

EXPERIMENTO MULTIUSUÁRIO COM FORNO ELÉTRICO EM MICROGRAVIDADE - EMFEM

Integrantes da Equipe

Organização	Função / Nome	Assinatura	Data
INPE	Pesquisador Principal, coordenador Dr. Chen Ying An		
INPE	Pesquisa e desenvolvimento Dr. Irajá Newton Bandeira		
INPE	Pesquisa e desenvolvimento Dr. Cesar Boschetti		
INPE	Pesquisa e desenvolvimento Dr. Rafael Cardoso Toledo		
INPE	Desenvolvimento Eng. Manuel Francisco Ribeiro		
INPE	Desenvolvimento Tec. Júlio César Peixoto		

Folha de controle de revisões

Nº	Data	Item / Descrição sucinta da revisão
0	31/05/2016	Implantação

Sumário

1	Introdução	9
2	Apresentação do experimento	9
3	Composição do experimento	10
4	Funcionamento do experimento	10
4.1	Funcionamento eletrônico	13
4.2	Operação de rotina	13
5	Desenvolvimento do forno multiusuário de microgravidade	15
5.1	Projeto mecânico	15
5.2	Projeto eletrônico	18
5.2.1	Diagrama de blocos do sistema	21
5.2.2	Descrição do circuito elétrico	21
6	Requisitos do experimento para a plataforma de microgravidade	56
7	Requisitos do experimento em solo	57
8	Operação do experimento	57
9	Equipamentos de testes preparatórios em solo	57
10	Segurança	58
11	Resgate do Experimento	61
12	Cronograma	61
13	Participantes	61

Lista de Abreviações

ACAV	Ações de Controle Avançado
AEB	Agência Espacial Brasileira
CTE	Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores
DC	Corrente Contínua
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
FAB	Força Aérea Brasileira
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LAS	Laboratório Associado de Sensores e Materiais
LIT	Laboratório de Integração e Testes
PPCU	Prédio de Preparação da Carga Útil
SPL	Setor de Preparação e Lançamento
PSM	Plataforma Suborbital de Microgravidade
UECAS	Unidade Eletrônica da Casamata
UEFONTE	Unidade Eletrônica Fonte
UEFOG	Unidade Eletrônica do Foguete
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
IHM	Interface Homem Máquina
PCI	Placa de Circuito Impresso
DB9F	Conector DB9 fêmea
DB9M	Conector DB9 macho
LAE	Linha de Alimentação Externa
LRB	Linha de alimentação da Recarga das Baterias
BAT	Alimentação Interna - Baterias
CI	Circuito Integrado

Lista de Figuras

1	(a) protótipo do forno; (b) detalhe do porta amostras.	9
2	Diagrama em blocos do sistema eletrônico, mostrando os locais onde os componentes se encontram.	10
3	Campo de lançamento CLA.	11
4	Locais para posicionamento dos volumes do sistema.	11
5	(a) Foto da casamata no CLA; (b) A vista interna do quadro elétrico; (c) Vista da casamata a partir do quadro elétrico; e (d) Vista da plataforma de lançamento a partir do quadro elétrico. .	12
6	O perfil de voo do foguete de sondagem VS-30.	12
7	Descrição do forno tubular, (1) forno e (2) resistência.	15
8	Descrição do sistema de aquecimento.	16
9	Porta-amostras.	16
10	Tubos protetores das amostras.	17
11	Detalhe fixador do porta-amostras.	17
12	Furação para fixação do sistema do forno no VSB-30.	18
13	Diagrama em blocos do sistema elétrico proposto.	21
14	Equipamento modelo <i>fieldlogger</i> da empresa Novus.	22
15	(a) Entrada digital para conexão de contato seco; (b) Entrada digital para conexão de transistor NPN com coletor aberto; e (c) Saída digital via transistor NPN com coletor aberto (carga de 200mA@30V).	22
16	(a) Rede MODBUS RS485; e (b) Tela exemplo do programa para a monitoração e controle com botões e indicadores numéricos.	23
17	Circuito elétrico do forno.	24
18	Resistência do forno.	25
19	(a) Montagem da caixa da UECAS realizada para o experimento SLEM; e (b) Circuito elétrico da UECAS	25
20	Circuito do comando remoto entre a UECAS e a UEFONTE.(a) Parte do circuito na UECAS; (b) retorno visual e energização na UEFONTE; e (c) energização na UEFONTE.	26
21	Chave com proteção de acionamento.	26
22	Circuito elétrico da UEFONTE.	27
23	Parte do circuito de comutação e diodo D4 na UEFOG.	28
24	Montagem da caixa da UEFONTE que foi realizada para o experimento SLEM.	29
25	Circuito elétrico do controle.	29

26	Montagem da caixa da UEFOG que foi realizada para o experimento SLEM.	30
27	Circuito elétrico do módulo de CONTROLE1.	30
28	Circuito elétrico do movimento do motor.	31
29	Circuito elétrico da junta-fria e telemetria.	32
30	Circuito elétrico do módulo das baterias.	32
31	Circuito elétrico das Juntas frias.	33
32	Circuito elétrico da PCI dos relés.	34
33	Foto da tela inicial do programa <i>Superview</i>	35
34	Sequencia de telas do procedimento de ligar a ALIMENTAÇÃO EXTERNA. (a) Tela inicial; (b) liga ALIMENTAÇÃO EXTERNA; (c) DESL. ALIM. INTERNA; e (d) ALIMENTAÇÃO EXTERNA ligada.	35
35	(a) Tela inicial do programa configurador do <i>fieldlogger</i> ; (b) Tela dos parâmetros de registro da UEFOG; e (c) Tela dos parâmetros de registro da UEFONTE.	37
36	Mapa da cablagem do sistema.	43

Lista de Tabelas

1	Requisitos do sistema eletroeletrônico.	18
1	Continuação.	19
1	Continuação.	20
1	Continuação.	21
2	Procedimento para desligar a ALIMENTAÇÃO EXTERNA da UEFOG.	34
3	Procedimento do INÍCIO DOS REGISTROS do sistema.	37
4	Funções de software para controle de interfaces de saída.	38
5	Funções de software para monitoração de interfaces de entrada.	38
6	Procedimento para DESLIGAR O SISTEMA.	39
7	Procedimento para DESLIGAR A ALIMENTAÇÃO EXTERNA da UEFOG.	39
8	Procedimento para DESLIGAR A ALIMENTAÇÃO INTERNA da UEFOG.	39
9	Procedimento para LIGAR O SISTEMA.	40
10	Procedimento para RECARREGAR AS BATERIAS.	40
11	Procedimento do AQUECIMENTO do forno.	41
12	Procedimento do MOVIMENTO DO FORNO.	41
13	Procedimento do INÍCIO DOS REGISTROS do sistema.	42
14	Procedimento da PARADA DOS REGISTROS do sistema	42
15	Procedimento para COLETA DOS REGISTROS do sistema.	42
16	CON13-DB9F. Posicionado no corpo da UECAS, localizada na casamata.	44
17	CON14-DB9M. Posicionado na ponta dos cabos vindos do quadro elétrico (abrigo) e que ligam na UECAS, localizada na casamata.	44
18	CON12-DB9M. Posicionado na ponta dos cabos vindos da casamata e que ligam na UEFONTE, localizada no quadro elétrico (abrigo).	44
19	CON11-DB9F. Posicionado no corpo da UEFONTE, localizada no quadro elétrico (abrigo). . . .	44
20	CON9-DB25F. Posicionado no corpo da UEFONTE, localizada no quadro elétrico (abrigo). . . .	45
21	CON10-DB25M. Posicionado na ponta dos cabos vindos do foguete e que ligam na UEFONTE, localizada no quadro elétrico (abrigo).	45
22	CON8-DB37M. Posicionado na ponta dos cabos vindos do quadro elétrico (abrigo) e que ligam na UEFOG, localizada no foguete.	46
23	CON7-DB37F. Posicionado no corpo da UEFOG, localizada no foguete.	47

24	CON27-DB9F. Posicionado no módulo dos relés da UEFOG, localizado no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.	47
25	CON28-DB9M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo das baterias da UEFOG e que liga no módulo dos relés da UEFOG, localizados no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.	48
26	CON26-DB9M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo dos relés da UEFOG e que liga no módulo das baterias da UEFOG, localizados no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.	48
27	CON25-DB9F. Posicionado no módulo das baterias da UEFOG, localizado no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.	48
28	CON3-DB25F. Posicionado no módulo dos relés da UEFOG, localizado no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.	49
29	CON4-DB25M. Posicionado na ponta do cabo vindo do forno e que liga no módulo dos relés da UEFOG, localizados no foguete.	50
30	CON2-DB25M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo dos relés da UEFOG e que liga no forno, localizados no foguete.	51
31	CON1-DB25F. Posicionado no forno, localizado no foguete.	52
32	CON23-DB25F. Posicionado no módulo dos relés da UEFOG, localizado no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.	53
33	CON24-DB25M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo de controle da UEFOG e que liga no módulo dos relés da UEFOG, localizados no foguete.	54
34	CON22-DB25M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo dos relés da UEFOG e que liga no módulo de controle da UEFOG, localizados no foguete.	55
35	CON21-DB25F. Posicionado no módulo de controle da UEFOG, localizado no foguete.	56
36	Matriz de Risco	59
37	Cronograma de preparo da documentação e desenvolvimento das atividades.	61

1 Introdução

Este projeto, denominado EMFEM, tem por objetivo a realização de pesquisa com experimentos de materiais em ambiente de microgravidade dando continuidade ao projeto que foi aprovado na primeira chamada do 4º Anúncio de Oportunidade do Programa Microgravidade-AEB, contemplando experimentos de solidificação de ligas eutéticas. Além disso, apresenta a proposta de também incluir até seis experimentos na área de solidificação, difusão e tratamento apresentados por outras Universidades e Instituições de Ensino e Pesquisa.

2 Apresentação do experimento

O projeto propõe desenvolver, construir e qualificar um forno elétrico com capacidade para realizar experimentos de solidificação, difusão e tratamento térmico de materiais com temperaturas de fusão de até 350°C, em ambiente de microgravidade de curta duração utilizando foguetes suborbitais (VSB-30). A parte científica do projeto contempla a continuidade do estudo da influência da microgravidade na homogeneidade da composição e microestrutura de ligas eutéticas, incluindo agora também experimentos de outras Universidades e Instituições de Pesquisa.

A área de ciências dos materiais é uma das que mais se beneficia do ambiente de microgravidade. Estas incluem estudos sobre materiais imiscíveis, eutéticos, desenvolvimento morfológico durante a solidificação, os fenômenos de nucleação, o crescimento dendrítico isotérmico, macrossegregação e o comportamento das partículas insolúveis à frente da interface de solidificação. No Brasil existem poucas facilidades multiusuários (forno multiusuário do LAS/INPE para altas temperaturas) capazes de fornecer as condições adequadas de temperatura, gradiente térmico e resfriamento controlado, para processamento, solidificação e crescimento de cristais de materiais inorgânicos.

Dessa forma, este projeto tem por objetivo aperfeiçoar, construir e qualificar, juntamente com a realização de um experimento científico, um forno de solidificação multiusuário em microgravidade para operação em temperaturas de até 350°C, como uma facilidade permanente para foguetes de sondagem do Programa de Microgravidade da Agência Espacial Brasileira (AEB).

O forno projetado é capaz de proporcionar um resfriamento rápido, compatível com os tempos curtos de microgravidade de voos suborbitais, com o objetivo de solidificar seis amostras de até 9 mm de diâmetro e até 100 mm de comprimento (Figura 1).

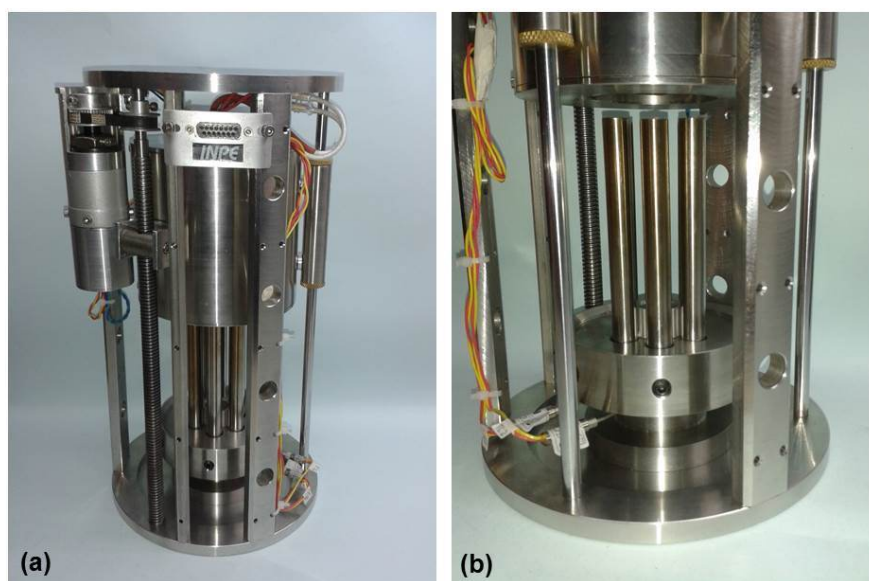


Figura 1: (a) protótipo do forno; (b) detalhe do porta amostras.

O experimento científico dá continuidade aos projetos realizados nos Anúncios de Oportunidades anteriores e consistirá no estudo da influência da microgravidade na homogeneidade da composição e microestrutura nas ligas eutéticas dos sistemas binários de BiSn (ponto de fusão de 139°C) e de PbSn (ponto de fusão de 183°C) solidificadas em ambiente espacial. Estas ligas podem ser utilizadas na fabricação de fusíveis e também como soldas de baixa temperatura, sendo portanto, materiais ideais para realização de experimentos de solidificação em ambientes com restrições nos limites de temperatura. O forno comporta experimentos simultâneos em seis tubos carregados com seis diferentes ligas, desde que possuam ponto de fusão inferior a 350°C. Duas delas serão de ligas eutéticas, de interesse do LAS/INPE, e os quatro outros tubos serão oferecidos a comunidade científica.

Para complementar o experimento em voo, também são realizadas experimentos em laboratório permanente do LAS/INPE utilizando um tubo de queda livre de 3 metros (curtos períodos de microgravidade) e de um forno acoplado a uma centrífuga para solidificação em condições de macrogravidade (gravidade > 1g), além dos testes de solidificação vertical com configuração normal e inversa. Estes experimentos permitem melhor compreensão da influência da gravidade na solidificação de materiais, e também proporcionam subsídios para escolha de materiais e na preparação de experimentos a serem realizados em foguetes de sondagem ou em outros veículos com maior tempo de microgravidade.

3 Composição do experimento

O forno multiusuário será composto por dois módulos: módulo suborbital e módulo terrestre. O módulo suborbital deve acomodar o conjunto do sistema aquecedor e a unidade eletrônica do foguete (UEFOG), responsável pelo controle do motor, do forno e pela aquisição de dados, e as baterias de Ni-MH. O módulo terrestre acomodará o quadro de alimentação (UEFONTE), que supre a necessidade de potência para o aquecimento do forno e o recarregamento das baterias do UEFOG, além da unidade de controle eletrônico da casamata (UECAS) que permite ao operador monitorar e controlar o sistema dentro dos cenários de teste/validação e operações de solo quando ligado a um notebook na casamata.

Os volumes dos módulos são instalados em três lugares distintos, sendo: módulo suborbital no foguete; UEFONTE no quadro elétrico/abrigo próximo ao lançador e a UECAS na casamata, Figura 2.

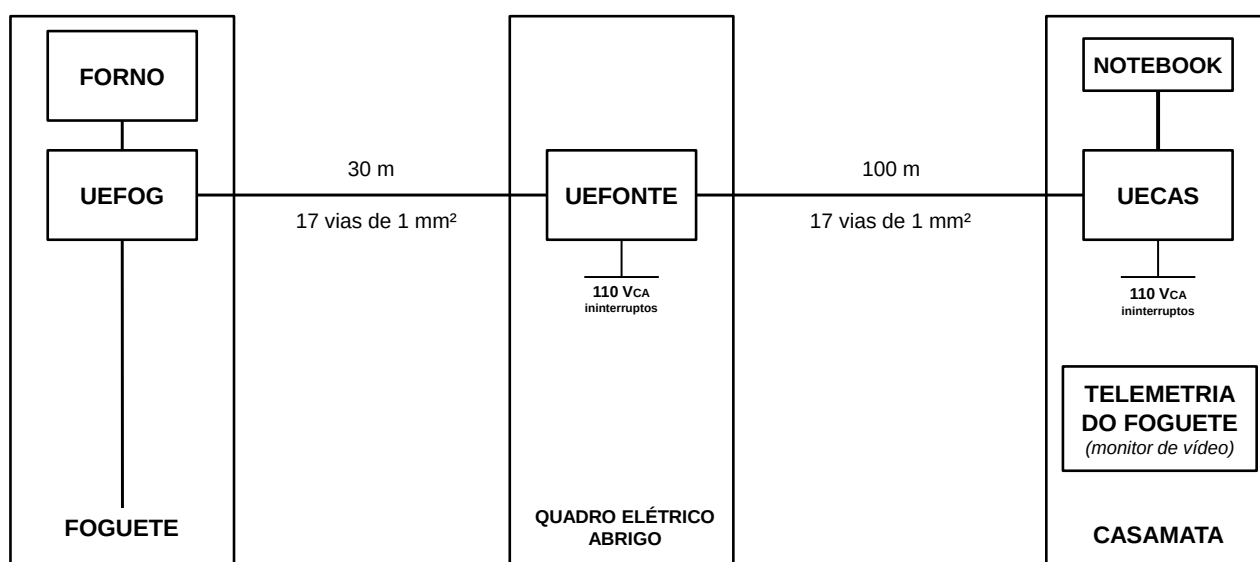


Figura 2: Diagrama em blocos do sistema eletrônico, mostrando os locais onde os componentes se encontram.

4 Funcionamento do experimento

A AEB utiliza os foguetes de sondagem suborbital (VSB-30) fabricados na cidade de São José dos Campos pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (IAE/DCTA). Estes

veículos são lançados na cidade de Alcântara, no estado do Maranhão, no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). Sendo assim, o cenário de operação disponível no local pode ser visualizado na Figura 3.

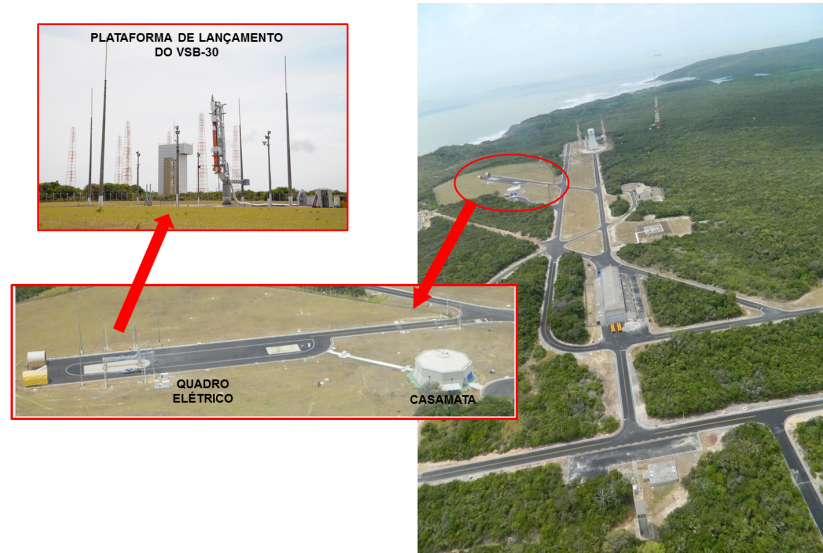


Figura 3: Campo de lançamento CLA.

