



PCI/MCTIC/INPE
RELATÓRIO TÉCNICO DE ATIVIDADES
-v.97

[Referente ao período: 01/04/2018 a 31/12/2018]

Número do Processo Institucional: [454779/2015-1]

Número do Processo Individual: [300445/2018-0]

Bolsista: [Thiago de Sá Medeiros]

Supervisor: [Heyder Hey]

Área: [LIT - Laboratório de Integração e Testes]

Vigência original da bolsa: [01/04/2018 a 31/12/2018]

Modalidade da bolsa: [PCI-DE]



RELATÓRIO TÉCNICO

Tecnologia de Montagem Integração e Teste

1) Histórico

O Laboratório de Integração e Testes (LIT), inaugurado em 02 de dezembro de 1987, tem como missão:

- Contribuir para a progressiva autonomia do País em áreas estratégicas.
- Prover suporte técnico para os esforços do setor produtivo nacional em desenvolver sua competitividade no mercado internacional.
- Criar o ambiente necessário para a promoção de programas espaciais nacionais e em cooperação com outros países, provendo serviços de alta qualidade, baixo custo e nos prazos corretos.

Especialmente concebido para integração e qualificação de Satélites e Sistemas Espaciais, o LIT atualmente colabora com a indústria nacional em diversas áreas, com o objetivo de contribuir para a soberania do país em áreas estratégicas e oferecer condições para setor o produtivo brasileiro participar e ter competitividade em mercado de bens e serviços.

O LIT possui uma área construída de 20.000 m² que abriga áreas limpas, salas de controle, laboratórios de apoio e escritórios.

Um dos laboratórios é o de testes vácuo-térmicos e climáticos, onde são realizados testes de simulação das condições de voo de satélites e de outros subsistemas espaciais em condições de alto-vácuo, cargas térmicas internas e externas e, conseqüente distribuição de temperatura da vida orbital de satélites.

Os principais meios de testes são:

- Câmara de simulação 6m x 8m (vácuo-térmica);
- Câmara vácuo-térmica 3m x 3m;
- Câmara vácuo-térmica 1m x 1m;
- Câmaras vácuo-térmica 250 litros (2 unidades);
- Câmaras climáticas (2 unidades);
- Câmara de choque térmico.



Um dos testes realizados pelo laboratório vácuo-térmico é o de balanço térmico, onde é verificado o desempenho do projeto térmico do satélite impulsionando-o condições de voo. Este tem como objetivo, confirmar experimentalmente as propriedades térmicas do satélite.

Para prestar suporte ao laboratório vácuo térmico, o LIT conta com o laboratório de aquisição de dados que fornece recursos para a aquisição de dados dos testes realizados. Para isto, conta com um sistema com capacidade para a aquisição de até 2000 canais que se destinam a diversos tipos de medidas, tais como: tensão AC/DC, corrente, potência, RTD, termopar, pressão, entre outras.

2) Resumo do Projeto

O projeto visa a implementação de uma segunda versão do sistema de monitoria para as bombas criogênicas de grande porte. Bem como testar e validar o funcionamento de todos os itens responsáveis para o funcionamento correto do sistema de aquisição, assim como realizar atividades de preparação da aquisição de dados, participar e executar preparações de aquisição para teste vácuo-térmicos, outra atividade é participar da execução dos testes dos subsistemas do CBERS-4A, entre outros satélite e espécimes, bem como nos testes de seus modelos de qualificação e de voo atrelado a isso temos também a elaboração de gráficos e relatórios para cada teste ocorrido.

3) Objetivo

O laboratório de aquisição de dados de testes climáticos e vácuo-térmicos se envolve em diversos programas espaciais, provendo os meios para captura e medida dos parâmetros físicos associados, a saber: temperatura, pressão, tensão, corrente, potência entre outros; formatando, e os apresentando por meio de gráficos.

Para uma aquisição ser bem gerida é preciso realizar teste e manter sempre atualizado o software e o hardwares pois eles são responsáveis pelo transporte e tratamento dos dados.

