventos estavam fortes, não seria possível lançar mesmo mudando os parâmetros. A cronologia estava no item 25 (confirmar possibilidade de lançamento), do 1º ponto de reinício.

**Dia 18:** Dia do lançamento D+3 (4ª tentativa), com H0 = 10:45 hs, Janela: 09-14 hs, Início: 05 hs. Cancelado o lançamento às 12:55 hs, com a contagem em -1:10 hs, parado desde 12:35 hs para a última sondagem atmosférica. A cronologia estava no item 61. Na reunião foi comunicado a tentativa de prorrogar o lançamento até o sábado, mas iria depender da disponibilidade do pessoal do CLBI (Natal) que já teriam compromissos com outras missões. Também foi comentado o prolongamento da janela de lançamento, e neste caso o resgate iria depender mais dos barcos, pois as aeronaves teriam dificuldades na visibilidade. Seria dada a prioridade para um lançamento e resgate com chances de sucesso, mesmo que houvesse prejuízos para alguns experimentos. A carga útil ficou acoplado ao foguete e não foi levada ao PPCU.

**Dia 19:** Dia do lançamento D+4 (5ª tentativa), com H0 = 10:10 hs, Janela: 09-14 hs, Início: 05 hs. Lançado com sucesso às 12:13 hs, o vôo durou em torno de 19 minutos, atingiu a altura máxima de 242 km (apogeu), e obteve um ambiente de microgravidade durante 6,2 minutos (372 segundos). Na queda houve problemas com sinal de telemetria que dificultou as operações de resgate da carga útil pela FAB e pela Marinha. As 18hs foram encerradas as atividades de busca.

**Dia 20:** Reunião final às 15 hs. Foi declarado o sucesso da missão, mesmo com a perda da carga útil. Foi o quarto vôo de qualificação do VSB-30, e também estaria em teste alguns componentes do veículo e também de acessórios da plataforma de lançamento, como o suporte do veículo lançador. Em conversas informais foi comunicado que a Marinha teria continuado as buscas após 18 hs, e que teria havido problemas na abertura de pára-quadras da carga útil de acordo com as imagens transmitidas.

As características do vôo apresentados pelo IAE foram:

Tabela 4.1 - Características do vôo.

Tempo total de microgravidade	385 s
Início da microgravidade	78 s
Final da microgravidade	463 s
Tempo p/ atingir o apogeu	271 s
Apogeu do vôo	276 km
Alcance horizontal	162 km
Tempo total de vôo	20 mim
Alturas inicial e final da microgravidade	110 km
Velocidade máxima	2100 m/s
Aceleração máxima	11 g

## 5 PERFORMANCE DO EXPERIMENTO ANTES E DURANTE O VÔO

Tendo em vista que a carga útil do VSB-30 foi perdida no mar e que para o experimento de solidificação de PbTe a análise da amostra submetida ao regime de microgravidade era essencial, pouco se pode dizer sobre seu resultado científico pretendido. Aparentemente todo o processo pré-lançamento, lançamento e vôo parabólico foi bem sucedido, só não havendo a recuperação da carga. A obtenção das temperaturas por telemetria foi o único dado concreto obtido. Mesmo assim, como havia uma interferência de outro experimento nos valores da telemetria, não se pode confiar plenamente nestes dados.

O gráfico da Figura 5.1 mostra as temperaturas dos dois termopares durante 10 minutos antes do lançamento e durante aproximadamente 6 minutos após o lançamento. Todo o processo obteve valores nominais para o que era esperado do forno, com exceção do patamar entre zero e um minuto após o lançamento, onde os dados indicam, ou uma provável interferência na transmissão ou um eventual problema na translação do forno.