Assim, o posicionamento da infraestrutura existente no CLA moldou o sistema dividido em três locais: casamata, quadro elétrico e foguete (Figura 4), onde são alocados os volumes dos módulos terrestre e suborbital:

- casamata (Figura 5 (a) e (c)), alocação da UECAS e notebook. Edificação de segurança, onde ficam os operadores dos experimentos durante o lançamento e testes, distante 150m da plataforma de lançamento do foguete;o;
- quadro elétrico (ou abrigo, Figura 5 (b), (c) e (d)), alocação da UEFONTE. Pequena estrutura em alvenaria utilizada na proteção dos equipamentos a menos de 50m da plataforma de lançamento;
- foguete (Figura 5 (d)), alocação do forno e UEFOG. Já dentro da carga útil do foguete, também referenciado no sistema como plataforma de lançamento ou Plataforma Suborbital de Microgravidade (PSM).

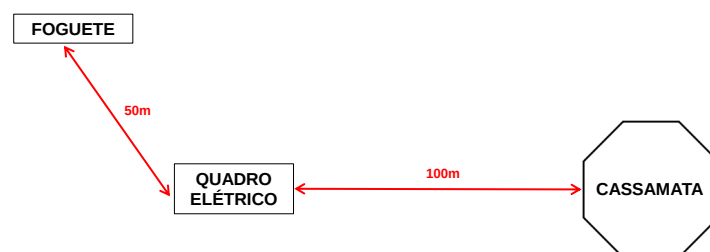


Figura 4: Locais para posicionamento dos volumes do sistema.



Figura 5: (a) Foto da casamata no CLA; (b) A vista interna do quadro elétrico; (c) Vista da casamata a partir do quadro elétrico; e (d) Vista da plataforma de lançamento a partir do quadro elétrico.

Os foguetes de sondagem são divididos em duas partes: a carga útil e um motor foguete movido a combustão sólida. Após o lançamento, o motor foguete usa seu combustível, e ele se separa da carga útil caindo de volta para a Terra. Ao mesmo tempo, a carga continua para o espaço adquirindo uma trajetória parabólica, quando se dá início à realização da experiência. Na maioria dos casos, após a carga ter reentrado na atmosfera, ela é trazida, suavemente, à Terra por meio de um paraquedas e é então recuperada (ver Figura 6)

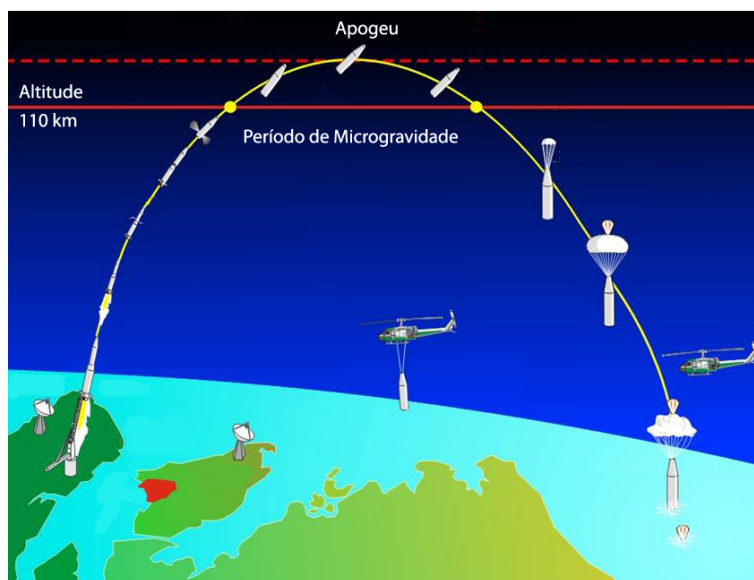


Figura 6: O perfil de voo do foguete de sondagem VS-30.

Dessa forma, o funcionamento do experimento teve que se adequar ao cenário de operação e de voo a disposição.

O forno, de formato tubular, é aquecido e controlado a partir do solo através de um cabo denominado cordão umbilical, ligado ao foguete, até que se atinja a temperatura necessária. No momento do lançamento o cordão umbilical é desconectado e o forno é desligado, tendo sua temperatura mantida por inércia térmica até o início do período de microgravidade. Quando é atingido o ambiente de microgravidade, um sinal é enviado ao controle do forno e um motor elétrico é acionado, ocasionando, através de um fuso, o deslocamento axial do forno, obtendo

assim um rápido resfriamento da amostra. A temperatura do experimento é medida por três termopares e os seus sinais são armazenados em um registrador interno (*datalogger*) e também enviados à Terra por telemetria. Após a realização do voo com sucesso, a carga útil (experimento) é resgatada por um helicóptero da Força Aérea Brasileira (FAB) e as amostras são analisadas nos laboratórios do LAS/INPE.

4.1 Funcionamento eletrônico

Visando identificar as necessidades elétricas da operação do forno, é descrito o cenário do lançamento. A carga do experimento é mantida fundida no forno com a temperatura fixa de $180 \pm 5^\circ\text{C}$. A energia elétrica necessária nessa etapa provém de uma fonte de alimentação de $\pm 50\text{ V}$ e 3 A alocada no quadro elétrico. O estado não se altera até instantes antes do lançamento quando a fonte do aquecimento é desligada. Deste momento em diante o forno permanece desligado, pois todas as fontes de energia são desligadas e as necessidades de energia são supridas pelas baterias. A temperatura continuará caindo, mas se manterá em um nível que não cause a solidificação da carga, na faixa de 180°C (ponto de fusão da liga de PbSn).

Ao chegar no ambiente de microgravidade, ainda durante a subida, a eletrônica do foguete fecha um contato seco exclusivo e indicativo de entrada no ambiente de microgravidade. A ativação do sinal de microgravidade ($S_{\mu g}$) provoca a movimentação do forno através do acionamento do motor. A temperatura cai rapidamente e a carga do experimento solidifica. Alguns sinais, incluindo três temperaturas do forno, são registrados em um *datalogger* e também monitorizados na casamata através da telemetria.

O *datalogger* é programado para registrar um bloco de dados a cada segundo, sendo que a taxa máxima de coleta da informação desse bloco de dados é de 1000 pontos por segundo. Podem ser registrados 512 mil pontos no total. O registro é acionado próximo do momento do lançamento. Existe um compromisso entre a quantidade de canais monitorizados e a taxa de aquisição que determinará o tempo de autonomia de registro e será determinado pela programação estabelecida. O *datalogger* registra 24 horas seguidas, no caso de 6 informações diferentes, até o final de sua memória e para, protegendo os dados já armazenados.

4.2 Operação de rotina

Fase de pré-voo:

O sistema é ligado em alimentação externa. O aquecimento do forno deve iniciar trinta minutos antes do lançamento. A carga do experimento é mantida fundida no forno com a temperatura fixa de no máximo $350 \pm 5^\circ\text{C}$. O forno estabiliza a temperatura em um valor em torno de 10% acima do patamar de solidificação. O processo de aquecimento do forno permite o desligamento e religamento. O registro de 1 em 1 s do tempo e de quatro temperaturas pelo *datalogger* deve ser retomado ou acionado 10 min antes do lançamento. O registro é passível de parada, zeragem e reinício. As temperaturas são monitoradas, de forma independente, pela telemetria do foguete.

Na iminência do lançamento, estimado em 16 s antes, baseado na missão Maracati, liga-se a alimentação interna da UEFOG. Todas as fontes externas de energia são desligadas devido a motivo de segurança e as eventuais necessidades de energia devem ser supridas pelas baterias internas do experimento. O forno deve ser desligado remotamente da casamata e as amostras devem manter-se fundidas pela inércia térmica. No caso de cancelamento do voo as baterias devem ser recarregadas durante a noite, se necessário.

Observação: Devido a motivo de segurança estabelecido pelo IAE e AEB, a tensão utilizada no aquecimento foi limitada em 50Vcc. Considerando este valor máximo da tensão, estima-se que a potência mínima a ser fornecida para atender o tempo máximo de 30 min de aquecimento até a temperatura desejada deve ser de 150W. A energia elétrica necessária nessa etapa provém de uma fonte de alimentação de 50 Vcc e 300W ($I_{max}=7\text{Acc} @ T=50^\circ\text{C}_{max}$ no quadro elétrico) alocada no quadro elétrico. Conforme a Figura 4, a distância entre a casamata e o foguete é de 150 m, os cabos de cobre disponíveis para uso entre estes locais possuem bitola de 1 mm^2 . Se a fonte fosse alocada na casamata, a distância de 300 m de cabos entre esta e a base de lançamento (ida e volta do cabo) provocaria uma queda de tensão de aproximadamente 18V ($2 \times 150\text{ m} \times 0,0195\ \Omega\text{m}^{-1} \times 3\text{A}$), o que inviabilizaria o cumprimento da meta de aquecer o forno. Sendo assim, pela proximidade com o foguete, o quadro elétrico está sendo utilizado e deste retira-se a energia necessária ao forno. Para minimizar a queda de tensão, semelhante ao realizado na missão Maracati II, serão utilizados dois cabos de 1 mm^2 para cada polo do

forno (4x cabos de 1 mm^2), através destas modificações a queda de tensão cai para menos de 3V ($2 \times 50\text{m} \times 0,00975\text{ }\Omega\text{m}^{-1} \times 3\text{A}$).

Fase do voo ascendente:

Com o lançamento o umbilical é desligado. A temperatura continua em queda, mas se mantém em um nível que não causa a solidificação das cargas. Transcorre um intervalo de 78s de voo até o foguete alcançar o ambiente de microgravidade e o forno deve aguardar o recebimento do $S_{\mu g}$ para movimentar. Durante este tempo inicial do voo a temperatura do forno deve ser mantida por inércia em um nível que não cause a solidificação da carga. As temperaturas devem ser monitoradas, de forma independente, pela telemetria do foguete.

Fase da microgravidade:

Ao atingir o ambiente de microgravidade, a interface do foguete sinaliza (com o fechamento de um contato normalmente aberto de um relê) para o forno iniciar o experimento, sendo este evento que provoca o movimento automático do forno por aproximadamente 13s e o consequente resfriamento. O movimento ocorre até que o forno atinja um dispositivo de fim de curso. Esta sinalização é conhecida por sinal de microgravidade ($S_{\mu g}$). O foguete continua o voo em trajetória parabólica enquanto o experimento científico é realizado. A temperatura cai rapidamente devido a exposição das amostras e a carga do experimento deve solidificar dentro da estimativa de 6 min de microgravidade. O foguete passa pelo apogeu em torno de 282 km e então desce para passar novamente pelos 110 km de altitude, que marcam o fim da microgravidade. As temperaturas devem ser monitoradas, de forma independente, pela telemetria do foguete.

Voo descendente (reentrada):

As temperaturas devem ser monitorizadas, de forma independente, pela telemetria do foguete.

Recuperação:

Acerca de 6 km de altitude o paraquedas se abre. A carga útil amerissa na água do mar, é recuperada por um helicóptero e o experimento é devolvido para o pesquisador, conforme especificado pela AEB. As amostras permanecem expostas. Também é quase certeza que as baterias terão carga (tensão máxima de 24 Vcc) e os circuitos eletrônicos estarão energizados no momento do resgate. O registro das temperaturas pelo *datalogger* continua até que os circuitos não estejam mais energizados.

O registro das temperaturas em solo e voo:

Quatro (4) temperaturas do forno são registradas continuamente através dos sinais elétricos originados em termopares tipo K, antes, durante e depois do lançamento por um equipamento *datalogger*. Este registrador está posicionado no foguete e os sinais elétricos derivados dos registrados também são enviados ao solo, via telemetria, para serem monitorados na casamata. A forma de registrar do *datalogger* é programada para colher uma aquisição das quatro temperaturas a cada intervalo de um segundo, sendo que a taxa máxima de varredura é 1000 informações diferentes por segundo. Podem ser registrados 512 mil pontos de dados no total. Existe um compromisso entre a quantidade de informações diferentes monitoradas e o tempo do intervalo entre as aquisições que determina o tempo de autonomia de registro. Se for programada a aquisição de quatro temperaturas com um intervalo de 1 s, o datalogger permite acima de 35 h seguidas de registro e, se programado, pode parar no final da memória. O registro é acionado 10 min antes do momento do lançamento, sendo o tempo de microgravidade de 6 min, a capacidade de registro é muito superior, o que torna mais segura a operação, além de permitir novos registros, se necessário.

5 Desenvolvimento do forno multiusuário de microgravidade

5.1 Projeto mecânico

O sistema do forno multiusuário de microgravidade é composto por um forno tubular de aço inoxidável com 120 mm de comprimento e diâmetro externo de 127 mm com uma cavidade interna, onde ocorre o processamento do material, constituída por um tubo de aço inox com 59 mm de diâmetro interno, com dimensões totais 180 mm de comprimento e 338 mm de diâmetro externo e massa total de 9,980 kg, como ilustrado na Figura 7.

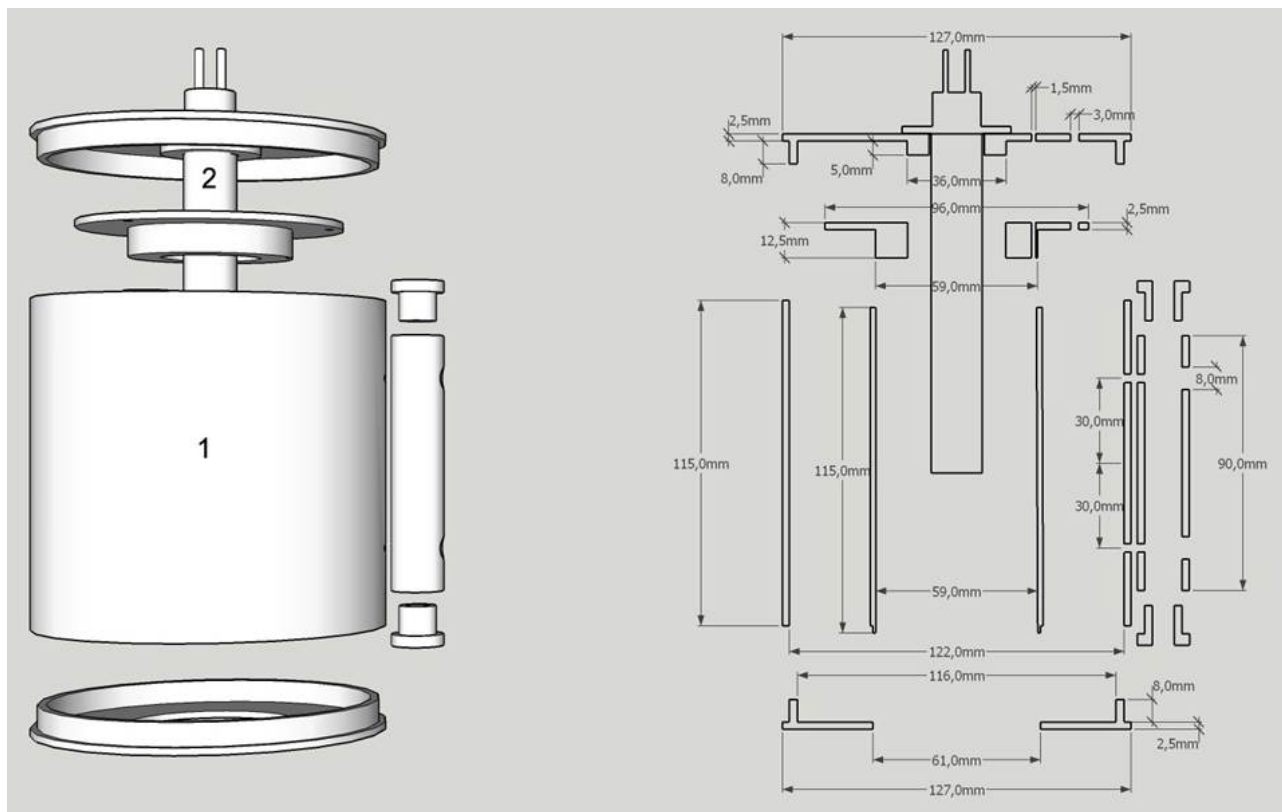


Figura 7: Descrição do forno tubular, (1) forno e (2) resistência.

A Figura 7 ilustra também, o sistema de aquecimento do forno que é proporcionado por uma resistência blindada de níquel-cromo de 15 Ω , localizada no centro da cavidade interna e para aumentar a inércia térmica do forno, entre a parede externa do forno e a cavidade interna, é colocado um isolamento térmico feito com fibra de vidro compactada.

Na Figura 8 são mostrados, de forma simplificada, os detalhes do sistema de deslocamento, composto pelos seguintes elementos: (1) forno, (2) fuso, (3) motor DC, (4) caixa de transmissão/redução, (5) hastes de deslizamento, (6) hastes de fixação, e (7) porta amostras.

O motor DC (3), alimentado por baterias próprias de 4,8 V, é acoplado ao fuso (2) por um sistema de transmissão (4), permitindo o deslocamento do forno no momento necessário. O acionamento do motor e o consequente deslocamento do forno ocorrem após o recebimento de um sinal indicador do início do período de microgravidade dado pela plataforma. O forno é então deslocado até alcançar o fim do curso, controlado por uma chave de fim de curso.

As Figuras 9, 10 e 11 mostram detalhes e medidas do porta-amostras e sua fixação no sistema do forno.

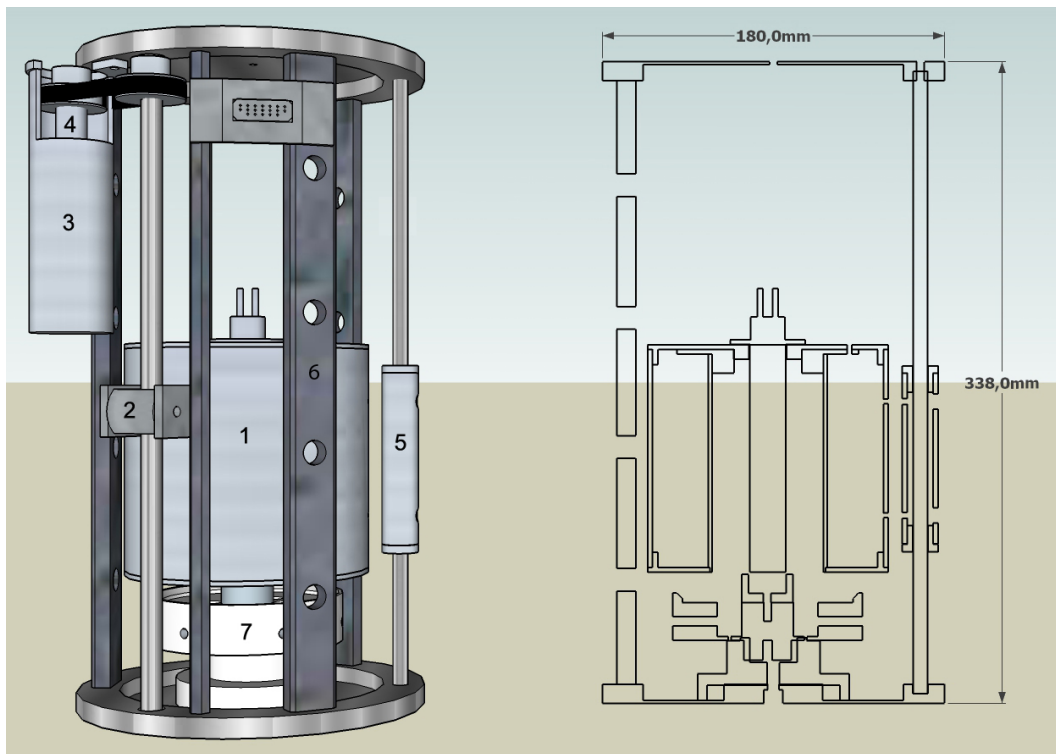


Figura 8: Descrição do sistema de aquecimento.