Durante um ensaio o laboratório de aquisição tem como principal função a monitoria dos ensaios vácuo-térmicos e a elaboração de gráficos e relatórios dos testes

4) Desenvolvidas durante o período da bolsa

Durante o plano de trabalho proposto o bolsista se empenhou em realizar as atividades enumeradas abaixo:

4.1) realizar as atividades de preparação de Aquisição de Dados para cada modelo de satélite (qualificação e voo) nos testes climáticos e vácuo-térmico;

Através de especificações disponibilizada, foi possível desenvolver o setup para os respectivos testes entre eles os dos subsistemas do satélite CBERS-4A, como o dos seguintes espécimes: Manta MLI, RTU'S, Ciclagem Térmica SN03, SN04, SN05 E SN06, Painéis Solares, Conversor DC/DC, e MOCUP.

4.1.1) Setup de Canais Físicos:

Os canais físicos são provenientes das medidas obtidas pelos scanners, para captar estas medidas o laboratório de aquisição de dados tem disponível 9 unidades, multifuncionais de aquisição e comutação 34980A, figura 1, do fabricante *Agilent Technology*. Este equipamento, permite captar diversas medias através dos seus sensores entre eles estão: termopares, medidores de pressão, tensão, corrente termistores, etc.



Figura 1 – Scanner 34980A.

A escolha de quais scanners são utilizados no teste dos subsistemas do satélite CBERS-4A, foram apoiadas nos certificados de calibração de cada equipamento e de seus sensores e placas. Neste documento consta a data de calibração do equipamento juntamente com seus slot's e sensores, para que o

equipamento fosse admissível ao teste foram tomadas as seguintes precauções:

- Estar dentro do prazo de calibração (por convenção do laboratório os *scanners* são calibrados a cada dois anos);
- Conter a calibração dos tipos de sensores que serão utilizados no teste;
- Possuir incerteza de medição menor que 0,5.

Após definidos os *scanners* a serem empregados no teste, são escolhidos os módulos, de preferência utiliza-se os módulos nos *scanners* ao qual foram calibrados. Os módulos são uma 'interface' entre o sensor e o respectivo *scanner*, denominados de *slots*, os *slots* são acoplados em cabos específicos dependendo do tipo de sensor, por exemplo, o Feed-Thrus, figura 2, cuja utilização foi feita em todos os testes do subsistema do CBERS-4A



Figura 2 – Slot Feed-Thrus

Com todos os equipamentos definidos, conectaram-se os *slots* aos *scanners*, dando início a sua configuração.

Na configuração dos *scanners* para o teste dos subsistemas do CBERS-4A utilizou-se o *software* DataAQS. Esse *software* por sua vez é responsável por através de uma planilha do excel, a qual tem uma programação dos sensores e suas posições, é configurado todos os *scanners* para a medida dos diversos sensores, ele também permite gera um banco de dados onde todos os dados recebidos por esses sensores são salvos, e determina os intervalos de leitura.

Como por exemplo, no teste do painel solar do satélite CBERS-4A, foram estudadas as fichas técnicas recebidas a fim de obter os requisitos do teste, com as informações obtidas redigiu-se a planilhas, figura 3, com parâmetros específicos exigidos para a interpretação do DataAQS. Nestas planilhas foram adicionadas as configurações de 12 sensores de temperatura (que ficam presos no espécime) responsáveis por indicar os níveis de temperatura, nesse teste em específico no painel solar do CBERS-4A, 18 sensores de temperatura da câmara que registram os níveis de temperatura de toda a estrutura da câmara, 3 canais de pressão, totalizando 33 canais distribuídos em 3 slot em 1 scanner.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ID	Nome	Catal-Físico	Label	DeadTime	Resoluçã	1	Referencia	Unidades	Tipos	TC	
52	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1001		TC01	0.01	2	1	0	0	0	1	
53	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1002		TC02	0.01	2	1	0	0	0	1	
54	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1003		TC03	0.01	2	1	0	0	0	1	
57	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1004		TC04	0.01	2	1	0	0	0	1	
58	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1005		TC05	0.01	2	1	0	0	0	1	
59	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1006		TC06	0.01	2	1	0	0	0	1	
60	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1007		TC07	0.01	2	1	0	0	0	1	
61	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1008		TC08	0.01	2	1	0	0	0	1	
62	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1009		TC09	0.01	2	1	0	0	0	1	
63	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1010		TC10	0.01	2	1	0	0	0	1	
64	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1011		TC11	0.01	2	1	0	0	0	1	
65	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1012		TC12	0.01	2	1	0	0	0	1	
66	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1013		N	0.01	2	1	0	0	0	1	
67	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1014		N	0.01	2	1	0	0	0	1	
68	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1015		N	0.01	2	1	0	0	0	1	
69	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1016		N	0.01	2	1	0	0	0	1	
70	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1017		PLACA_FRIA_01	0.01	2	1	0	0	0	1	
71	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1018		PLACA_FRIA_02	0.01	2	1	0	0	0	1	
72	TCRPP0-192-168-1.2-INSTR-DAS2-1019		N	0.01	2	1	0	0	0	1	