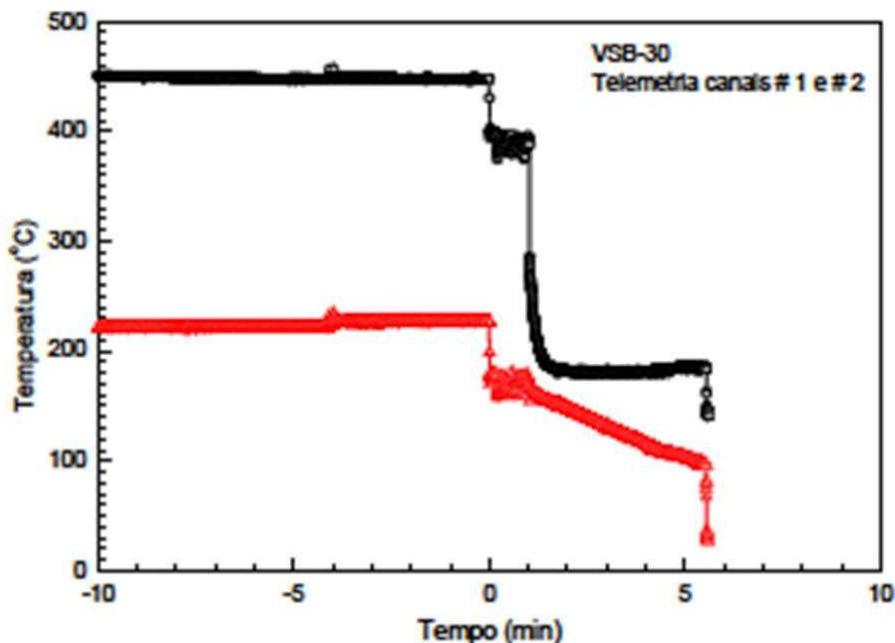


Figura 5.1 - Dados de telemetria obtidos durante o vôo da operação Cumã 2.



## 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os responsáveis pelas experiências devem estar cientes das dificuldades de acesso aos módulos da carga útil, principalmente quando esta já está acoplada ao veículo na plataforma de lançamento. Para isso é importante o conhecimento dos momentos críticos existentes ao longo da contagem da cronologia de lançamento, para poder avaliar os riscos e as dificuldades de acesso ao experimento ou ao equipamento de suporte, seja de modo direto ou via conexão remota.

Também é importante conhecer os detalhes de como são fechados e lacrados os módulos dos experimentos, se há pressurização ou não, as dificuldades para manipulação das conexões elétricas, os danos que podem ocorrer com as suas aberturas, etc.

Os testes de integração com todos os experimentos, e com a presença obrigatória dos responsáveis, seriam ideais que sejam realizados com prazo suficiente para permitir correções, em caso de ocorrerem falhas, vazamentos ou interferências causados por incompatibilidades de impedâncias, por exemplo.

Para os experimentos biológicos, ou outros que necessitam de acesso direto, os módulos poderiam possuir janelas ou conexões específicas, e para evitar a degradação do material biológico, um dispositivo termoelétrico poderia ser usado para auxiliar na refrigeração, por exemplo.

Para o Forno Multiusuário de Solidificação, de acordo com as dificuldades encontradas, é necessário realizar as seguintes modificações e testes:

- Realizar o carregamento das baterias do motor via cordão umbilical, evitando assim a necessidade de acesso direto.
- Voltar a usar um data-logger para armazenar os dados, de modo a não depender somente da telemetria.
- Possibilidade de usar um acionador alternativo, em caso de falha do sinal de microgravidade para ligar o motor.
- Verificar o casamento das impedâncias com outros experimentos para não sofrer interferências, como ocorreu nesta missão.
- Construir um compartimento similar ao módulo, com pressurização, para realização de testes térmicos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOF, E.; FERREIRA, S. O.; BOSCHETTI.; BANDEIRA, I. N. Characterization of  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$  films grown on KCl substrates by hot wall epitaxy. **Journal of Crystal Growth**, v. 96, n. 3, p. 637–644, 1986.
- AN, C. Y.; BANDEIRA, I. N. **Lead-tin-telluride growth by VMS under microgravity conditions**. 1983. INPE-2834-RPE/081.
- AN, C. Y.; BANDEIRA, I. N.; FERREIRA, S. O.; MIRANDA, L. C. M.; RAPPAL, P. H. O. **Proposal for a Lead-Tin-Telluride Crystal Growth in microgravity Environment using MIR facilities**. 1989. Proposta selecionada pelo Instituto de Pesquisas Cósmicas (IKI) da URSS para colocação do experimento na estação orbital MIR.
- FABBRI, M.; BANDEIRA, I. N.; MIRANDA, L. C. M. Theoretical model for the solute distribution of a pbsnte growth by vms in microgravity environment. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL FEDERATION, 39., 1988, Bangalore/India. **Proceedings...** Bangalore/India, 1988. INPE-4664-PRE/1365.