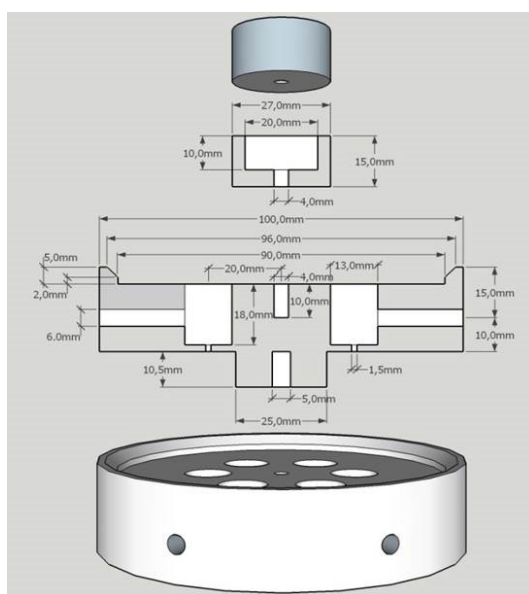


Figura 9: Porta-amostras.

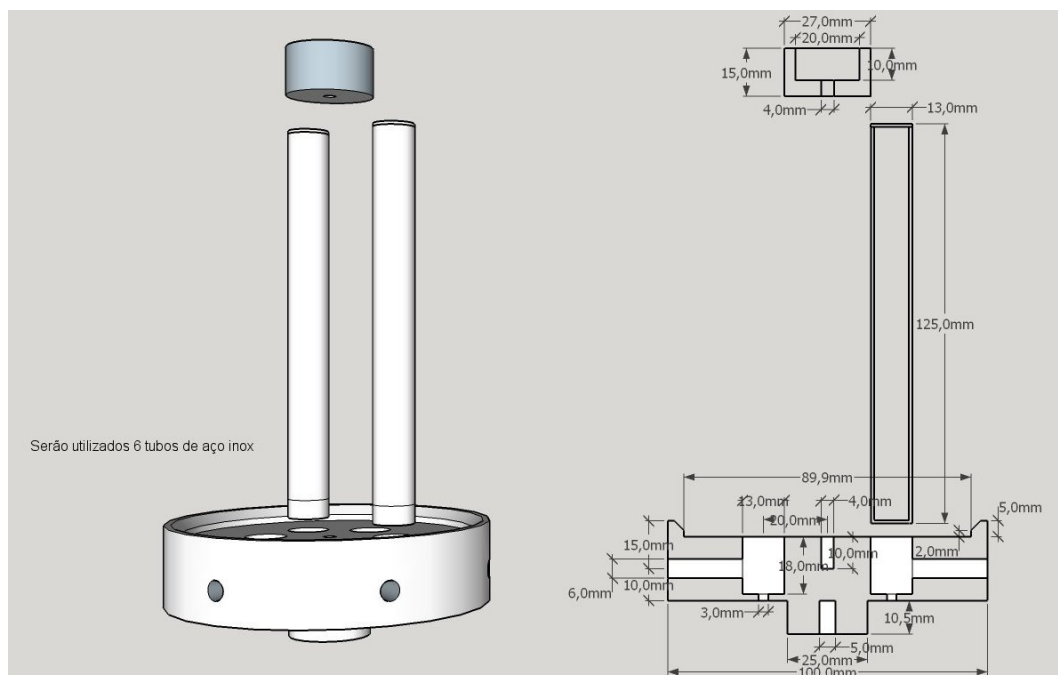


Figura 10: Tubos protetores das amostras.

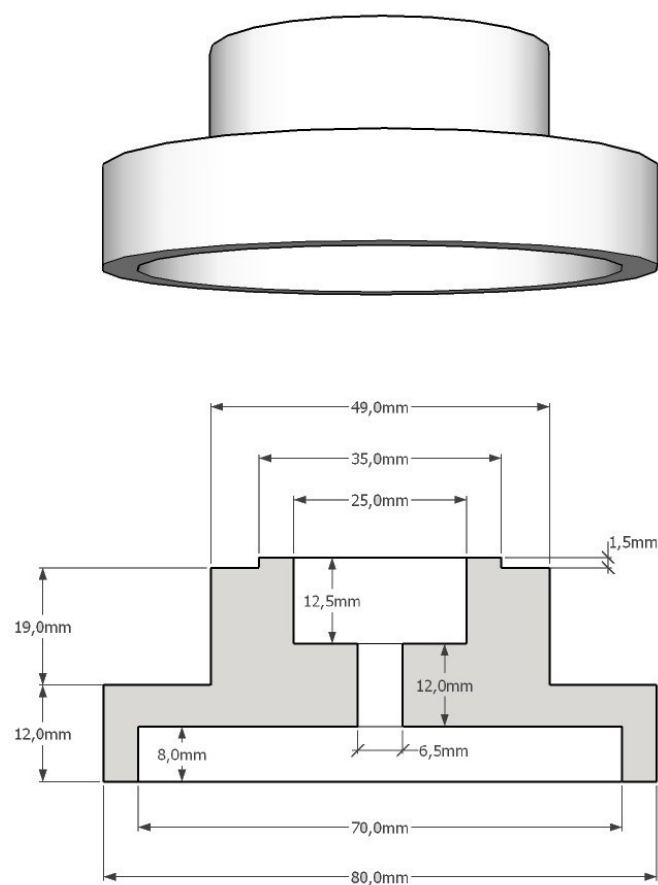


Figura 11: Detalhe fixador do porta-amostras.

A Figura 12 mostra a furação para fixação do sistema do forno na plataforma do VSB-30.

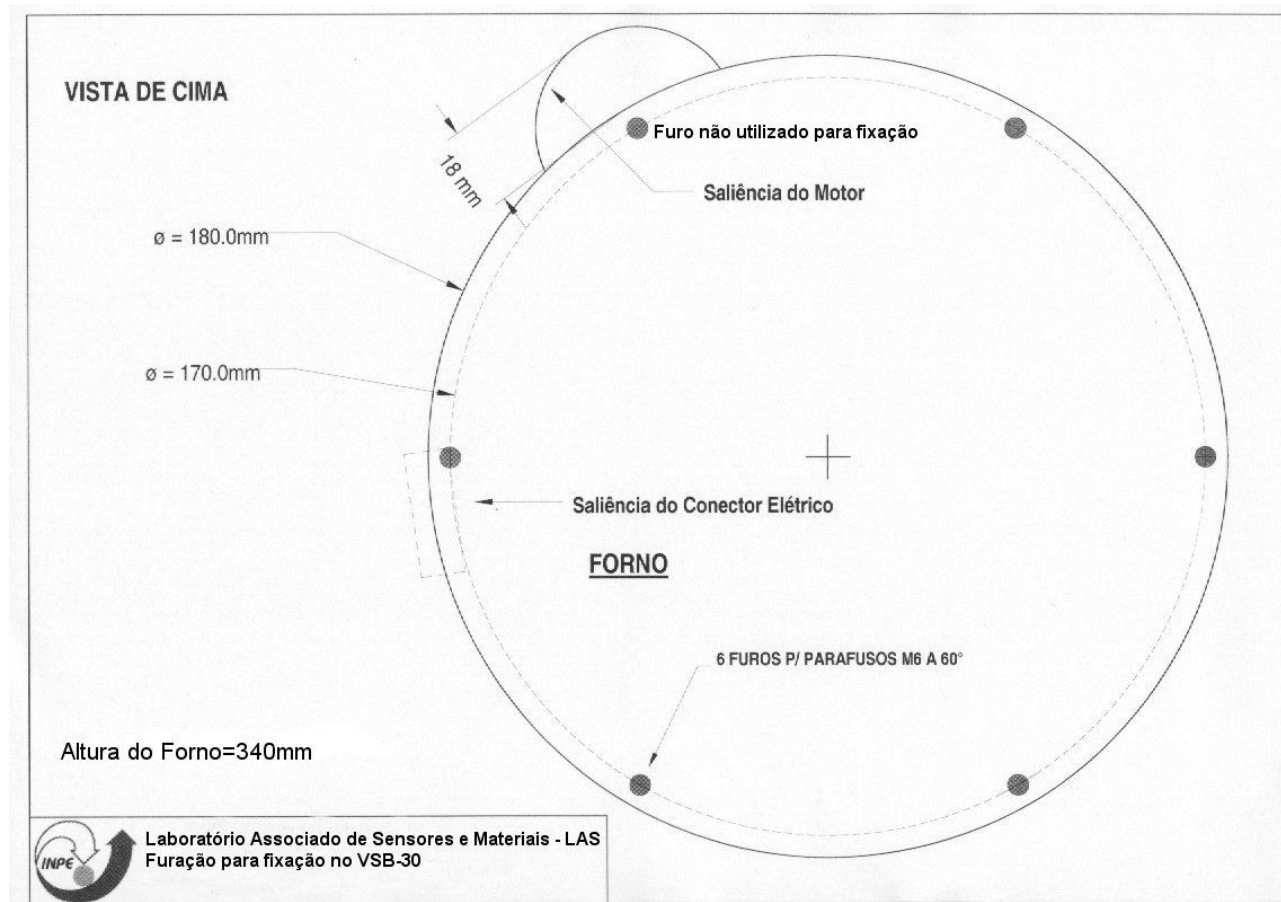


Figura 12: Furação para fixação do sistema do forno no VSB-30.

5.2 Projeto eletrônico

Baseado no exposto no capítulo referente ao funcionamento do experimento, a experiência da equipe do LAS com a Missão Maracati II (dezembro de 2010) e as especificações atuais da AEB, são descritos na Tabela 1 os requisitos necessários para a realização da eletroeletrônica do forno do experimento EMFEM.

Tabela 1: Requisitos do sistema eletroeletrônico.

TIPO	DESCRIÇÃO	MANDATÓRIO	DESEJÁVEL
DIVERSOS	Devem ser cumpridos os requisitos formulados pelo IAE e AEB.	X	
ELÉTRICO	O aquecimento do forno deve poder ser ligado e desligado remotamente.	X	
OPERACIONAL	O forno deve manter a temperatura acima de 185°C, em solo.	X	
RESTRIÇÃO	O forno deve aquecer até a temperatura de 350°C em no máximo 30 minutos.	X	
RESTRIÇÃO	A temperatura do forno deve variar no máximo $\pm 5^\circ\text{C}$.		X
OPERACIONAL	Deve ser utilizado o método de controle <i>on/off</i> da temperatura do forno.		X

Tabela 1: Continuação.

TIPO	DESCRIÇÃO	MANDATÓRIO	DESEJÁVEL
ELÉTRICO	O controle da temperatura do forno deve ser realizado através do uso da temperatura de um termopar de controle próprio.	X	
RESTRIÇÃO	O aquecimento do forno deve ser realizado com uma tensão máxima de 50V e corrente de 3A (150W).	X	
OPERACIONAL	O aquecimento do forno só deve ocorrer em solo a partir de uma fonte posicionada no quadro elétrico.	X	
ELÉTRICO	Devem ser utilizados dois cabos do umbilical do foguete para cada polo do forno.	X	
ELÉTRICO	O forno deve movimentar de forma automática sob o comando do sinal de microgravidade ($S_{\mu g}$).	X	
ELÉTRICO	Deve ser possível desabilitar o $S_{\mu g}$.	X	
RESTRIÇÃO	O movimento do forno deve expor completamente a carga em aproximadamente 13s.	X	
ELÉTRICO	O movimento do forno deve ocorrer nos dois sentidos, para retorno a condição inicial.	X	
ELÉTRICO	Devem existir meios de verificar a posição final do curso do movimento do forno nos dois sentidos, o chamado fim de curso.	X	
ELÉTRICO	A movimentação automática do forno não pode ultrapassar o fim de curso.	X	
OPERACIONAL	Deve existir o modo de movimentação manual para ajustes.	X	
ELÉTRICO	A movimentação manual pode ultrapassar o fim de curso.	X	
OPERACIONAL	Deve ser armazenada a informação do tempo de 1 em 1s.	X	
OPERACIONAL	Deve ser armazenada a aquisição de quatro temperaturas do forno a cada intervalo de tempo de 1s.	X	
OPERACIONAL	O registro das informações deve ser passível de parada, reinício, coleta e zeragem, em solo.	X	
ELÉTRICO	As quatro temperaturas do forno devem ser monitoradas em solo e voo pela telemetria do foguete.	X	
ELÉTRICO	A eletrônica embarcada no foguete deve ser alimentada via umbilical durante a operação de solo.	X	
ELÉTRICO	Toda a energia necessária pelo subsistema embarcado no foguete deve ser obtida de baterias durante o período do voo.	X	
ELÉTRICO	As baterias devem garantir a operação do subsistema embarcado durante o tempo de voo.	X	
ELÉTRICO	O carregamento das baterias deve ser realizado pelo umbilical do foguete.	X	
ELÉTRICO	As baterias devem ser recarregadas com a carga lenta prevista em especificação do fabricante das baterias.		X
ELÉTRICO	Partindo da situação descarregada, as baterias devem ser suficientemente recarregadas no intervalo noturno de parada dos trabalhos das tentativas de lançamento.	X	
ELÉTRICO	A tensão do conjunto de baterias deve ser monitorada na casamata durante as operações de solo.	X	

Tabela 1: Continuação.

TIPO	DESCRIÇÃO	MANDATÓRIO	DESEJÁVEL
ELÉTRICO	A corrente do conjunto de baterias deve ser monitorada na casamata durante as operações de solo.	X	
ELÉTRICO	O conjunto de baterias deve ser acondicionado em um módulo independente.		X
ELÉTRICO	Do lugar conhecido como casamata, deve ser possível ligar e desligar remotamente os equipamentos do sistema.	X	
OPERACIONAL	O operador da casamata deve ter recurso, além das funções de monitoração e controle automática, para cuidar dos eventos e executar as ações necessárias.	X	
OPERACIONAL	Deve ser desenvolvida uma interface amigável de monitoração e controle do sistema baseada em um programa supervisor comercial funcionando em um <i>notebook</i> .		X
ELÉTRICO	A monitoração e o controle deve utilizar uma rede de comunicação digital.		X
ELÉTRICO	Deve existir uma interface entre o controle e o forno para o manejo da potência do forno.	X	
ELÉTRICO	Deve existir uma interface entre o controle e o motor para o manejo da potência do motor	X	
ELÉTRICO	Deve existir uma interface entre o controle e os fins de curso para adequar os sinais.	X	
ELÉTRICO	Deve existir uma interface entre o controle e o foguete para adequar o sinal de microgravidade, oriundo do foguete, e os sinais da telemetria, que seguem para o foguete.	X	
MECÂNICO	Os subsistemas devem ser realizados de forma modular com montagens intercambiáveis.		X
MECÂNICO	Os subsistemas modulares devem ser interligáveis por conectores.		X
ELÉTRICO	Devem ser realizados os meios necessários para os testes e integração do sistema.	X	
ELÉTRICO	Deve ser confeccionada uma cablagem de interligação para a realização dos testes e integração do sistema.	X	
ELÉTRICO	Deve ser confeccionado um equipamento que simule o sinal de microgravidade e monitore os sinais de telemetria que seriam adquiridos pela PSM do foguete, para a realização dos testes e integração do sistema.	X	
OPERACIONAL	Deve ser realizado um plano de testes para a realização dos procedimentos de testes e integração do sistema.		X
OPERACIONAL	Deve ser realizado um plano de testes para a realização dos procedimentos de qualificação e aceitação.		X
DIVERSOS	Devem ser formulados os requisitos da infraestrutura de solo necessária.	X	
DIVERSOS	O sistema eletrônico deve ser projetado dividido em três volumes: UECAS, UEFONTE e UEFORG, alocados respectivamente, na casamata, quadro elétrico e foguete.	X	

Tabela 1: Continuação.

TIPO	DESCRIÇÃO	MANDATÓRIO	DESEJÁVEL
DIVERSOS	A interligação entre as unidades eletrônicas usa 100 m de 7 vias de 1 mm ² do umbilical entre a UECAS e a UEFONTE e 50 m de 17 vias de 1 mm ² do umbilical entre a UEFONTE e a UEFOG.	X	

5.2.1 Diagrama de blocos do sistema

O sistema elétrico proposto para atender as necessidades colocadas no texto é esquematizado no diagrama de blocos da Figura 13.

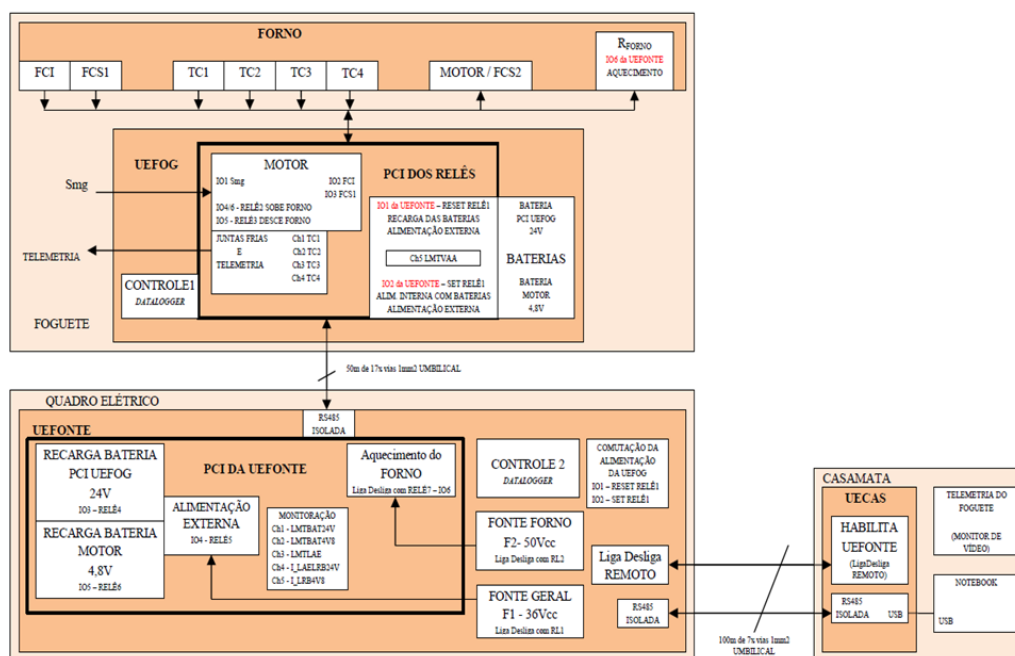


Figura 13: Diagrama em blocos do sistema elétrico proposto.

5.2.2 Descrição do circuito elétrico

1. Controle 1 e 2

- fieldlogger

Os blocos de CONTROLER1 e CONTROLER2 no diagrama da Figura 13 tem a função de monitoração e controle, tanto para a UEFONTE como para a UEFOG. Estes blocos executam a função de *data-loggers*, além de interfaces analógicas de entrada e digitais de entrada e saída, e comunicação digital. Foi buscado no comércio um equipamento comercial que possuísse os recursos citados, fosse utilizável em ambiente industrial e pudesse ser adquirido no mercado nacional. O fabricante do equipamento escolhido foi a empresa Novus, com o modelo de *datalogger* conhecido como *fieldlogger* (Figura 14).

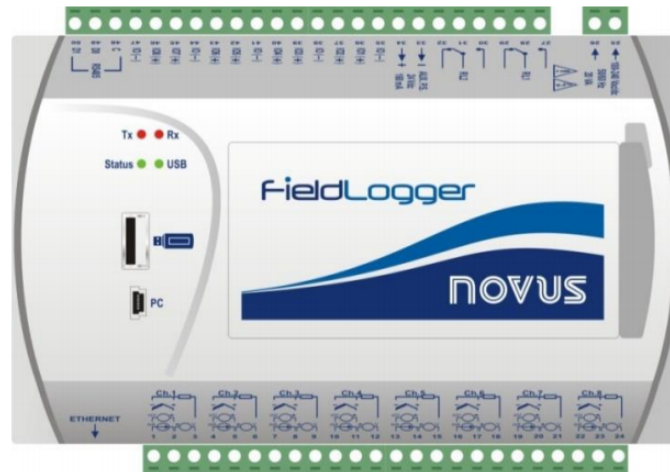


Figura 14: Equipamento modelo *fieldlogger* da empresa Novus.

As entradas analógicas possuem impedância de $1,1\text{ M}\Omega$ e são configuradas para aceitar sinais elétricos de tensão com variação entre os limites de 0 e 5V. A Figura 15 mostra os circuitos elétricos das entradas e saídas digitais. Também existem dois relês mecânicos que acionam cargas nas condições de $3\text{A}@30\text{Vcc}$ ou $3\text{A}@250\text{Vcc}$.