Figura 3 – Planilha Data AQS

4.1.2) Setup de Canais Pseudos:

Os canais pseudos são provenientes de cálculos sobre as medidas adquiridas dos canais físicos, figura 4. Seu emprego se dá pelo fato de transmitirem informações que os canais físicos não são capazes de imprimir, por exemplo, a média da temperatura.

Para a realização dos cálculos o laboratório de aquisição de dados conta com um software denominado DataCalc. Este segue o padrão apresentado no DataAQS e também é configurado por meio de uma planilha eletrônica, porém ao invés de informações sobre os sensores, são transcritas as fórmulas utilizadas no cálculo de cada canal.

O DataCalc tem como função: Através da leitura obtida pelo data AQS fazer cálculos utilizando elaboradas formulas descritas na planilha excel, armazenar esses resultados no mesmo banco já criado pelo Data AQS

No teste do painel solar do CBERS-4A, assim como para os canais físicos presentes no Data AQS, foram estudadas as fichas técnicas recebidas com o intuito de levantar as informações sobre os cálculos a serem realizados.

Com estas informações foram: Criadas as fórmulas de cálculo de Média, cálculo de pressão, e de variação de temperatura entre uma leitura e outra.

Foram elaboradas, e transcritas 32 fórmulas para a composição e cálculo dos canais pseudos pelo DataCalc.

A	B
Nome do Canal	Fórmula
Adion_Pressure_Pseudo	(10*(a-7.75)/0.75)
Edwards_Press_Pseudo	(10*(a-8))
Edwards_Pressing_Pseudo	(10*(1.5*a-12))
TM_CAM_Pseudo	(a+b+c+d+e+f+g+h+i+j+k+l+m+n+o,p)/16
DOOR1_Transiente	a-b
DOOR2_Transiente	a-c
DOOR3_Transiente	a-b
DOOR4_Transiente	a-b
CHTR1_Transiente	a-b
CHTR2_Transiente	a-b
CHTR3_Transiente	a-b
CHTR4_Transiente	a-b
CHTR5_Transiente	a-b
CHTR6_Transiente	a-b
CHTR7_Transiente	a-b
CHTR8_Transiente	a-b
END1_Transiente	a-b
END2_Transiente	a-b
END3_Transiente	a-b
END4_Transiente	a-b
TC01_Transiente	a-b
TC02_Transiente	a-b
TC03_Transiente	a-b
TC04_Transiente	a-b
TC05_Transiente	a-b
TC06_Transiente	a-b
TC07_Transiente	a-b
TC08_Transiente	a-b
TC09_Transiente	a-b

Figura 4 – Planilhas elaboradas com as fórmulas

4.2) Participar dos testes de cada modelo de satélite (qualificação e voo) de cada satélite;

Com as atividades de preparação finalizadas, a aquisição de dados do teste do painel solar do CBERS-4A estava pronta para ser iniciada. A primeira etapa deste processo foi a inicialização do DataAQS.

Para executar este software foi necessário:

- Importar as planilhas (elaboradas na etapa de preparação);
- Informar a data e hora do começo e fim do teste;
- Fornecer o intervalo de aquisição (taxa de amostragem do teste);
- Fornecer um nome para o banco de dados (onde foram salvos os dados dos canais físicos e pseudos).

Após realizadas as atividades acima, o DataAQS configurava os *scanners* e dava início a captura de suas medições. Pode-se observar na figura 5 o *software* DataAQS em funcionamento.