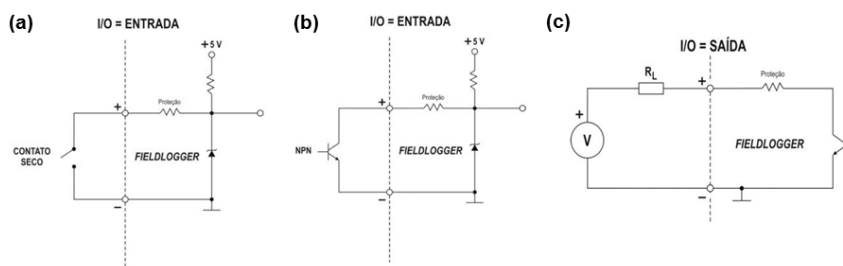


Figura 15: (a) Entrada digital para conexão de contato seco; (b) Entrada digital para conexão de transistor NPN com coletor aberto; e (c) Saída digital via transistor NPN com coletor aberto (carga de $200\text{mA}@30\text{V}$).

No caso de contato seco de entrada, as entradas digitais possuem a interface elétrica: nível lógico "0" se contato fechado; Nível lógico "1" se contato aberto; máxima tensão de entrada: 30 Vcc ; corrente típica de entrada @ 30 Vcc : 3 mA .

No caso de coletor aberto de entrada, as entradas digitais possuem a interface elétrica: nível lógico "0" se transistor saturado de 0 a $0,8\text{ Vcc}$; nível lógico "1" se transistor cortado de 2 a 30 Vcc ; máxima tensão de entrada: 30 Vcc ; corrente típica de entrada @ 30 Vcc : 3 mA .

As saídas digitais com coletor aberto obedecem à interface elétrica: máxima tensão na saída: 30 Vcc ; máxima corrente na saída: 200 mA .

- Programa de monitoração e controle - notebook

A ligação entre o notebook (via UECAS), UEFONTE e UEFOG forma uma rede digital (Figura 16 (a)), onde a comunicação no sistema é estabelecida sob o protocolo MODBUS RTU e os sinais elétricos seguem o padrão de interface RS485 existente no *fieldlogger*. A interface pode ser configurada para operar nas velocidades (baud rates): 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 e 115200. O número de stop bits pode ser um ou dois e a paridade par, ímpar ou nenhuma. O sistema opera com 9600 bauds, 2 stop bits e paridade par. O endereço de rede da UEFONTE é 2 e da UEFOG 3. A ligação do notebook com a UECAS é realizada através de um conversor isolado RS485, interno da UECAS, que utiliza interface USB. Entre a UEFONTE e a UEFOG a isolamento é mantida com repetidores RS485 isolados. Os sinais da RS485 são denominados Rx+, Rx- e GND, de forma a normalizar a nomenclatura dos dispositivos comerciais utilizados. Nos equipamentos RS485 utilizados no sistema fabricado são encontrados os termos: Rx+ = DATA+ = D1; Rx- = DATA- = D0; GND = C.

Na rede formada os dispositivos *fieldloggers* podem assumir o estado de dispositivos escravos, em relação ao notebook e disponibilizam os valores dos canais para serem acessados pelo mestre da rede, no caso o notebook (Figura 16 (a)), através do programa de monitoração e controle (Figura 16 (b)).

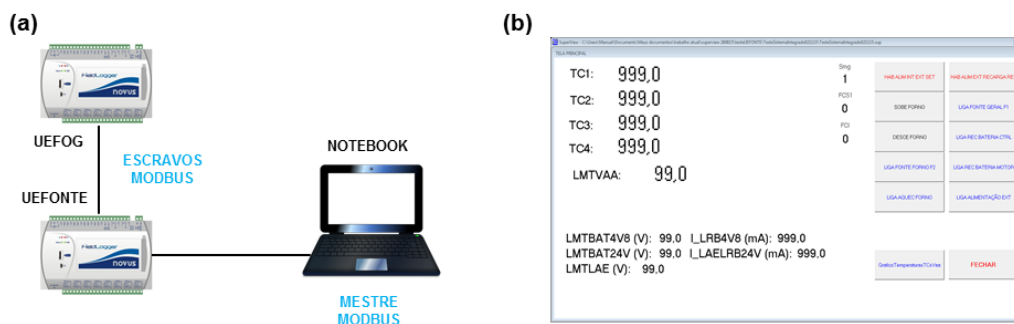


Figura 16: (a) Rede MODBUS RS485; e (b) Tela exemplo do programa para a monitoração e controle com botões e indicadores numéricos.

O notebook recebe as informações dos *fieldloggers* e envia comandos de controle ou dados através do programa de monitoração e controle do sistema. O programa *Superview*, da empresa Novus, foi escolhido para a realização das funções de software já apresentadas, para o caso da atuação em solo. O motivo principal da escolha foi o maior grau de integração nativa com o *fieldlogger*, também da mesma empresa. O *Superview* está presente nos processos industriais e utiliza um modelo de desenvolvimento visual. Esta forma de programação proporciona uma IHM amigável para o programador e os usuários. Foram criadas telas com botões, indicadores numéricos e gráficos que representam o ambiente real de operação do lançamento (exemplo já ilustrado com a Figura E14) com simplicidade de configuração e acesso a informação. Todos os procedimentos de operação e testes dos modelos de engenharia, qualificação e voo, além da aceitação final, envolvem a utilização das interfaces de comando assim construídas. O programa de monitoração e controle é apresentado no final deste capítulo, após a descrição de todo o hardware desenvolvido para o sistema.

Conforme já apresentado, a função *datalogger* do *fieldlogger* traz a capacidade de armazenar 512 mil informações em 2 MBytes de memória interna. Para ilustração, a quantidade de memória pode ser expandida, se necessário, e no caso do uso padrão de um cartão SD de 4 GBytes é estimado em torno de um bilhão de informações armazenadas. Isto é bom, mas implica em tempos muito grandes de coleta da informação armazenada, então, mesmo no caso de “apenas” 512 mil informações, não serão realizadas coletas e apagamento durante a operação de lançamento. O registro ocorre de modo independente na UEFOG e na UEFONTE, a visualização no notebook pode acontecer em tempo real, antes do lançamento, ou após a coleta total.

2. Forno

A Figura 17 apresenta o circuito elétrico do forno, o qual é composto das seguintes partes: circuito do fim de curso, termopares da medição da temperatura, o motor elétrico do movimento e a resistência do aquecimento.

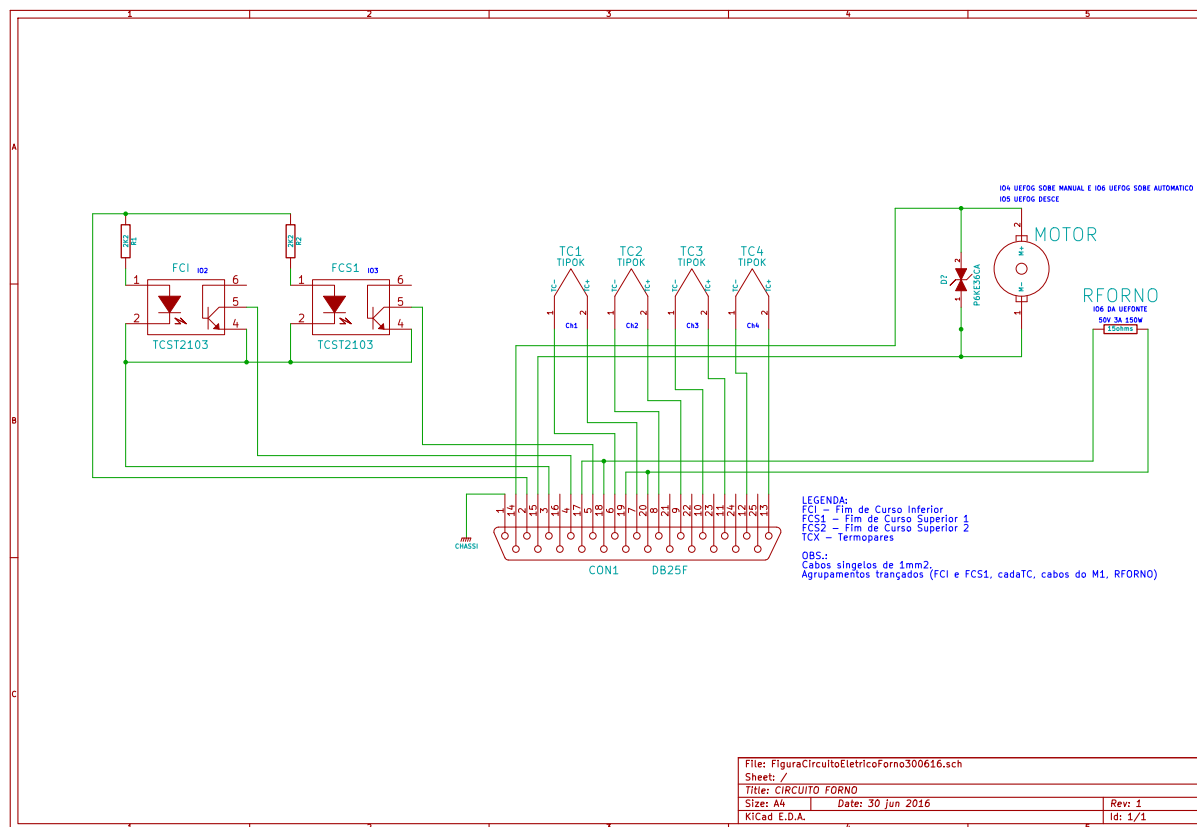


Figura 17: Circuito elétrico do forno.

- Circuito do fim de curso

O FCI e FCS1 (respectivamente, Fim de Curso Inferior e Superior 1) são as partes do circuito elétrico que cuidam da verificação do fim de curso do movimento do forno. São utilizados acopladores ópticos com os transistores NPN em coletor aberto e, assim, trabalhando em corte, ou saturação, são ligados diretamente as entradas digitais IO2 e IO3 do CONTROLE1 da UEFOG. A monitorização ocorre no sentido direto e reverso do motor durante os testes e no sentido direto na operação de rotina. O FCS2 (Fim de Curso Superior 2) é um dispositivo mecânico que para o motor, independentemente e no caso de falha do FCS1, através da interrupção da alimentação.

- Termopares tipo K (TC1/2/3/4)

Os sensores de temperatura são termopares tipo K (aproximadamente $40 \mu/^{\circ}C$), prescindem de amplificação e correção do valor devido às variações da temperatura ambiente. São utilizados para monitorizar as temperaturas das amostras e fechar a malha de controle do aquecimento, através de TC3.

- Motor

É utilizado um pequeno motor de corrente contínua, de menos de 10W de potência nominal. Este é um motor que vem sendo utilizado nos fornos desenvolvidos no LAS. Verificou-se, através de protótipos do forno, que o motor trabalha com corrente nominal máxima de 1,7A na situação de esforço máximo (subida do forno, em solo) e corrente de pico máxima de 3,5A com o eixo travado, sempre com tensão nominal de 4,8Vcc. Em paralelo com o motor foi colocado o dispositivo de proteção de sobre tensão

P6KE36CA, que visa minimizar as sobre tensões geradas durante o funcionamento. Além do motor, esse dispositivo eletrônico de proteção é utilizado para minimizar as sobre tensões das aplicações com relês.

- Resistência do forno

A resistência do forno (Figura 18) possui um enrolamento de $15\ \Omega$ e é fabricada sob encomenda para trabalhar com 150W de potência. Foi definido que a alimentação fosse realizada com a tensão de 50V e corrente de 3A, visando a funcionalidade e mantendo a segurança. Esta configuração leva o forno a uma temperatura máxima aproximada de 350°C em uma situação de defeito do sistema.



Figura 18: Resistência do forno.

3. UECAS

A Figura 19 (a) apresenta a montagem da UECAS que foi realizada anteriormente para o experimento SLEM. O circuito elétrico da UECAS (Figura 19 (b)) é composto das seguintes partes: chave liga/desliga, circuito da chave HABILITA / DESABILITA da UEFONTE e conversor USB-RS485. A seguir são discriminados seus componentes.

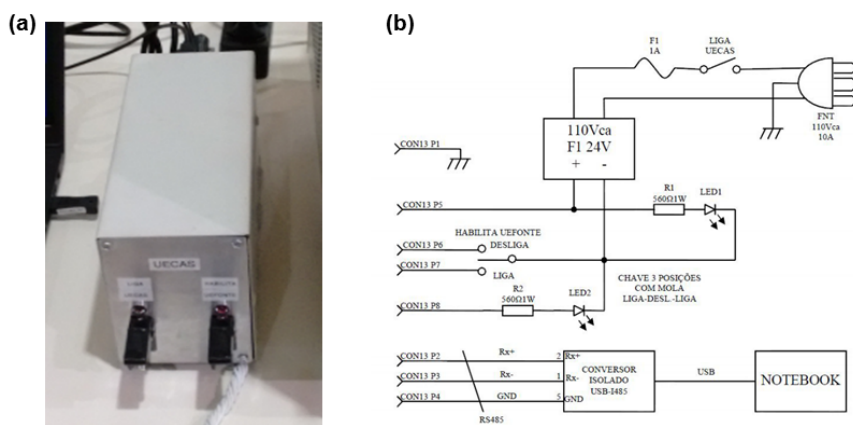


Figura 19: (a) Montagem da caixa da UECAS realizada para o experimento SLEM; e (b) Circuito elétrico da UECAS.

- Chave HABILITA UFFONTE

A chave HABILITA UEFONTE possui três posições, liga/desliga/liga (Figura 20 (a)), e controla um relê com função *latch*, que possui duas bobinas e dois contatos reversíveis. A característica latch significa que o relê mantém o estado dos contatos, mesmo sem alimentação. O relê pode ser comutado entre dois estados. No estado HABILITA o contato RELE8A energiza a UEFONTE e o RELE8B liga a indicação visual desta energização na UECAS (Figura 20 (b) e (c)). No estado DESABILITA a UEFONTE é desenergizada e a indicação visual desligada. O comando elétrico ocorre por um circuito exclusivo do umbilical entre a casamata e o quadro elétrico e sua função principal é assegurar que o subsistema no foguete seja desenergizado fisicamente, e assim garantir a segurança dos trabalhos de

preparação do lançamento do foguete. A ação dessa chave é prioritária sobre qualquer comando de programa.

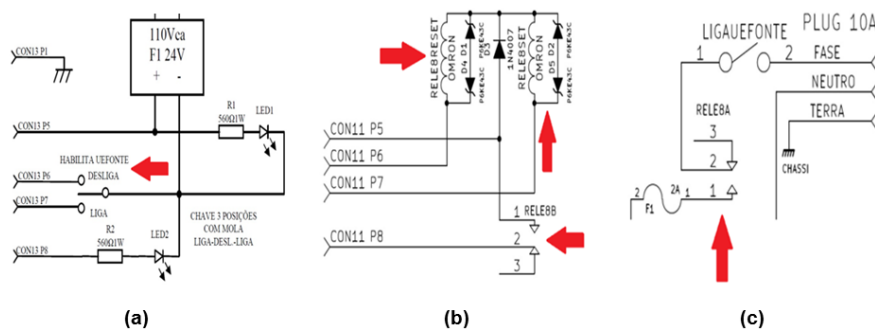


Figura 20: Circuito do comando remoto entre a UECAS e a UEFONTE. (a) Parte do circuito na UECAS; (b) retorno visual e energização na UEFONTE; e (c) energização na UEFONTE.

Observação: A UECAS deverá ser alocada na mesa de controle da casamata ao lado do notebook do sistema e interligada com o mesmo via um cabo USB. É um equipamento fabricado em chapa metálica com as dimensões de um paralelepípedo com altura de 200 mm x profundidade de 300 mm x largura de 100 mm. No painel frontal encontram-se as chaves: liga/desliga UECAS e habilita/desabilita UEFONTE, cada uma com um LED indicador dos estados ligado e habilitado, respectivamente. No painel traseiro da UECAS encontram-se a conexão fêmea que vai para a UEFONTE, o conector fêmea para o cabo USB do notebook, o rabicho com plug macho padrão novo brasileiro para a alimentação elétrica (fase, neutro, terra, 127 Vca, 10 A, ininterrupto) e um porta fusível pequeno de painel. As chaves tipo alavanca são do tipo com proteção de acionamento acidental (Figura 21).



Figura 21: Chave com proteção de acionamento.

4. UEFONTE

O circuito elétrico da UEFONTE é composto das seguintes partes: fonte de alimentação, chave de comando remoto da UEFONTE, aquecimento do forno, comutação entre recarga e alimentação interna, recarregadores das baterias, alimentação externa e monitorações (Figura 22).

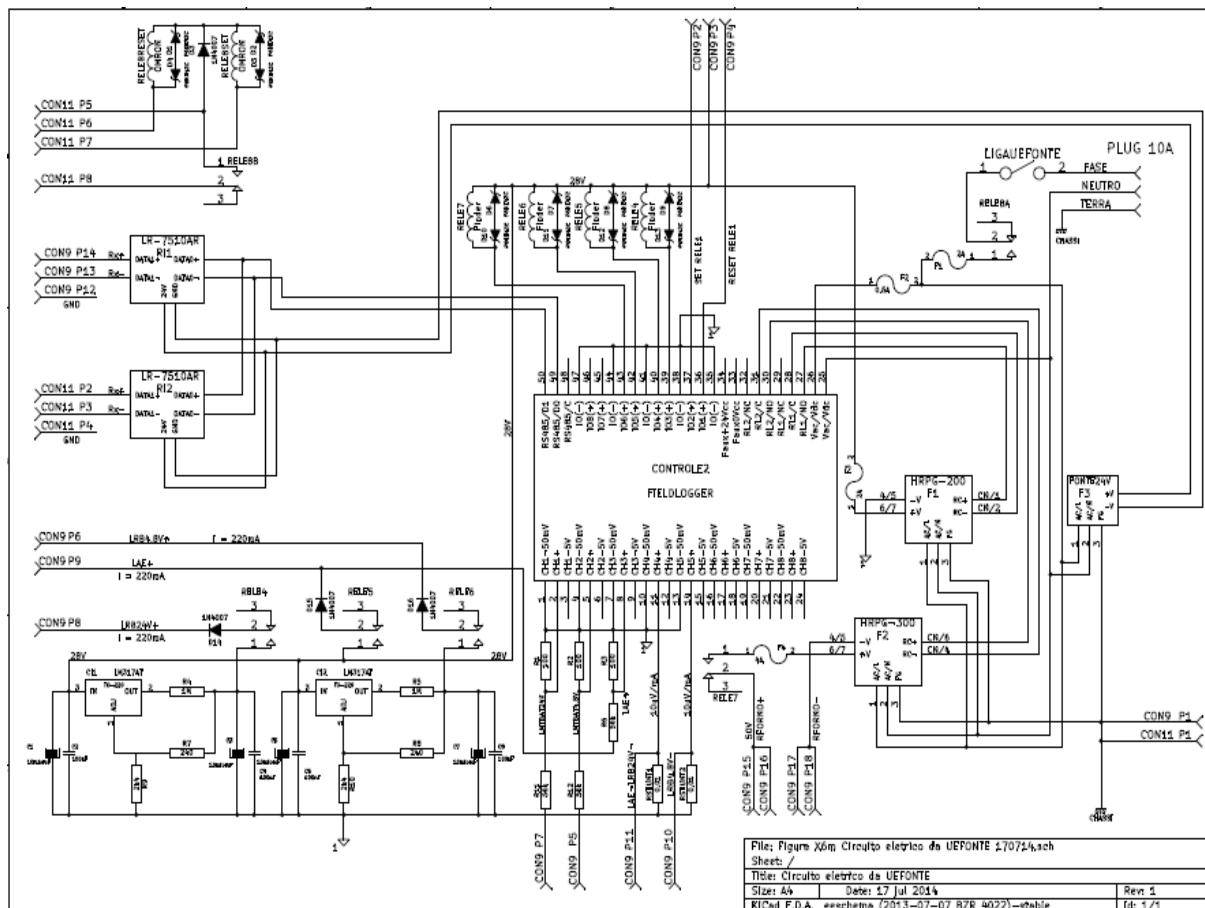


Figura 22: Circuito elétrico da UEFONTE.

- Fonte de alimentação

A energia necessária ao funcionamento dos circuitos da UEFOG é retirada de duas fontes de alimentação com tensões ajustáveis existentes na UEFONTE, a fonte F1 de $36V \pm 10\%$, e a fonte F2 de $48V \pm 10\%$. São fontes com grande margem de segurança para trabalhar na aplicação e na temperatura esperada dentro do ambiente do quadro elétrico (acima dos $40^\circ C$). A fonte de 36V possui capacidade máxima de fornecer 5,7 A (2,3 A em $70^\circ C$) e a de 48 V possui capacidade máxima de fornecer 7A (7,0 A em $50^\circ C$).

A recarga das baterias e a alimentação externa dos diversos circuitos são providos pela fonte de 36V. O aquecimento do forno utiliza a energia da fonte de 48V com o valor de saída ajustado para 50V. As duas possuem o comando remoto para ligar e desligar através de um contato de relê, recurso que é comandado pelo CONTROLE2. A fonte F1 de 36V obedece o acionamento da saída RL1 e a fonte F2 de 48V obedece o RL2, ambos relês internos do CONTROLE2.

A necessidade de energia do forno é maior, sendo este alimentado por cabos de 1 mm^2 do cordão umbilical. A fonte de 48V foi alocada no quadro elétrico para reduzir a influência da queda de tensão. Na distância de 50 m, conforme a informação do IAE datada de 21/11/2013, a queda de tensão esperada neste trecho é menor que 3V e já considerando a utilização de quatro fios para a alimentação de cada pólo da resistência do forno. A solução demanda oito vias de 1 mm^2 do umbilical. O valor ajustado na fonte pode aumentar até 55V, caso seja necessário compensar uma perda remanescente.

- Chave Liga UEFONTE

A energização dos circuitos da UEFONTE é comandada pela chave LIGA UEFONTE em seu painel frontal, mas o ligar somente é efetivado se a UECAS também habilitou a ação. Existe o retorno visual da situação UEFONTE energizada no painel da UECAS. O comando elétrico ocorre por um circuito exclusivo do umbilical entre a casamata e o quadro elétrico. O RELE8 na UEFONTE é um dispositivo do tipo *latch*, ele liga e desliga a entrada de energia da rede elétrica na UEFONTE e retorna o fechamento de um contato sinalizando esta energização da UEFONTE, conforme descrito no texto referente a UECAS. A ação dessa chave é prioritária sobre qualquer comando de programa.

- Aquecimento do forno

O RELE7 liga/desliga a alimentação da resistência de aquecimento do forno sob o acionamento da saída digital IO6 do CONTROLE2. Com este recurso é possível criar no programa um controlador de temperatura *on/off*.

- Comutação entre os modos de recarga e alimentação interna da UEFOG

A comutação entre o modo de recarga das baterias e o modo de alimentação interna, por baterias, da UEFOG é realizada pelo RELE1. Este relê está localizado na UEFOG, mas é comandado pelo CONTROLE2 da UEFONTE. Por ser um componente com partes mecânicas, necessariamente, foi utilizado um dispositivo com qualificação para voo. Este é um relê do tipo latch com duas bobinas (SET RELE1 e RESET RELE1) e dois contatos (RELE1A e RELE1B). A característica latch significa que o relê muda a posição dos contatos e mantém, mesmo sem alimentação. A bobina SET RELE1 aciona o estado LATCH dos dois contatos e a bobina RESET RELE1 aciona o estado RESET, também dos dois contatos. As duas bobinas podem estar desligadas juntas, mas não ligadas simultaneamente. O RELE1 é acionado através das saídas digitais IO1 e IO2 do CONTROLE2, respectivamente, responsáveis por habilitar a recarga (RESET RELE1) ou a alimentação interna (SET RELE1) (Figura 23). A alimentação interna, por baterias, da UEFOG depende da habilitação com SET RELE1, mas também é necessário que a alimentação externa não esteja ligada, pois o diodo D4 na UEFOG bloqueia a atuação da tensão menor, que no caso é a alimentação interna (baterias).

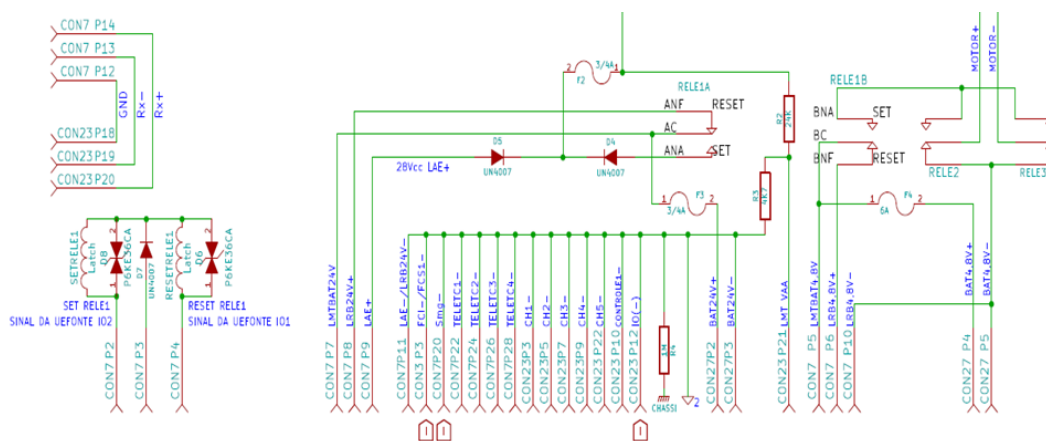


Figura 23: Parte do circuito de comutação e diodo D4 na UEFOG.

- Recarregadores das baterias

Após a habilitação com o RELE1, a recarga pode ser ligada através dos relês 4 e 6. Os recarregadores operam com carga lenta e independentemente, um para a bateria de 4,8V e o outro para a bateria de 24V. O recarregador de 24V é ligado pelo acionamento do RELE4, pela saída digital IO3, do CONTROLE2. O recarregador de 4,8V é ligado pelo acionamento do RELE6, pela saída digital IO5, do CONTROLE2.

- Alimentação externa e monitorações

A parte principal dos circuitos da alimentação externa encontra-se na UEFONTE e pode ser acionado através da saída digital IO4 do CONTROLE2 que liga/desliga o RELE5.

As tensões das baterias (LMTBAT24V e LMTBAT4,8V) e da alimentação externa (LMTLAE) podem ser sempre monitoradas na operação de solo pelo CONTROLE2. Também são monitoradas as correntes (através dos resistores RSHUNT1 e RSHUNT2) de recarga e da alimentação externa.

Observações: A UEFONTE (Figura 24) deverá ser alocada no quadro elétrico, fator gerador da necessidade de um equipamento com pés apropriados e facilidade de transporte. Será fabricada em chapa metálica, com alça para transporte e pés altos (50 mm) para ser disposta no piso. Dimensões de um paralelepípedo com altura de 450 mm x profundidade de 400 mm x largura de 200 mm. No painel frontal encontra-se a chave: liga/desliga UEFONTE com um LED indicador do estado ligado. No painel traseiro da UEFONTE encontram-se a conexão que vai para a UECAS, a conexão que vai para a UEFOG, o rabicho com plug macho padrão novo brasileiro para a alimentação elétrica (fase, neutro, terra, 127 Vca, 10 A, ininterrupto) e um porta fusível pequeno de painel. As chaves tipo alavanca são do tipo com proteção de acionamento acidental (Figura 21).



Figura 24: Montagem da caixa da UEFONTE que foi realizada para o experimento SLEM.

5. UEFOG

A Figura 25 mostra a concepção mecânica da UEFOG com três módulos empilháveis. A Figura 26 mostra a montagem realizada para a utilização no experimento SLEM. O módulo superior é o módulo do CONTROLE1, o do meio é o módulo da PCI DOS RELES e o inferior é o módulo das BATERIAS. Toda a interligação com o sistema é realizada a partir do módulo do meio.

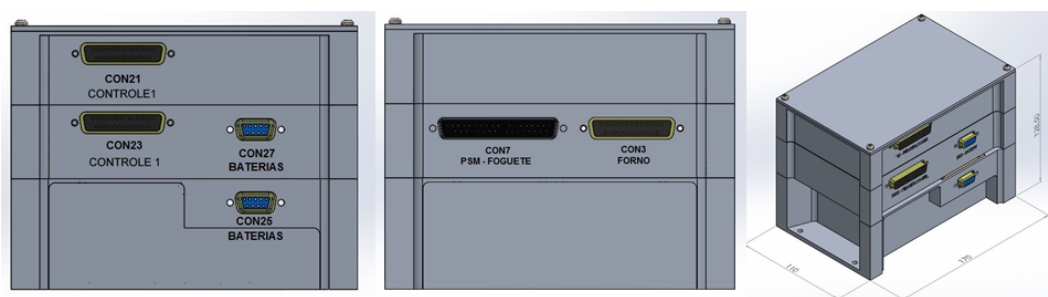
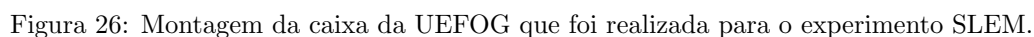
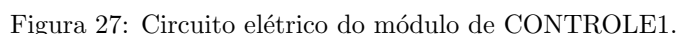


Figura 25: Circuito elétrico do controle.



O módulo CONTROLE1 cuida de toda a monitoração e controle dos sinais analógicos e digitais da UEFOG (Figura 27). As entradas digitais IO2 do FCI e IO3 do FCS são monitoradas com um pequeno condicionamento eletrônico.



Os relés RELE2 e RELE3 ligam/desligam o motor, respectivamente, em sentido direto e reverso. O motor não aciona quando são ligados os dois relés. O CONTROLE1 aciona o RELE2 (SOBE FORNO) pelas saídas digitais IO4 e IO6 do CONTROLE1 e aciona o RELE3 (DESCE FORNO) pela saída digital IO5, também do CONTROLE1 (Figura 28). As saídas IO4 e IO5 acionam o movimento manual do forno e a saída IO6 movimenta o forno automaticamente. A subida automática do forno ocorre com o fechamento do contato seco S_{mg}, que é monitorado diretamente pela entrada digital IO1 do CONTROLE1. Através do programa de monitoração e controle existe a interação com o fim de curso superior e inferior. O fim de curso é sempre considerado no movimento automático de subida do forno e pode ser desabilitado no movimento manual. Também, só é possível movimentar o forno com a utilização da bateria do motor, isto determina que para desabilitar o $S_{\mu g}$ basta comutar o modo de alimentação para externo. Com o $S_{\mu g}$ desabilitado, podem-se realizar testes sem a movimentação automática do forno.

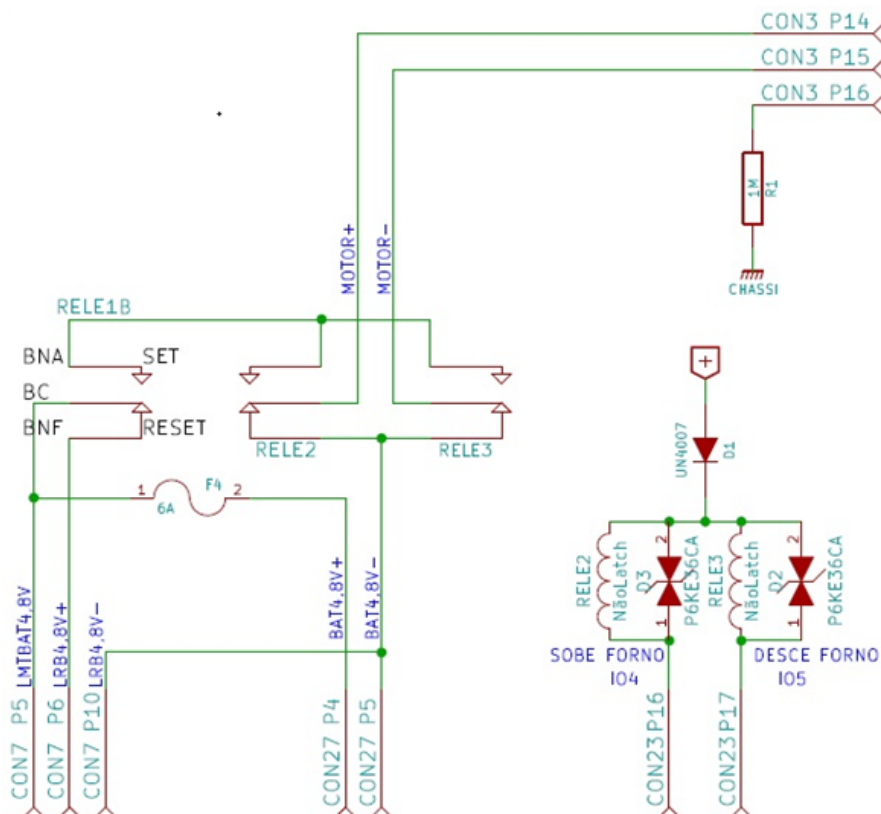


Figura 28: Circuito elétrico do movimento do motor.

- Alimentação (Externa / Interna / Recarga das Baterias)

A alimentação interna pelas baterias, na operação de solo, depende do chaveamento do RELÊ1 para a situação de alimentação interna e o desligamento da alimentação externa com o RELÊ5. Também ocorre se o RELÊ5 permanecer ligado e a bateria de 24V tiver carga suficiente para bloquear o diodo D4. Na operação de voo o RELÊ1 decola configurado para a alimentação interna, com a alimentação externa desligada. A tensão da alimentação da UEFOG pode ser monitorada em solo e voo pelo CONTROLE1, através da entrada analógica Ch5, que é o valor LMTVAA.

- Junta fria e Telemetria

Os sensores de temperatura TC1, TC2 e TC3 são utilizados para monitorar as temperaturas das amostras e fechar a malha de controle do aquecimento com TC3 (Figura 29). Os sinais da ordem de 7 mV (termopares tipo K e 180°C) precisaram de amplificação e correção em relação às variações da temperatura ambiente. A correção das variações devido à temperatura ambiente é compensada por juntas-frias eletrônicas realizadas com o CI AD8497 da *Analog Devices*. Após a amplificação da junta-fria, somada a do primeiro amplificador operacional (CI5A), a variação do sinal elétrico devido à variação da temperatura ocorre entre 0 e 5 V. As entradas analógicas do CONTROLE1 já podem ser alimentadas, pois devem ser programadas para a faixa de 0 a 5V e ao entrar no CONTROLE1, torna-se possível o registro no datalogger interno e o trânsito na rede de comunicação. Os sinais ainda passam por buffers isoladores (CI5B) para abaixar a impedância de saída e poder alimentar a telemetria (0-5 V) do foguete, mesmo que sejam entradas de baixa impedância. Também existem proteções de sobretensão nas saídas das telemetrias (zeners de 5,1V) para evitar que um defeito nos amplificadores operacionais eleve as tensões a níveis maiores que 5 V e danifique os canais de telemetria do foguete.



As baterias (Figura 30) são de Ni-Mh, tamanho AA, associadas em série e 1700mAh. A corrente utilizada na recarga é menor que 200mA para que seja realizada uma carga lenta noturna. O motivo da separação das baterias em dois conjuntos (4,8V e 24V) é a discrepância dos valores das correntes utilizadas pelos circuitos eletrônicos da UEFQG (120mA) e do motor (1,7A), os problemas decorrentes da recarga, a perda de energia na opção por abaixadores de tensão e a minimização da influência dos ruídos do motor com duas baterias.



Observações: A UEFOG é posicionada no PSM-FOGUETE. Como já citado, será fabricada dividida em três partes usinadas em alumínio. As partes são empilháveis e constituem três módulos independentes para facilitar a manutenção. Cada um dos módulos possui uma denominação: o módulo do CONTROLE1 mais acima, o módulo dos relês no meio e o módulo das baterias, fixado no prato do foguete. Uma placa de circuito impresso com 155 mm x 90 mm acomoda no módulo dos relês a eletrônica fabricada. O módulo controle1 é um equipamento comercial e a sua placa, também de 155 mm x 90 mm, é acomodada no módulo controle1. As baterias são organizadas em conjuntos de quatro peças cada um, que associados formam as baterias necessárias. O conjunto da UEFOG tem a dimensão de um bloco com altura de 128,5 mm x comprimento de 170 mm x largura de 110 mm e aproximadamente 2 kg. Em uma lateral ficam as conexões que ligam os três módulos (controle1, relês e baterias). Na lateral do lado oposto ficam as conexões que fazem a ligação com a PSM do foguete e o forno. Seguem os desenhos em perspectiva de interesse para a montagem no prato do foguete.

As Figuras 31 e 32 esclarecem os circuitos elétricos completos das juntas frias e PCI dos relês, além da visualização geral em perspectiva da UEFOG.

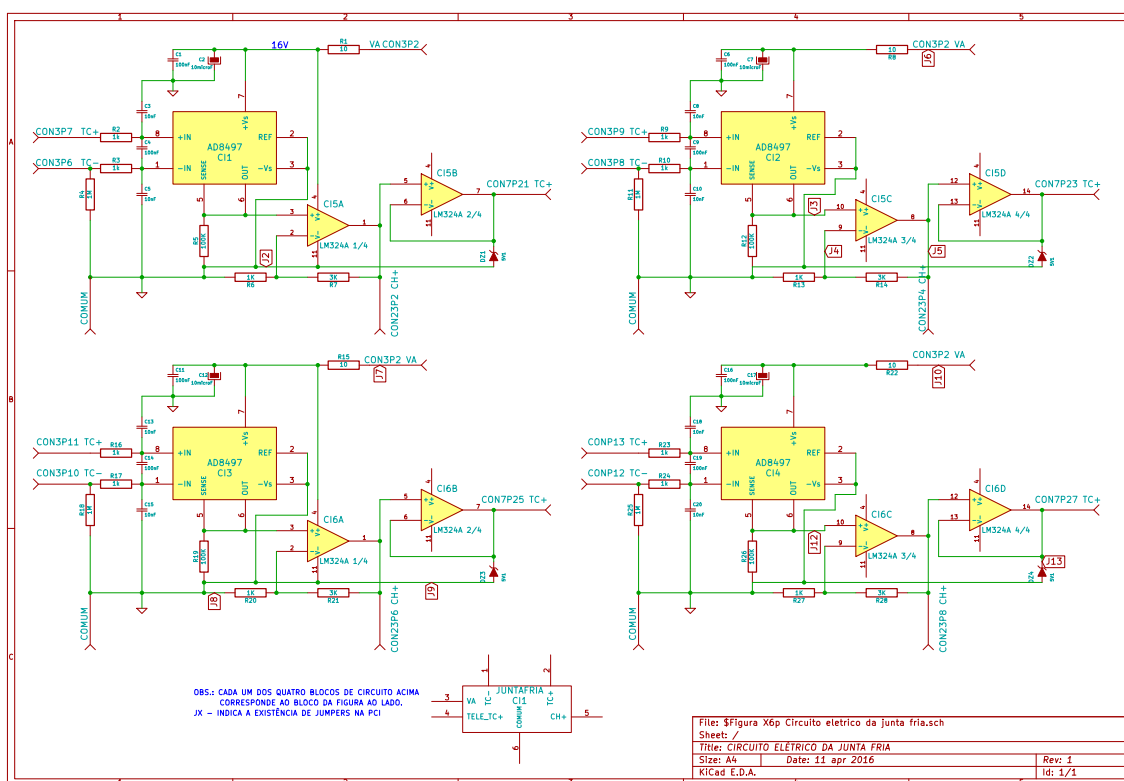


Figura 31: Circuito elétrico das Juntas frias.