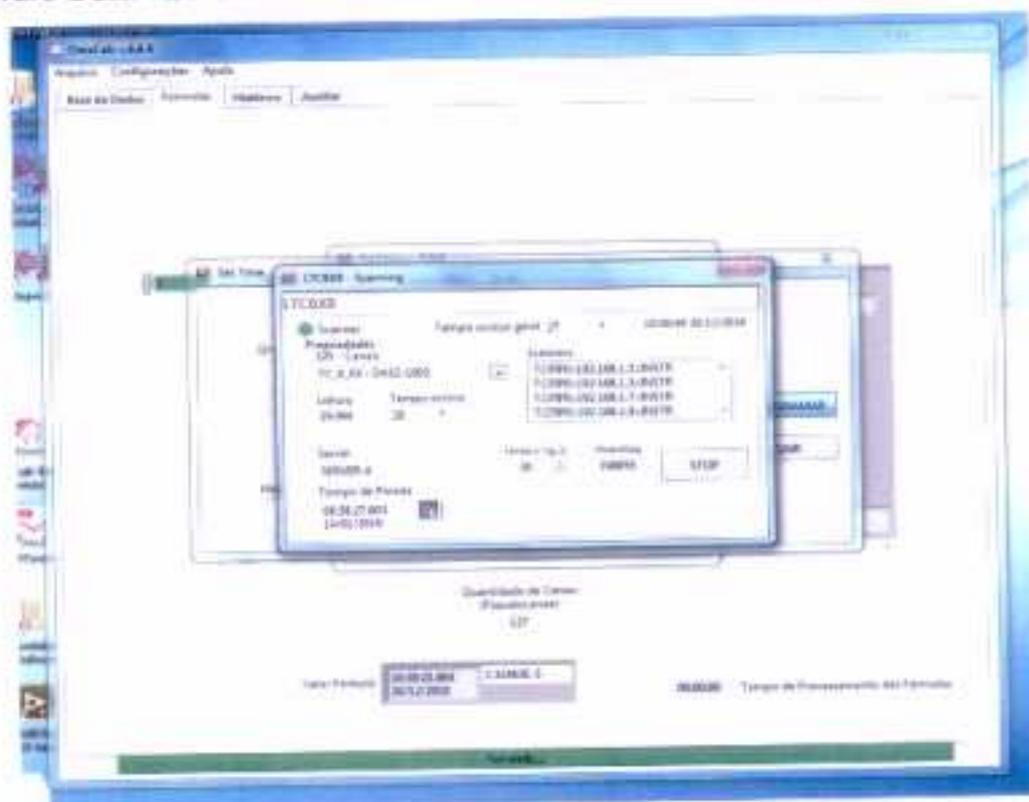


Figura 5 – DataAQS em funcionamento após a configuração dos *scanners*

A segunda etapa foi a inicialização do DataCalc, figura 6. Para executar este *software* foi necessário:

- Importar as planilhas com as fórmulas (elaboradas na fase de preparação);
- Informar ao *software* o nome do banco de dados gerado pelo DataAQS (onde foram armazenados os resultados dos cálculos);
- Fornecer o intervalo de processamento entre fórmulas;

Finalizada as atividades descritas acima, o DataCalc se conecta automaticamente ao banco de dados gerado pelo DataAQS e então calcula utilizando as fórmulas informadas na planilha e salva os dados no banco. Pode-se observar na figura 6 o *software* DataCalc em funcionamento