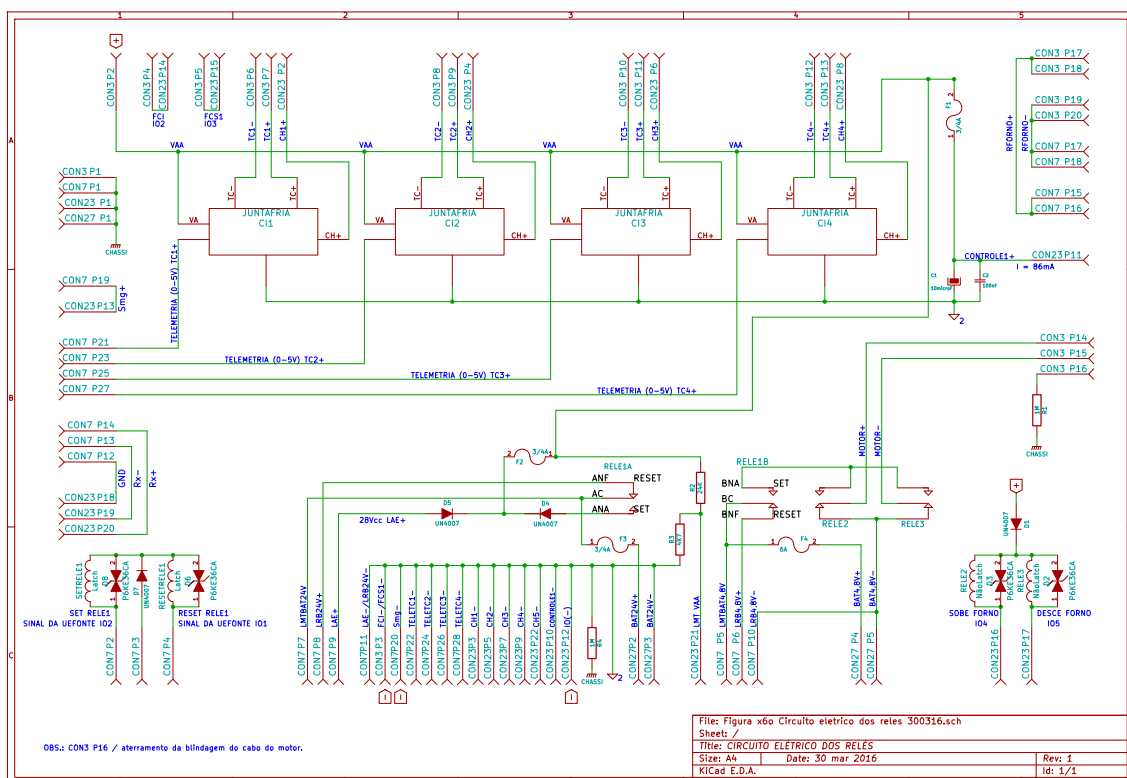


Figura 32: Circuito elétrico da PCI dos relés.

6. Programação do sistema

A programação realizada considera todos os elementos de hardware desenvolvidos no texto. São utilizados dois programas comerciais na operação do sistema: o programa tipo supervisório *Superview*, que monitora e controla todo o sistema em solo e; o programa configurador que acompanha o *fieldlogger* e que parametriza o funcionamento destes equipamentos em solo e voo. No texto seguinte são mostrados dois exemplos de procedimentos utilizados para a programação, um que utiliza o *Superview* e o outro que utiliza o configurador do *fieldlogger*.

- Exemplo de programação no *Superview*

O texto seguinte mostra o procedimento para desligar a alimentação externa da UEFOG e três exemplos de telas do configurador do *fieldlogger* nas figuras seguintes.

Tabela 2: Procedimento para desligar a ALIMENTAÇÃO EXTERNA da UEFOG.

Procedimento para desligar a ALIMENTAÇÃO EXTERNA da UEFOG	
Ação:	Atua na UEFOG e UEFONTE. Desliga a alimentação externa da UEFOG.
Item	Descrição
1	Desliga a função ALIMENTAÇÃO EXTERNA.

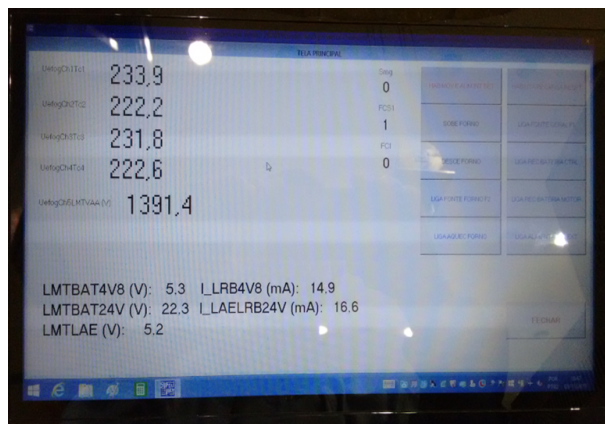


Figura 33: Foto da tela inicial do programa *Superview*.

Na Figura 34 são mostrados quatro recortes de uma sequência do procedimento de ligar a alimentação externa:

- tela inicial do procedimento, pelos botões não se sabe o estado da alimentação interna, no entanto pode-se saber qual alimentação está atuando, se a interna ou externa, por outras indicações da tela (tensão LMTVAA e outros sinais);
- a ALIMENTAÇÃO EXTERNA é ligada;
- na Figura 34 (c), caso a alimentação interna esteja ligada, ela é desligada;
- repete-se o toque no botão (DE MAIS UM TOQUE) para deixá-lo em posição normal;
- a alimentação externa permanece ligada na Figura 34 (d) e a alimentação interna está com certeza desligada.

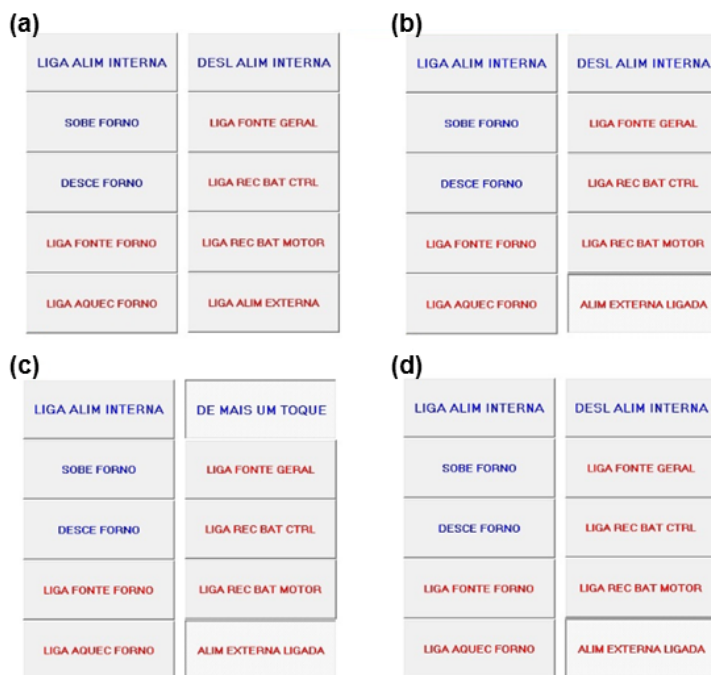


Figura 34: Sequência de telas do procedimento de ligar a ALIMENTAÇÃO EXTERNA. (a) Tela inicial; (b) liga ALIMENTAÇÃO EXTERNA; (c) DESL. ALIM. INTERNA; e (d) ALIMENTAÇÃO EXTERNA ligada.

- Exemplo de programação no *fieldlogger*

O texto seguinte mostra o procedimento do INÍCIO DOS REGISTROS do sistema (Tabela 3) e três exemplos de telas do configurador do *fieldlogger* nas figuras seguintes.

Tabela 3: Procedimento do INÍCIO DOS REGISTROS do sistema.

Procedimento do INÍCIO DOS REGISTROS	
Ação:	Atua na UEFOG e UEFONTE. Inicia o registro de um bloco de aquisições com intervalo de 1 segundo. O registro ocorre na UEFOG e/ou na UEFONTE. Utiliza o <i>software</i> configurador do <i>fieldlogger</i> . Antes da execução deste procedimento é recomendável a realização de uma coleta, pois pode ocorrer a perda de informação.
Item	Descrição
1	Carregar o software configurador do <i>fieldlogger</i> no notebook. Escolher a opção CONFIGURAÇÃO e avançar até a tela dos registros.
2	Verificar as informações registradas: a UEFOG registra 7 monitorações diferentes, as temperaturas TC1, TC2, TC3 e TC4, o acionamento dos sinais $S_{\mu g}$, FCS e FCI, além da tensão de alimentação da UEFOG (LMTVAA).
3	Verificar o intervalo de tempo entre registros (1 segundo).
4	Verificar se o início e término de registros via MODBUS estão selecionados.
5	Configurar o início imediato dos registros.
6	Enviar a nova configuração.

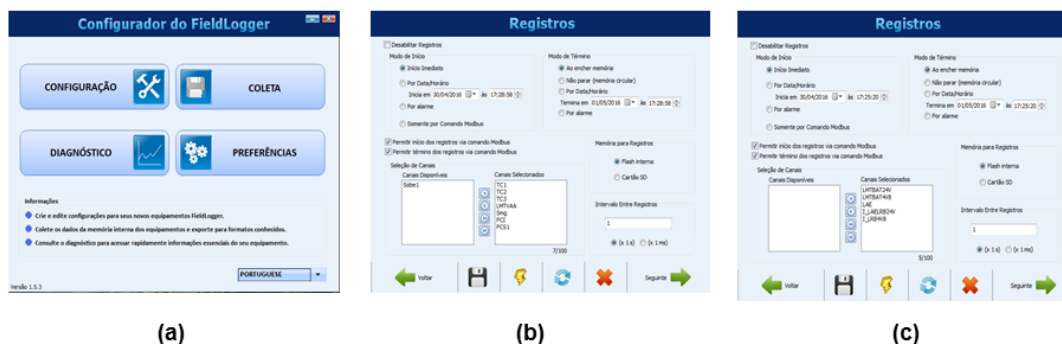


Figura 35: (a) Tela inicial do programa configurador do *fieldlogger*; (b) Tela dos parâmetros de registro da UEFOG; e (c) Tela dos parâmetros de registro da UEFONTE.

7. Conjunto completo das funções do programa

As tabelas seguintes descrevem as funções de software para monitoração e controle dos recursos mostrados no diagrama de blocos da Figura 13. A Tabela 4 mostra as descrições das funções relativas ao controle de interfaces de saída e a Tabela 5 mostra as descrições das funções relativas à monitoração de interfaces de entrada.

Tabela 4: Funções de software para controle de interfaces de saída.

ITEM	FUNÇÃO DE SOFTWARE	DESCRIÇÃO
1	FONTE FORNO	Liga/desliga a fonte que alimenta o aquecimento do forno.
2	AQUECIMENTO	Liga/desliga o aquecimento do forno.
3	FONTE GERAL	Liga/desliga a fonte que supre o modo de alimentação externa e a recarga de baterias da UEFOG.
4	ALIMENTAÇÃO EXTERNA	Liga/desliga o modo de alimentação externa da UEFOG.
5	RECARGA BATERIA MOTOR	Liga/desliga a recarga das baterias do motor, na UEFOG.
6	RECARGA BATERIA PCI UEFOG	Liga/desliga a recarga das baterias da PCI da UEFOG.
7	ALIMENTAÇÃO INTERNA	Liga/desliga o modo de alimentação interna da UEFOG.
8	SOBE FORNO	Liga/desliga o movimento de subida do FORNO, no sentido de expor as amostras.
9	DESCE FORNO	Liga/desliga o movimento de descida do FORNO, no sentido de cobrir as amostras.

Tabela 5: Funções de software para monitoração de interfaces de entrada.

ITEM	FUNÇÃO DE SOFTWARE	DESCRIÇÃO
1	TC1	Monitora o termopar tipo K TC1
2	TC2	Monitora o termopar tipo K TC2
3	TC3	Monitora o termopar tipo K TC3
4	TC4	Monitora o termopar tipo K TC3
5	$S_{\mu g}$	Monitora o contato NA do rele do foguete que fecha ao entrar no ambiente de microgravidade.
6	FCS	Monitora o sinal que ao ser acionado indica que o forno subiu até o fim de curso superior e expôs as amostras.
7	FCI	Monitora o sinal que ao ser acionado indica que o forno desceu até o fim de curso inferior.
8	LMTLAE	Monitora a tensão da alimentação externa.
9	LMTBAT4V8	Monitora a tensão da bateria do motor.
10	LMTBAT24V	Monitora a tensão da alimentação interna.
11	LLRBBAT4V8	Monitora a corrente da bateria do motor.
12	LLAELRBBAT24V	Monitora a corrente da bateria da PCI da UEFOG.

- Funções com procedimentos

Foram desenvolvidos onze procedimentos para a operação do sistema:

- procedimento para DESLIGAR O SISTEMA (Tabela 6)
- procedimento para DESLIGAR A ALIMENTAÇÃO EXTERNA da UEFOG (Tabela 7);
- procedimento para DESLIGAR A ALIMENTAÇÃO INTERNA da UEFOG (Tabela 8);
- procedimento para LIGAR O SISTEMA em alimentação externa ou interna (Tabela 9);
- procedimento para RECARREGAR AS BATERIAS (Tabela 10);
- procedimento do AQUECIMENTO do forno (Tabela 11);
- procedimento do MOVIMENTO DO FORNO (Tabela 12);
- procedimento do INÍCIO DOS REGISTROS do sistema (Tabela 13);
- procedimento da PARADA DOS REGISTROS do sistema (Tabela 14);
- procedimento para COLETA DOS REGISTROS do sistema (Tabela 15), apagamento dos registros existentes e conversão de arquivos;
- procedimento para DESABILITAR o $S_{\mu g}$ e o movimento do forno: é necessário apenas comutar a UEFOG para o modo de alimentação externa, no qual não é possível
- movimentar o FORNO devido a necessidade das baterias do motor para fazê-lo funcionar;

Tabela 6: Procedimento para DESLIGAR O SISTEMA.

Procedimento para DESLIGAR O SISTEMA	
Ação:	Atua no FORNO, UEFOG, UEFONTE, UECAS e <i>notebook</i> . Desliga todo o sistema. É a condição mais segura do sistema.
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Desliga a função AQUECIMENTO.
2	Desliga a função FONTE FORNO.
3	Desliga o movimento do forno com a função SOBE FORNO ou DESCE FORNO.
4	Desliga a função ALIMENTAÇÃO EXTERNA.
5	Desliga a função RECARGA BATERIA MOTOR.
6	Desliga a função RECARGA BATERIA .
7	Desliga a função ALIMENTAÇÃO INTERNA (habilita a recarga das baterias).
8	Desliga a função FONTE GERAL.
9	Aciona a função DESABILITA UEFONTE em chave de <i>hardware</i> na UECAS.
10	Desliga a UECAS em chave de <i>hardware</i> na UECAS.
11	Desliga a UEFONTE em chave de <i>hardware</i> na UEFONTE.
12	Desliga o programa de monitoração e controle.
13	Desliga o <i>notebook</i> .

Tabela 7: Procedimento para DESLIGAR A ALIMENTAÇÃO EXTERNA da UEFOG.

Procedimento para DESLIGAR A ALIMENTAÇÃO EXTERNA	
Ação:	Atua na UEFOG e UEFONTE. Desliga a alimentação externa da UEFOG.
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Desliga a função ALIMENTAÇÃO EXTERNA.

Tabela 8: Procedimento para DESLIGAR A ALIMENTAÇÃO INTERNA da UEFOG.

Procedimento para DESLIGAR A ALIMENTAÇÃO INTERNA	
Ação:	Atua na UEFOG e UEFONTE. Desliga a alimentação interna da UEFOG.
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Desliga a função RECARGA BATERIA MOTOR.
2	Desliga a função RECARGA BATERIA PCI UEFOG.
3	Desliga a função ALIMENTAÇÃO INTERNA (habilita a recarga das baterias).

Tabela 9: Procedimento para LIGAR O SISTEMA.

Procedimento para LIGAR O SISTEMA	
Ação:	Atua no FORNO, UEFOG,UEFONTE, UECAS e <i>notebook</i> . Liga todoo sistema. A UEFOG é ligada em modo de alimentação externa ou interna.
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Liga o <i>notebook</i> .
2	Liga o programa de monitoração e controle.
3	Liga a UEFONTE em chave de <i>hardware</i> na UEFONTE.
4	Liga a UECAS em chave de <i>hardware</i> na UECAS.
5	Aciona a função HABILITA UEFONTE em chave de <i>hardware</i> na UECAS.
6	Desliga a função AQUECIMENTO.
7	Desliga a função FONTE FORNO.
8	Desliga a função RECARGA BATERIA MOTOR.
9	Desliga a função RECARGA BATERIA PCI UEFOG.
10	Liga a função FONTE GERAL.
PARA LIGAR O SISTEMA EM ALIMENTAÇÃO EXTERNA	
11	Desliga a função ALIMENTAÇÃO INTERNA
12	Liga a função ALIMENTAÇÃO EXTERNA
13	Desliga o movimento do forno com a função SOBE FORNO ou DESCE FORNO.
PARA LIGAR O SISTEMA EM ALIMENTAÇÃO INTERNA	
11	Desliga a função ALIMENTAÇÃO EXTERNA.
12	Liga a função ALIMENTAÇÃO INTERNA.
13	Desliga o movimento do forno com a função SOBE FORNO ou DESCE FORNO.

Tabela 10: Procedimento para RECARREGAR AS BATERIAS.

Procedimento para RECARREGAR AS BATERIAS	
Ação:	Atua na UEFOG e UEFONTE. Liga a recarga das baterias da UEFOG se permitido. A UEFOG deve estar ligada para execução do procedimento.
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Dar continuidade ao procedimento se a tensão monitorada LMTBAT4V8 for menor que o mínimo valor de tensão, na descarga, recomendado pelo fabricante da bateria.
2	Dar continuidade ao procedimento se a tensão monitorada LMTBAT24V for menor que o mínimo valor de tensão, na descarga, recomendado pelo fabricante da bateria.
3	Desliga a função RECARGA BATERIA MOTOR.
4	Desliga a função RECARGA BATERIA PCI UEFOG.
5	Liga a função ALIMENTAÇÃO EXTERNA (a UEFOG chaveia para alimentação externa).
6	Desliga a função ALIMENTAÇÃO INTERNA (habilita a recarga das baterias).
7	Liga a função RECARGA BATERIA MOTOR se o resultado da verificação do item 1 permitir.
8	Liga a função RECARGA BATERIA PCI UEFOG se o resultado da verificação do item 2 permitir.
9	Desligar a função RECARGA BATERIA MOTOR (corrente de carga lenta) quando a monitoração da corrente LLRB4V8 for igual a corrente de carga de flutuação recomendada pelo fabricante da bateria.
10	Desligar a função RECARGA BATERIA PCI UEFOG (corrente de carga lenta) quando a monitoração da corrente LLAERB24V for igual a corrente de carga de flutuação recomendada pelo fabricante da bateria.

Tabela 11: Procedimento do AQUECIMENTO do forno.

Procedimento para AQUECIMENTO do forno	
Ação:	Atua no FORNO e UEFONTE. Liga/desliga o aquecimento do FORNO. A temperatura de regulação do aquecimento é fixa em 180°C.
ITEM	DESCRIÇÃO
PARA LIGAR O AQUECIMENTO DO FORNO	
1	Liga a função FONTE FORNO.
2	Liga a função AQUECIMENTO.
3	Mantém a função AQUECIMENTO ligada se a temperatura de controle TC3 for menor que 180°C (controle tipo <i>on/off</i>).
PARA DESLIGAR O AQUECIMENTO DO FORNO	
1	Desliga a função AQUECIMENTO.
2	Desliga a função FONTE FORNO.

Tabela 12: Procedimento do MOVIMENTO DO FORNO.

Procedimento para MOVIMENTO DO FORNO	
Ação:	Atua no FORNO e UEFOG. Liga/desliga o movimento do FORNO se a posição do forno permitir. Somente funciona com a UEFOG em modo de alimentação interna (baterias). Existem os modos automático e manual para o movimento de subida do forno, a descida é sempre manual. No modo manual pode ser monitorado, ou não, o fim de curso.
ITEM	DESCRIÇÃO
PARA LIGAR O MOVIMENTO DE SUBIDA AUTOMÁTICA DO FORNO EM MICROGRAVIDADE	
1	Liga a função SOBE FORNO se a monitoração do $S_{\mu g}$ indicar acionado e a monitoração do FCS não indicar acionamento.
2	Mantém a função SOBE FORNO ligada se a monitoração do FCS não indicar acionamento.
PARA LIGAR O MOVIMENTO DE SUBIDA MANUAL DO FORNO	
1	Liga a função SOBE FORNO se a monitoração do FCS não indicar acionamento.
2	Mantém a função SOBE FORNO ligada se a monitoração do FCS não indicar acionamento.
PARA LIGAR O MOVIMENTO DE SUBIDA MANUAL DO FORNO SEM O FCS	
1	Liga a função SOBE FORNO.
PARA DESLIGAR O MOVIMENTO DE SUBIDA DO FORNO	
1	Desliga a função SOBE FORNO.
PARA LIGAR O MOVIMENTO DE DESCIDA MANUAL DO FORNO	
1	Mantém a função DESCE FORNO, ligada se a monitoração do FCI não indicar acionamento.
PARA LIGAR O MOVIMENTO DE DESCIDA MANUAL DO FORNO SEM O FCI	
1	Liga a função DESCE FORNO.
PARA DESLIGAR O MOVIMENTO DE DESCIDA DO FORNO	
1	Desliga a função DESCE FORNO.

Tabela 13: Procedimento do INÍCIO DOS REGISTROS do sistema.

Procedimento do INÍCIO DOS REGISTROS	
Ação:	Atua na UEFOG e UEFONTE. Inicia o registro de um bloco de aquisições com intervalo de 1 segundo. O registro ocorre na UEFOG e/ou na UEFONTE. Utiliza o <i>software</i> configurador do <i>fieldlogger</i> . Antes da execução deste procedimento é recomendável a realização de uma coleta, pois pode ocorrer a perda de informação.
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Carregar o <i>software</i> configurador do <i>fieldlogger</i> no <i>notebook</i> . Escolher a opção CONFIGURAÇÃO e avançar até a tela dos registros.
2	Verificar as informações registradas: - a UEFOG registra 7 monitorações diferentes, as temperaturas TC1, TC2 e TC3, o acionamento dos sinais $S_{\mu g}$, FCS e FCI, além da tensão de alimentação da UEFOG (LMTVAA).
3	Verificar o intervalo de tempo entre registros (1 segundo).
4	Verificar se o início e término de registros via MODBUS estão selecionados.
5	Configurar o início imediato dos registros.
6	Enviar a nova configuração.
7	Executar o procedimento com a UEFOG e a UEFONTE, conforme necessário.
8	No caso da UEFONTE: - são registradas 5 monitorações diferentes, a tensão da fonte geral LMTLAE, as tensões das baterias do motor e da PCI da UEFOG LMTBAT4V8 e LMTBAT24V, a corrente da linha de recarga da bateria do motor LLRBBAT4V8 e a corrente da linha de alimentação externa ou linha de recarga da bateria da PCI da UEFOG LLAELRBBAT24V.

Tabela 14: Procedimento da PARADA DOS REGISTROS do sistema

Procedimento do PARADA DOS REGISTROS	
Ação:	Atua na UEFOG e UEFONTE. Interrompe o registro na UEFOG e/ou na UEFONTE. Utiliza o <i>software</i> configurador do <i>fieldlogger</i> .
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Carregar o <i>software</i> configurador do <i>fieldlogger</i> no <i>notebook</i> . Escolher a opção DIAGNÓSTICO e avançar até a tela diagnósticos.
2	Na aba registros selecionar a opção TÉRMINO.
3	Executar o procedimento com a UEFOG e a UEFONTE, conforme necessário.

Tabela 15: Procedimento para COLETA DOS REGISTROS do sistema.

Procedimento do COLETA DOS REGISTROS	
Ação:	Atua na UEFOG e UEFONTE. Coleta os registros existentes na UEFOG e/ou na UEFONTE. Converte o arquivo coletado para diversos formatos comerciais. Pode realizar um apagamento total dos registros.
ITEM	DESCRIÇÃO
1	Carregar o <i>software</i> configurador do <i>fieldlogger</i> no <i>notebook</i> .
2	Escolher a opção COLETA.
3	Escolher a opção COLETAR DADOS e avançar nas telas do Gerenciador de Coletas.
4	A tela que mostra: "A coleta será armazenada na pasta abaixo." grava um arquivo com a coleta dos registros em um padrão próprio do FieldLogger, lido só por ele.
5	Na mesma tela do item acima (gravação) também é perguntado se é desejado o apagamento dos registros existentes após a coleta/gravação. Os registros são apagados se a resposta é SIM.
6	As próximas telas possuem recursos para apresentar os registros de forma numérica, gráfica, relatórios. Também existe a opção de converter o arquivo gravado no padrão <i>fieldlogger</i> para padrões comerciais (PDF, EXCEL, WORD...).
7	Executar o procedimento com a UEFOG e a UEFONTE, conforme necessário.

8. Interligação

- Mapa da cablagem do sistema

O sistema desenvolvido é composto, no todo, de quatro volumes principais, mais um computador tipo *notebook* e as cablagens associadas, além dos pontos de abastecimento de energia da rede elétrica comercial e a telemetria do foguete (imagem em um monitor de vídeo). Tudo alocado em três locais: casamata, quadro elétrico e foguete (PSM).

Na casamata encontra-se a Unidade Eletrônica da Casamata (UECAS), este equipamento é ligado ao NOTEBOOK que permite ao operador supervisionar e controlar o sistema dentro dos cenários de teste/validação e operações de solo. A telemetria do voo é monitorizada em um monitor de vídeo a ser disponibilizado pelo IAE. A Unidade Eletrônica Fonte (UEFONTE) supre a necessidade de potência para o aquecimento do FORNO. No foguete é posicionado o equipamento Unidade Eletrônica do Foguete (UEFOG) e o FORNO, respectivamente, as partes principais da eletrônica e do experimento científico. Também são as partes do experimento que voam. Os três locais são interligados por dois agrupamentos de cabos: os 100 m entre a UECAS e a UEFONTE e os 30 m entre a UEFONTE e a UEFOG. Em ambos são utilizados os cabos de 1 mm² já existentes no umbilical do foguete.

A Figura 36 apresenta o mapa de cablagem do sistema. Pode-se observar os itens de responsabilidade do IAE grifados na cor vermelho: cablagens e conectores; duas tomadas, uma no quadro elétrico e a outra na casamata, ambas no padrão novo brasileiro de tomadas elétricas.

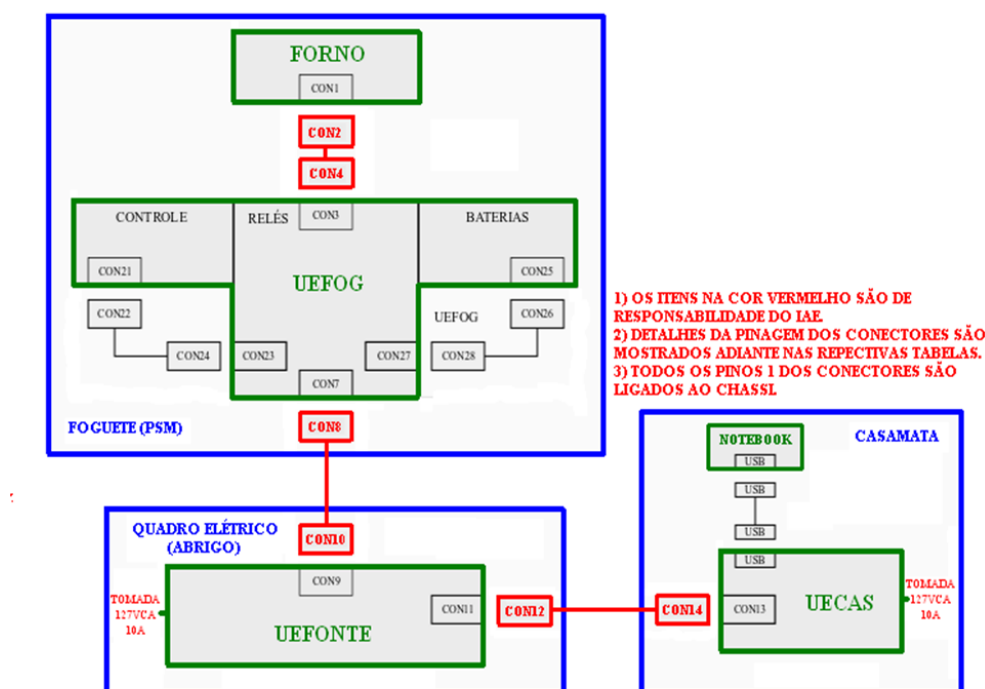


Figura 36: Mapa da cablagem do sistema.

- Tabelas da pinagem dos conectores

Tabela 16: CON13-DB9F. Posicionado no corpo da UECAS, localizada na casamata.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UECAS	- - - -
2	RS485 - Rx+	RS485	UECAS	UEFONTE
3	RS485 - Rx-	RS485	UECAS	UEFONTE
4	RS485 - GND	RS485	UECAS	UEFONTE
5	alimentação HABILITA UEFONTE	24V/130mA	UECAS	UEFONTE
6	desliga HABILITA UEFONTE	24V/25mA	UECAS	UEFONTE
7	liga HABILITA UEFONTE	24V/52mA	UECAS	UEFONTE
8	LEDs UEFONTE ligada	24V/80mA	UEFONTE	UECAS
9	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 17: CON14-DB9M. Posicionado na ponta dos cabos vindos do quadro elétrico (abrigo) e que ligam na UECAS, localizada na casamata.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UECAS	- - - -
2	RS485 - Rx+	RS485	UECAS	UEFONTE
3	RS485 - Rx-	RS485	UECAS	UEFONTE
4	RS485 - GND	RS485	UECAS	UEFONTE
5	alimentação HABILITA UEFONTE	24V/130mA	UECAS	UEFONTE
6	desliga HABILITA UEFONTE	24V/25mA	UECAS	UEFONTE
7	liga HABILITA UEFONTE	24V/52mA	UECAS	UEFONTE
8	LEDs UEFONTE ligada	24V/80mA	UEFONTE	UECAS
9	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 18: CON12-DB9M. Posicionado na ponta dos cabos vindos da casamata e que ligam na UEFONTE, localizada no quadro elétrico (abrigo).

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFONTE	- - - -
2	RS485 - Rx+	RS485	UECAS	UEFONTE
3	RS485 - Rx-	RS485	UECAS	UEFONTE
4	RS485 - GND	RS485	UECAS	UEFONTE
5	alimentação HABILITA UEFONTE	24V/130mA	UECAS	UEFONTE
6	desliga HABILITA UEFONTE	24V/25mA	UECAS	UEFONTE
7	liga HABILITA UEFONTE	24V/52mA	UECAS	UEFONTE
8	LEDs UEFONTE ligada	24V/80mA	UEFONTE	UECAS
9	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 19: CON11-DB9F. Posicionado no corpo da UEFONTE, localizada no quadro elétrico (abrigo).

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFONTE	- - - -
2	RS485 - Rx+	RS485	UECAS	UEFONTE
3	RS485 - Rx-	RS485	UECAS	UEFONTE
4	RS485 - GND	RS485	UECAS	UEFONTE
5	alimentação HABILITA UEFONTE	24V/130mA	UECAS	UEFONTE
6	desliga HABILITA UEFONTE	24V/25mA	UECAS	UEFONTE
7	liga HABILITA UEFONTE	24V/52mA	UECAS	UEFONTE
8	LEDs UEFONTE ligada	24V/80mA	UEFONTE	UECAS
9	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 20: CON9-DB25F. Posicionado no corpo da UEFONTE, localizada no quadro elétrico (abrigo).

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFONTE	- - - -
2	liga recarga bateria - SETRELE1	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
3	alimentação 28V	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
4	desliga recarga bateria - RESETRELE1	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
5	monitora tensão LMTBAT4,8V	4,8V/0A	UEFOG	UEFONTE
6	alimentação recarga LRB4,8+	4,8V/220mA	UEFONTE	UEFOG
7	monitora tensão LMTBAT24V	24V/0A	UEFOG	UEFONTE
8	alimentação recargaLRB24V+	4,8V/220mA	UEFONTE	UEFOG
9	alimentação externa LAE+	28V/220mA	UEFONTE	UEFOG
10	retorno alim. recarga LRB4,8V-	0V/440mA	UEFONTE	UEFOG
11	retorno alim. ext./recarga LAE-LRB24V-	RS485	UECAS	UEFONTE
12	RS485 - GND	0V/0A	UEFOG	- - - -
13	RS485 - Rx-	RS485	UEFONTE	UEFOG
14	RS485 - Rx+	RS485	UEFONTE	UEFOG
15	RFORNO+	50V/3A	UEFONTE	UEFOG
16	RFORNO+	50V/3A	UEFONTE	UEFOG
17	RFORNO-	0V/3A	UEFONTE	UEFOG
18	RFORNO-	0V/3A	UEFONTE	UEFOG
19-25	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 21: CON10-DB25M. Posicionado na ponta dos cabos vindos do foguete e que ligam na UEFONTE, localizada no quadro elétrico (abrigo).

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFONTE	- - - -
2	liga recarga bateria - SETRELE1	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
3	alimentação 28V	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
4	desliga recarga bateria - RESETRELE1	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
5	monitora tensão LMTBAT4,8V	4,8V/0A	UEFOG	UEFONTE
6	alimentação recarga LRB4,8+	4,8V/220mA	UEFONTE	UEFOG
7	monitora tensão LMTBAT24V	24V/0A	UEFOG	UEFONTE
8	alimentação recargaLRB24V+	4,8V/220mA	UEFONTE	UEFOG
9	alimentação externa LAE+	28V/220mA	UEFONTE	UEFOG
10	retorno alim. recarga LRB4,8V-	0V/440mA	UEFONTE	UEFOG
11	retorno alim. ext./recarga LAE-LRB24V-	RS485	UECAS	UEFONTE
12	RS485 - GND	0V/0A	UEFOG	- - - -
13	RS485 - Rx-	RS485	UEFONTE	UEFOG
14	RS485 - Rx+	RS485	UEFONTE	UEFOG
15	RFORNO+	50V/3A	UEFONTE	UEFOG
16	RFORNO+	50V/3A	UEFONTE	UEFOG
17	RFORNO-	0V/3A	UEFONTE	UEFOG
18	RFORNO-	0V/3A	UEFONTE	UEFOG
19-25	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 22: CON8-DB37M. Posicionado na ponta dos cabos vindos do quadro elétrico (abrigo) e que ligam na UEFOG, localizada no foguete.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFOG	- - - -
2	liga recarga bateria - SETRELE1	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
3	alimentação 28V	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
4	desliga recarga bateria - RESETRELE1	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
5	monitora tensão LMTBAT4,8V	4,8V/0A	UEFOG	UEFONTE
6	alimentação recarga LRB4,8+	4,8V/220mA	UEFONTE	UEFOG
7	monitora tensão LMTBAT24V	24V/0A	UEFOG	UEFONTE
8	alimentação recargaLRB24V+	4,8V/220mA	UEFONTE	UEFOG
9	alimentação externa LAE+	28V/220mA	UEFONTE	UEFOG
10	retorno alim. recarga LRB4,8V-	0V/440mA	UEFONTE	UEFOG
11	retorno alim. ext./recarga LAE-LRB24V-	RS485	UECAS	UEFONTE
12	RS485 - GND	0V/0A	UEFOG	- - - -
13	RS485 - Rx-	RS485	UEFONTE	UEFOG
14	RS485 - Rx+	RS485	UEFONTE	UEFOG
15	RFORNO+	50V/3A	UEFONTE	UEFOG
16	RFORNO+	50V/3A	UEFONTE	UEFOG
17	RFORNO-	0V/3A	UEFONTE	UEFOG
18	RFORNO-	0V/3A	UEFONTE	UEFOG
19	$S_{\mu g} +$	0V/0A	FOGUETE	UEFOG
20	$S_{\mu g} -$	0V/0A	FOGUETE	UEFOG
21	TELEMETRIA TELE TC1 +	5V/0A	UEFOG	FOGUETE
22	TELEMETRIA TELE TC1 -	0V/0A	UEFOG	FOGUETE
23	TELEMETRIA TELE TC2 +	5V/0A	UEFOG	FOGUETE
24	TELEMETRIA TELE TC2 -	0V/0A	UEFOG	FOGUETE
25	TELEMETRIA TELE TC3 +	5V/0A	UEFOG	FOGUETE
26	TELEMETRIA TELE TC3 -	0V/0A	UEFOG	FOGUETE
27	TELEMETRIA TELE TC4 +	5V/0A	UEFOG	FOGUETE
28	TELEMETRIA TELE TC4 -	0V/0A	UEFOG	FOGUETE
29-37	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 23: CON7-DB37F. Posicionado no corpo da UEFOG, localizada no foguete.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFOG	- - - -
2	liga recarga bateria - SETRELE1	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
3	alimentação 28V	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
4	desliga recarga bateria - RESETRELE1	28V/29mA	UEFONTE	UEFOG
5	monitora tensão LMTBAT4,8V	4,8V/0A	UEFOG	UEFONTE
6	alimentação recarga LRB4,8+	4,8V/220mA	UEFONTE	UEFOG
7	monitora tensão LMTBAT24V	24V/0A	UEFOG	UEFONTE
8	alimentação recargaLRB24V+	4,8V/220mA	UEFONTE	UEFOG
9	alimentação externa LAE+	28V/220mA	UEFONTE	UEFOG
10	retorno alim. recarga LRB4,8V-	0V/440mA	UEFONTE	UEFOG
11	retorno alim. ext./recarga LAE-LRB24V-	RS485	UECAS	UEFONTE
12	RS485 - GND	0V/0A	UEFOG	- - - -
13	RS485 - Rx-	RS485	UEFONTE	UEFOG
14	RS485 - Rx+	RS485	UEFONTE	UEFOG
15	RFORNO+	50V/3A	UEFONTE	UEFOG
16	RFORNO+	50V/3A	UEFONTE	UEFOG
17	RFORNO-	0V/3A	UEFONTE	UEFOG
18	RFORNO-	0V/3A	UEFONTE	UEFOG
19	$S_{\mu g} +$	0V/0A	FOGUETE	UEFOG
20	$S_{\mu g} -$	0V/0A	FOGUETE	UEFOG
21	TELEMETRIA TELE TC1 +	5V/0A	UEFOG	FOGUETE
22	TELEMETRIA TELE TC1 -	0V/0A	UEFOG	FOGUETE
23	TELEMETRIA TELE TC2 +	5V/0A	UEFOG	FOGUETE
24	TELEMETRIA TELE TC2 -	0V/0A	UEFOG	FOGUETE
25	TELEMETRIA TELE TC3 +	5V/0A	UEFOG	FOGUETE
26	TELEMETRIA TELE TC3 -	0V/0A	UEFOG	FOGUETE
27	TELEMETRIA TELE TC4 +	5V/0A	UEFOG	FOGUETE
28	TELEMETRIA TELE TC4 -	0V/0A	UEFOG	FOGUETE
29-37	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 24: CON27-DB9F. Posicionado no módulo dos relés da UEFOG, localizado no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO BATERIA
2	pólo bateria BAT24V+	24V/220mA	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
3	negativo bateria BAT24V-	0V/220mA	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
4	pólo bateria BAT4,8V+	4,8V/3,5Amáx.	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
5	negativo bateria BAT4,8V-	0V/3,5Amáx.	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
6-9	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 25: CON28-DB9M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo das baterias da UEFOG e que liga no módulo dos relés da UEFOG, localizados no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO BATERIA
2	pólo bateria BAT24V+	24V/220mA	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
3	negativo bateria BAT24V-	0V/220mA	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
4	pólo bateria BAT4,8V+	4,8V/3,5Amáx.	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
5	negativo bateria BAT4,8V-	0V/3,5Amáx.	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
6-9	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 26: CON26-DB9M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo dos relés da UEFOG e que liga no módulo das baterias da UEFOG, localizados no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO BATERIA
2	pólo bateria BAT24V+	24V/220mA	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
3	negativo bateria BAT24V-	0V/220mA	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
4	pólo bateria BAT4,8V+	4,8V/3,5Amáx.	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
5	negativo bateria BAT4,8V-	0V/3,5Amáx.	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
6-9	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 27: CON25-DB9F. Posicionado no módulo das baterias da UEFOG, localizado no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO BATERIA
2	pólo bateria BAT24V+	24V/220mA	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
3	negativo bateria BAT24V-	0V/220mA	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
4	pólo bateria BAT4,8V+	4,8V/3,5Amáx.	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
5	negativo bateria BAT4,8V-	0V/3,5Amáx.	MÓDULO BATERIA	MÓDULO RELÉS
6-9	NC (não conectado)	- - - -	- - - -	- - - -