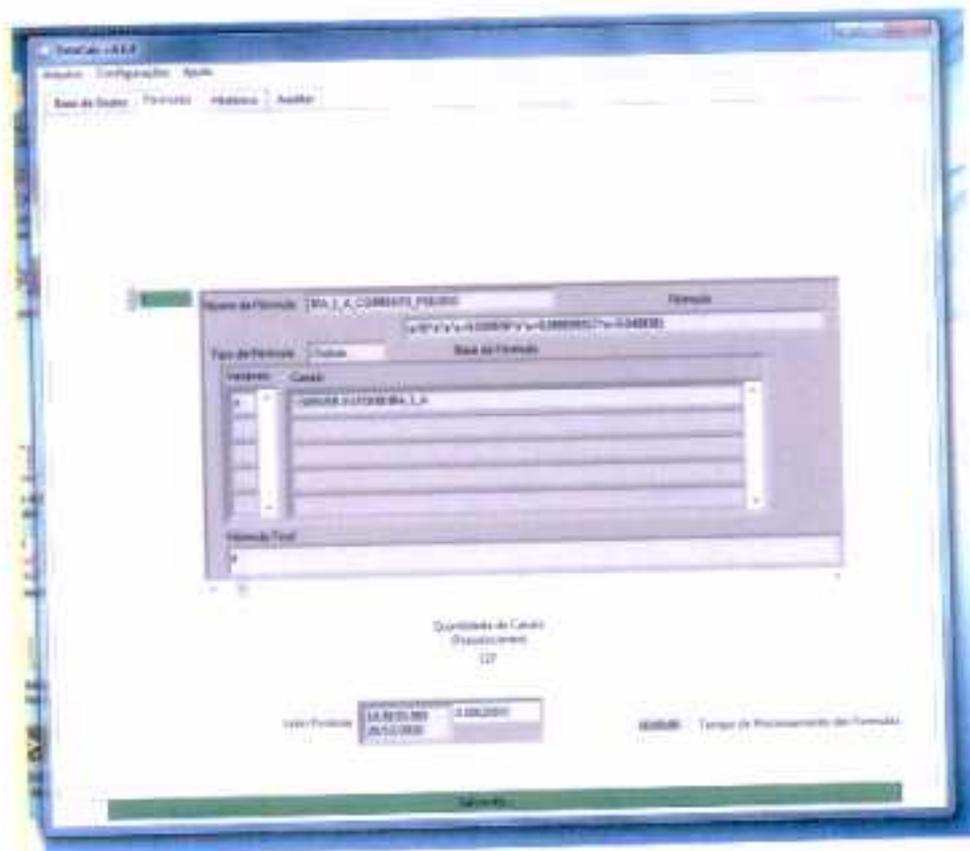


Figura 6 – DataCalc em funcionamento após a conexão com o banco de dados gerado pelo DataAQS.

Com ambos os *softwares* em funcionamento, iniciava-se a aquisição de dados.

Para o acompanhamento da aquisição de dados pelos envolvidos no teste do painel solar do CBERS-4A configurou-se diversas telas gráficas com apoio do *software Measurement & Automation Explorer*, figura 7, da empresa *National Instruments*. Este software tem por finalidade buscar os dados armazenados no banco de dados e através do formato Citadel (formato de banco de dados utilizado pelo software) gerar gráficos em tempo real com as informações registradas pelos Scanners.



Figura 7 - Tela do software Measurement & Automation Explorer

Ao término do teste do painel solar do CBERS-4A, foram extraídos os dados do banco de dados do teste, ao exportar os dados é gerado um arquivo no formato texto (.txt), neste documento está registrado todas leituras, datas e horários salvos no banco de dados, figura 8.