Tabela 28: CON3-DB25F. Posicionado no módulo dos relés da UEFOG, localizado no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEFOG.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFOG	FORNO
2	ALIMENTAÇÃO 28V - VAA	28V/220mA	UEFOG	FORNO
3	retorno fim curso FCI- / FCS1-	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
4	fim de curso FCI+	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
5	fim de curso FCS1+	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
6	TC1-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
7	TC1+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
8	TC2-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
9	TC2+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
10	TC3-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
11	TC3+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
12	TC4-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
13	TC4+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
14	MOTOR+	4,8V/3,5A	MÓDULO RELÉS	FORNO
15	MOTOR-	4,8V/3,5A	MÓDULO RELÉS	FORNO
16	aterra blindagem cabo do motor	0V/A	MÓDULO RELÉS	cabo blindado MOTOR
17	RFORNO+	0V/3A	MÓDULO RELÉS	FORNO
18	RFORNO+	0V/3A	MÓDULO RELÉS	FORNO
19	RFORNO-	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
20	RFORNO-	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
21	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
22	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
23	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
24	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
25	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO

Tabela 29: CON4-DB25M. Posicionado na ponta do cabo vindo do forno e que liga no módulo dos relés da UEFOG, localizados no foguete.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFOG	FORNO
2	ALIMENTAÇÃO 28V - VAA	28V/220mA	UEFOG	FORNO
3	retorno fim curso FCI- / FCS1-	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
4	fim de curso FCI+	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
5	fim de curso FCS1+	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
6	TC1-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
7	TC1+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
8	TC2-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
9	TC2+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
10	TC3-	1mV	FORNOO	MÓDULO RELÉS
11	TC3+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
12	TC4-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
13	TC4+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
14	MOTOR+	4,8V/3,5A	MÓDULO RELÉS	FORNO
15	MOTOR-	4,8V/3,5A	MÓDULO RELÉS	FORNO
16	aterra blindagem cabo do motor	0V/A	MÓDULO RELÉS	cabo blindado MOTOR
17	RFORNO+	0V/3A	MÓDULO RELÉS	FORNO
18	RFORNO+	0V/3A	MÓDULO RELÉS	FORNO
19	RFORNO-	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
20	RFORNO-	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
21	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
22	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
23	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
24	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
25	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO

Tabela 30: CON2-DB25M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo dos relés da UEFOG e que liga no forno, localizados no foguete.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFOG	FORNO
2	ALIMENTAÇÃO 28V - VAA	28V/220mA	UEFOG	FORNO
3	retorno fim curso FCI- / FCS1-	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
4	fim de curso FCI+	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
5	fim de curso FCS1+	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
6	TC1-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
7	TC1+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
8	TC2-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
9	TC2+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
10	TC3-	1mV	FORNOO	MÓDULO RELÉS
11	TC3+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
12	TC4-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
13	TC4+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
14	MOTOR+	4,8V/3,5A	MÓDULO RELÉS	FORNO
15	MOTOR-	4,8V/3,5A	MÓDULO RELÉS	FORNO
16	aterra blindagem cabo do motor	0V/A	MÓDULO RELÉS	cabo blindado MOTOR
17	RFORNO+	0V/3A	MÓDULO RELÉS	FORNO
18	RFORNO+	0V/3A	MÓDULO RELÉS	FORNO
19	RFORNO-	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
20	RFORNO-	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
21	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
22	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
23	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
24	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
25	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO

Tabela 31: CON1-DB25F. Posicionado no forno, localizado no foguete.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	UEFOG	FORNO
2	ALIMENTAÇÃO 28V - VAA	28V/220mA	UEFOG	FORNO
3	retorno fim curso FCI- / FCS1-	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
4	fim de curso FCI+	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
5	fim de curso FCS1+	0V	FORNO	MÓDULO CONTROLE1
6	TC1-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
7	TC1+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
8	TC2-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
9	TC2+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
10	TC3-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
11	TC3+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
12	TC4-	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
13	TC4+	1mV	FORNO	MÓDULO RELÉS
14	MOTOR+	4,8V/3,5A	MÓDULO RELÉS	FORNO
15	MOTOR-	4,8V/3,5A	MÓDULO RELÉS	FORNO
16	aterra blindagem cabo do motor	0V/A	MÓDULO RELÉS	cabo blindado MOTOR
17	RFORNO+	0V/3A	MÓDULO RELÉS	FORNO
18	RFORNO+	0V/3A	MÓDULO RELÉS	FORNO
19	RFORNO-	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
20	RFORNO-	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
21	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
22	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
23	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
24	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO
25	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	FORNO

Tabela 32: CON23-DB25F. Posicionado no módulo dos relés da UEF OG, localizado no foguete. Não precisa ser confeccionado, pois pertence à interligação entre os módulos da UEF OG.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
2	CH1+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
3	CH1- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
4	CH2+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
5	CH2- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
6	CH3+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
7	CH3- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
8	CH4+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
9	CH4- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
10	CONTROLE1-	0V/86mA	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
11	CONTROLE1+	24V/86mA	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
12	IO(-)	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
13	$S_{\mu g} +$	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
14	FIM DE CURSO FCI+	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
15	FIM DE CURSO FCS1+	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
16	SOBE FORNO	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
17	DESCE FORNO	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
18	RS485 - GND	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
19	RS485 - Rx-	RS485	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
20	RS485 - Rx+	RS485	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
21	CH5+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
22	CH5- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
23	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
24	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
25	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS

Tabela 33: CON24-DB25M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo de controle da UEFOG e que liga no módulo dos relés da UEFOG, localizados no foguete.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
2	CH1+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
3	CH1- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
4	CH2+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
5	CH2- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
6	CH3+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
7	CH3- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
8	CH4+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
9	CH4- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
10	CONTROLE1-	0V/86mA	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
11	CONTROLE1+	24V/86mA	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
12	IO(-)	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
13	$S_{\mu g} +$	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
14	FIM DE CURSO FCI+	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
15	FIM DE CURSO FCS1+	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
16	SOBE FORNO	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
17	DESCE FORNO	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
18	RS485 - GND	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
19	RS485 - Rx-	RS485	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
20	RS485 - Rx+	RS485	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
21	CH5+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
22	CH5- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
23	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
24	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
25	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS

Tabela 34: CON22-DB25M. Posicionado na ponta do cabo vindo do módulo dos relés da UEFOG e que liga no módulo de controle da UEFOG, localizados no foguete.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
2	CH1+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
3	CH1- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
4	CH2+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
5	CH2- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
6	CH3+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
7	CH3- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
8	CH4+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
9	CH4- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
10	CONTROLE1-	0V/86mA	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
11	CONTROLE1+	24V/86mA	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
12	IO(-)	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
13	$S_{\mu g} +$	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
14	FIM DE CURSO FCI+	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
15	FIM DE CURSO FCS1+	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
16	SOBE FORNO	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
17	DESCE FORNO	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
18	RS485 - GND	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
19	RS485 - Rx-	RS485	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
20	RS485 - Rx+	RS485	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
21	CH5+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
22	CH5- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
23	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
24	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
25	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS

Tabela 35: CON21-DB25F. Posicionado no módulo de controle da UEFOG, localizado no foguete.

Pino	Descrição	Característica elétrica Tensão/Corrente	Endereço	
			Origem	Destino
1	Chassi	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
2	CH1+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
3	CH1- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
4	CH2+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
5	CH2- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
6	CH3+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
7	CH3- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
8	CH4+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
9	CH4- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
10	CONTROLE1-	0V/86mA	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
11	CONTROLE1+	24V/86mA	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
12	IO(-)	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
13	$S_{\mu g} +$	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
14	FIM DE CURSO FCI+	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
15	FIM DE CURSO FCS1+	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
16	SOBE FORNO	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
17	DESCE FORNO	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
18	RS485 - GND	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
19	RS485 - Rx-	RS485	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
20	RS485 - Rx+	RS485	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
21	CH5+ SAÍDA JUNTA FRIA	5V	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
22	CH5- SAÍDA JUNTA FRIA	0V/0A	MÓDULO RELÉS	MÓDULO CONTROLE1
23	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
24	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS
25	CABO RESERVA	0V/0A	MÓDULO CONTROLE1	MÓDULO RELÉS

9. Especificação dos componentes eletrônicos

Os manuais e *datasheets* dos componentes eletrônicos utilizados encontram-se a disposição no LAS com o Eng. Manuel (tel: 3208 6530; e-mail: manuel@las.inpe.br).

6 Requisitos do experimento para a plataforma de microgravidade

Os requisitos do experimento para a plataforma de microgravidade são os seguintes:

- o módulo suborbital do experimento que acomoda o conjunto do sistema aquecedor e a unidade de controle eletrônico deve ser instalado em um único prato do módulo hermético da carga-útil;
- a temperatura interna do módulo hermético da carga-útil que o experimento for instalado deverá ser inferior a 80°C para não prejudicar o ciclo térmico do experimento;
- a potência elétrica de aquecimento, cerca de 150 W, será obtida no solo através da fonte de tensão DC (50 V, 3 A) via cordão umbilical, para aquecimento interno até 170°C, a tensão será desligada antes do lançamento e a fonte será desligada automaticamente após o lançamento;
- a alimentação do experimento após o lançamento será realizada por baterias de Ni-MH alojadas na UEFOG;
- haverá comunicação do experimento com a casamata na fase pré-voo. Desta forma, pretende-se receber os dados da telemetria;
- sinal de microgravidade para acionar o experimento.

7 Requisitos do experimento em solo

Para realização da Operação do Lançamento será necessário a presença de todos os membros da equipe (3 pessoas).

De acordo com o cronograma a ser estabelecido para a missão, inicialmente deverá ser feita a montagem da parte terrestre do experimento, compreendendo os módulos de potência que ficam no 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 deverão ficar os fios do cordão umbilical, da UEFONTE (localizada no quadro elétrico próximo à plataforma de lançamento).

O experimento irá necessitar no máximo 150 W de potencia, para energizar o forno na fase pré-voo através do cordão umbilical com uma tensão de 50 VDC e corrente de 3 A. Como os fios do cordão umbilical são de 1 mm² (que suportam corrente de até 1,5A), por segurança serão utilizados 2x2 fios para a alimentação do forno. O sistema de controle geral será colocado na casamata e a fonte DC ficará dentro do quadro de energia perto da plataforma de lançamento. O forno deverá ser ligado cerca de 30 minutos antes do lançamento e desligado no momento do lançamento. Além da aquisição de dados pelos canais de telemetria, operando a 1 Hz cada, não existe nenhum outro requisito de solo e o experimento poderá ser abortado e religado. A isolamento térmica de todo o conjunto vem sendo projetada para compatibilidade com uma ampla gama de experimentos que venham a participar do mesmo voo, como ocorreu nas missões anteriores. Caso a temperatura (cerca de 45°C) possa prejudicar algum experimento, solicita-se que o forno seja acondicionado em módulo hermético separado, de uso exclusivo, sendo que sua fixação no prato terá interposta uma camada de material isolante.

Desta forma, requisitos do experimento em solo são os seguintes:

- instalação de uma tomada fêmea padrão novo brasileiro para a alimentação elétrica (fase, neutro, terra, 127 Vca, 10 A, ininterrupto) no quadro elétrico próximo ao lançador do foguete, para instalação da UEFONTE;
- instalação de uma tomada fêmea padrão novo brasileiro para a alimentação elétrica (fase, neutro, terra, 127 Vca, 10 A, ininterrupto) na casamata, para instalação da UECAS;
- instalação de uma tomada fêmea padrão novo brasileiro para a alimentação elétrica (fase, neutro, terra, 127 Vca, 10 A, ininterrupto) na casamata, para instalação do notebook;
- acesso e utilização de notebook, pendrives, celulares e máquina fotográfica no SPL e PPCU para os membros da equipe;
- tomadas padrão novo brasileiro para a alimentação elétrica (fase, neutro, terra, 127 Vca, 10 A, ininterrupto) na PPCU, para instalação e testes do experimento;
- acesso a internet PPCU.

8 Operação do experimento

O programa de operação do experimento que será feito utilizando o software *Superview* da NOVUS encontra-se em desenvolvimento.

9 Equipamentos de testes preparatórios em solo

Serão realizados a recarga das baterias de Ni:MH alojadas na UEFOG, além de testes mecânicos e eletrônicos gerais com todo o sistema. Antes do lançamento será feito um teste de potência no quadro elétrico, com uma resistência elétrica de teste similar à do forno, sem uso do cordão umbilical, mas com o comando e monitoração a partir da casamata.

É necessário também a realização de um teste com o próprio forno do experimento já instalado no foguete.

Durante os testes, o forno instalado no módulo suborbital deverá ser aquecido até cerca de 80°C com o cabo de testes ligado, procurando observar se o controlador, *data-logger* e o sinal para a telemetria dos termopares instalados no experimento estão funcionando corretamente.

A simulação do **sinal de microgravidade para testes deverá ser avisada com antecedência**, uma vez que o sistema de controle possui um comando programado para evitar o deslocamento do forno que é inicializado por esse sinal. Se ocorrer **a movimentação do forno, obrigatoriamente, deverá ser providenciado o acesso ao módulo suborbital** para o retorno do forno à sua posição original.

10 Segurança

A Tabela 36 a seguir apresenta uma matriz contendo itens envolvendo questões de segurança relacionadas ao Experimento, o seu manuseio, a sua acomodação no veículo lançador, o voo suborbital, o seu posterior resgate e os procedimentos subsequentes de entrega ao Pesquisador.

Tabela 36: Matriz de Risco

Grupo de Risco / Descrição	Aplicabilidade			Descrição do Risco	Consequências do Risco	Ações Recomendadas
	Experimento para Ambiente	Ambiente para Experimento	Experimento para Experimento			
GRUPO: MATERIAL						
Incêndio	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Microbiológico	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Tóxico	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Degradação dos materiais do experimento	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Vazamento de material perigoso	N/A	N/A	N/A	---	---	---
GRUPO: ELETROMAGNÉTICO						
Choque elétrico	x	N/A	N/A	Choque elétrico nos terminais da resistência elétrica do forno; e/ou nos terminais da fonte.	choque elétrico	Providenciar isolamento adequada, tensão máxima de 50 V
Eletricidade estática	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Sobrecarga de corrente	N/A	N/A	x	Aumento significativo de corrente.	Compromete o resultado do experimento.	Aplicação de fusíveis nas linhas elétricas.
Alta tensão	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Radiação eletromagnética	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Manuseio de risco	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Risco de reversão de corrente	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Risco de desprendimento de cablagem	x	x	N/A	Cabos de alimentação e conectores se desprenderem.	Equipamento pára de funcionar.	Emprego de grampos, trava química, braçadeiras etc.
GRUPO: MECÂNICO						
Sistema pressurizado	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Partes soltas e/ou destacáveis	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Presença de pontas e/ou cantos vivos	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Presença de pontas e/ou cantos vivos	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Presença de barreiras de proteção	x	N/A	N/A	A ampola de quartzo pode trincar.	Ligas fundidas podem vaziar.	As ampolas estão dentro de um tubo de aço vedado.
Presença de partes externas expostas que apresentam riscos	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Tubulação exposta	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Partes móveis	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Riscos com peças frágeis	N/A	N/A	N/A	---	---	---
GRUPO: FUNCIONALIDADE						

(Continua)

Grupo de Risco / Descrição	Aplicabilidade			Descrição do Risco	Consequências do Risco	Ações Recomendadas
	Experimento para Ambiente	Ambiente para Experimento	Experimento para Experimento			
Risco de abertura de mecanismos	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Risco na geração de dados	N/A	N/A	x	Falha no sistema de telemetria e/ou datalogger.	Perda parcial do experimento.	Uso de telemetria e datalogger como sistema de redundância.
Riscos em funções controladas por computador	N/A	N/A	N/A	---	---	---
GRUPO: TÉRMICO						
Falha do Experimento que pode causar aumento significativo da temperatura externa	x	N/A	N/A	Falha do controlador de temperatura	Aumento da temperatura do forno.	Desligar a fonte de tensão.
Falha do Experimento que pode causar aumento de pressão interna de dispositivos selados	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Contato com superfícies externas de alta ou muito baixa temperatura	x	N/A	N/A	No resgate o forno ainda estará quente $\pm 50^{\circ}\text{C}$	Queimaduras	Usar luvas de proteção para manusear o forno quente
GRUPO: OPERAÇÃO						
Risco sério por consequência de operação incorreta	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Despressurização	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Contato com água (de condensação ou saliva)	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Perda da plataforma	N/A	N/A	N/A	---	---	---
Risco da Operação do Experimento causar perturbações no ambiente de microgravidade	N/A	N/A	N/A	---	---	---

11 Resgate do Experimento

A recuperação do experimento é essencial para o sucesso do mesmo. As amostras são imprescindíveis para posterior análise microscópica e metalúrgica para comparação com os dados similares obtidos em solo. Sem a recuperação da carga o experimento e homologação final da facilidade EMFEM não será possível. Vale salientar que é possível que o forno esteja ainda quente durante a operação de resgate, devendo a pessoa envolvida no resgate cuidar para não tocar diretamente no experimento. Também é possível que a UEFOG esteja energizada por suas baterias internas (tensão máxima de 24Vcc).

12 Cronograma

Tabela 37: Cronograma de preparo da documentação e desenvolvimento das atividades.

Descrição		2015											
N.º	Doc. - Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11.	12
1	Doc.EMFEM-100										X		
2	Entrega projeto preliminar										X		
3	Desenvolvimento Modelo de eng. e qualificação										X	X	
Descrição		2016											
N.º	Doc. - Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11.	12
3	Desenvolvimento Modelo de eng. e qualificação	X	X										
4	Doc.EMFEM-100 - Revisão 01	X											
5	Doc.EMFEM-100 - Revisão 02		X										
6	Doc.EMFEM-200						X						
7	Testes de Qualificação						X	X	X				
8	Desenvolvimento do modelo de voo			X	X	X	X	X					
9	Certificação de aptidão para voo							X	X	X			
10	Testes ambientais de aceitação										X	X	
11	Entrega experimento de voo ao IAE											X	
Descrição		2017											
N.º	Doc. - Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11.	12
12	Testes de Integração IAE-DLR	X	X	X	X								
13	Revisão de Aceitação da carga útil					X	X						
14	Campanha de lançamento							X					

13 Participantes

Organização	Função / Nome	Telefone	E-mail
INPE	Pesquisador Principal, coordenador Dr. Chen Ying An	(12) 3208 6580 (12) 99162 9035	chen@las.inpe.br
INPE	Pesquisa e desenvolvimento Dr. Irajá Newton Bandeira	(12) 3208 6714 (12) 98123 9153	iraja@las.inpe.br
INPE	Pesquisa e desenvolvimento Dr. Cesar Boschetti	(12) 3208 6697 (12) 98157 0149	cesar@las.inpe.br
INPE	Pesquisa e desenvolvimento Dr. Rafael Cardoso Toledo	(12) 3208 6681 (12) 99642 6711	rafael@las.inpe.br
INPE	Desenvolvimento Eng. Manuel Francisco Ribeiro	(12) 3208 6530 (12) 99123 5364	manuel@las.inpe.br
INPE	Desenvolvimento Tec. Júlio César Peixoto	(12) 3208 6673	peixoto@las.inpe.br

Obs.: todos os participantes pertencem ao INPE.