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
\\server-2\i6_CVT_3X3_011018_data\server-2\CVT_3X3_011018\CH02				
\\server-2\i6_CVT_3X3_011018_data\server-2\CVT_3X3_011018\PLACA_FIXA_01				
\\server-2\i6_CVT_3X3_011018_data\server-2\CVT_3X3_011018				
05/10/2018	08:40:54,047			
05/10/2018	08:41:24,047	21,8228	22,0222	21,8668
05/10/2018	08:41:54,047	21,8152	22,0171	21,8663
05/10/2018	08:42:24,047	21,8093	22,0062	21,8664
05/10/2018	08:42:54,047	8,38367e+37	8,38008e+37	8,37326e+37
05/10/2018	08:43:24,047			
05/10/2018	08:43:54,047	21,8099	22,0116	21,8637
05/10/2018	08:44:24,047	21,8044	22,0005	21,8638
05/10/2018	08:44:54,047	21,8004	21,9828	21,8652
05/10/2018	08:45:24,047	21,876	21,9833	21,8793
05/10/2018	08:45:54,047	21,8724	21,9937	21,8774
05/10/2018	08:46:24,047	21,8628	21,98	21,8772
05/10/2018	08:46:54,047	21,8524	21,9679	21,8744
05/10/2018	08:47:24,047	21,8425	21,9468	21,8736
05/10/2018	08:47:54,047	21,8328	21,9257	21,8727
05/10/2018	08:48:24,047	21,8234	21,9045	21,8718
05/10/2018	08:48:54,047	21,8141	21,8834	21,8709
05/10/2018	08:49:24,047	21,8049	21,8623	21,87
05/10/2018	08:49:54,047	21,7957	21,8412	21,8691
05/10/2018	08:50:24,047	21,7865	21,8201	21,8682
05/10/2018	08:50:54,047	21,7773	21,799	21,8673
05/10/2018	08:51:24,047	21,7681	21,7799	21,8664
05/10/2018	08:51:54,047	21,7589	21,7589	21,8655
05/10/2018	08:52:24,047	21,7497	21,7497	21,8646
05/10/2018	08:52:54,047	21,7405	21,7405	21,8637
05/10/2018	08:53:24,047	21,7313	21,7313	21,8628
05/10/2018	08:53:54,047	21,7221	21,7221	21,8619
05/10/2018	08:54:24,047	21,7129	21,7129	21,861
05/10/2018	08:54:54,047	21,7037	21,7037	21,8601
05/10/2018	08:55:24,047	21,6945	21,6945	21,8592
05/10/2018	08:55:54,047	21,6853	21,6853	21,8583
05/10/2018	08:56:24,047	21,6761	21,6761	21,8574
05/10/2018	08:56:54,047	21,6669	21,6669	21,8565
05/10/2018	08:57:24,047	21,6577	21,6577	21,8556
05/10/2018	08:57:54,047	21,6485	21,6485	21,8547
05/10/2018	08:58:24,047	21,6393	21,6393	21,8538
05/10/2018	08:58:54,047	21,6301	21,6301	21,8529
05/10/2018	08:59:24,047	21,6209	21,6209	21,852
05/10/2018	08:59:54,047	21,6117	21,6117	21,8511
05/10/2018	09:00:24,047	21,6025	21,6025	21,8502
05/10/2018	09:00:54,047	21,5933	21,5933	21,8493
05/10/2018	09:01:24,047	21,5841	21,5841	21,8484
05/10/2018	09:01:54,047	21,5749	21,5749	21,8475
05/10/2018	09:02:24,047	21,5657	21,5657	21,8466
05/10/2018	09:02:54,047	21,5565	21,5565	21,8457
05/10/2018	09:03:24,047	21,5473	21,5473	21,8448
05/10/2018	09:03:54,047	21,5381	21,5381	21,8439
05/10/2018	09:04:24,047	21,5289	21,5289	21,843
05/10/2018	09:04:54,047	21,5197	21,5197	21,8421

Figura 8- Documento texto dos dados salvos no banco

Ao importar o arquivo de texto gerado pelo *Measurement & Automation Explorer* no o *Microsoft Excel*, foram possíveis transformar os dados presentes nas colunas, em gráficos de linha de modo a documentar o teste, e ter uma melhor visualização dos dados obtidos. Na figura 9 é apresentado um dos gráficos referentes ao teste do painel solar.

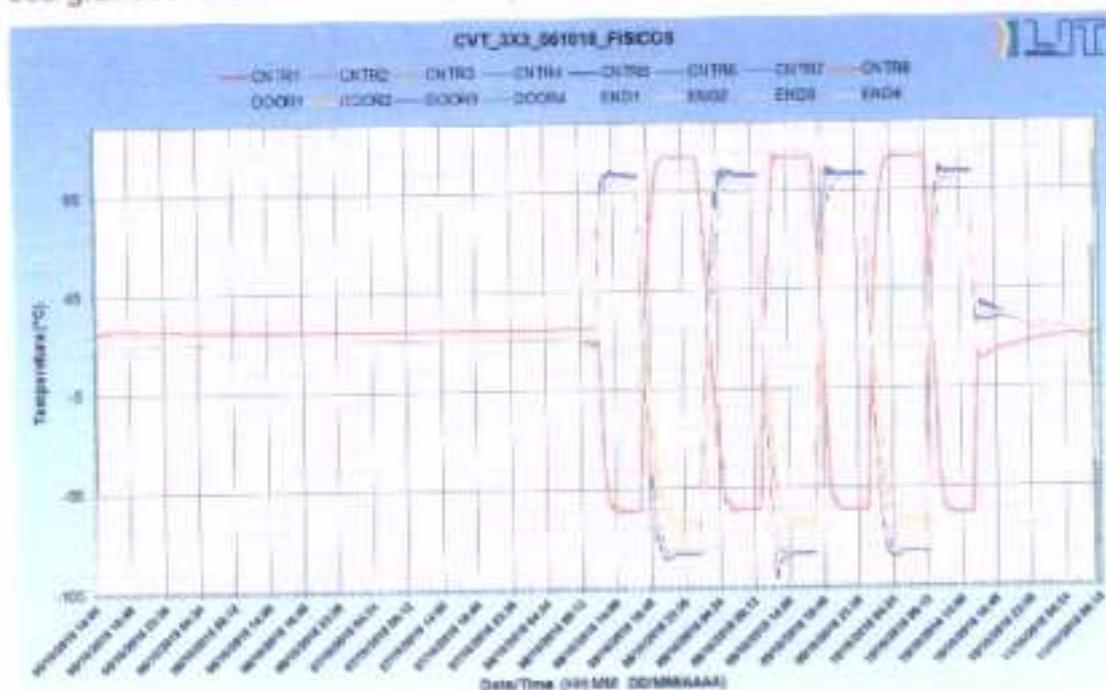


Figura 9- Gráfico gerado com as informações dos canais físicos

4.3) Arquitetura da rede de aquisição para (qualificação e voo) nos testes climáticos e vácuo-térmicos;

Nos testes climáticos e vácuo-térmicos, os dados adquiridos pela aquisição são transmitidos para a visualização de dois grupos. O primeiro é responsável pelo controle da câmara da qual o espécime (objeto em teste) está inserido. Enquanto o segundo é o cliente, encarregado do espécime testado e solicitador do teste em questão, que acompanha a realização dos testes.

Para a distribuição dos dados aos grupos envolvidos nos testes, o laboratório de aquisição de dados conta com uma rede de computadores privada, onde são permitidas apenas conexões internas, conforme ilustrado pela figura 10, todos os computadores presentes na rede são mapeados pelo

IP, isso garante um controle melhor dos computadores conectados, as verificações na rede e nos switches são feitas com certa frequência.

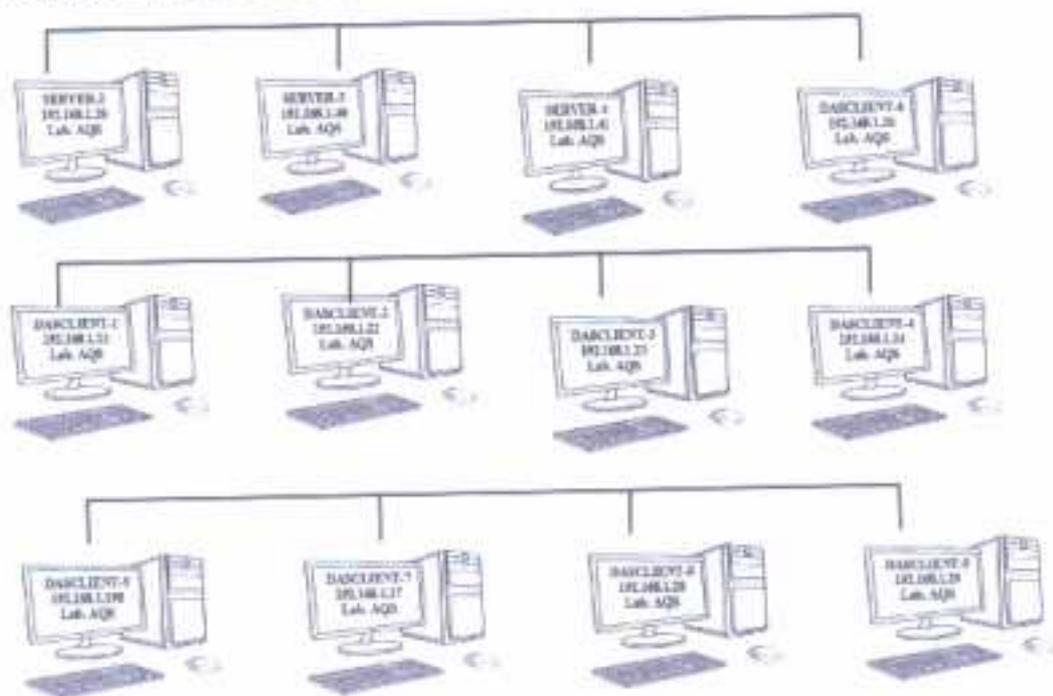


Figura 10 – Diagrama da rede interna do laboratório de aquisição

Conforme apresentado na figura 10, foi necessário elaborar uma arquitetura de rede, porém mesmo com esse esquema de rede não existia meios que comunicassem o laboratório de aquisição da térmica a integração de satélites para resolver isso existe uma outra arquitetura na rede, figura 11, onde um servidor dedicado de cada rede (integração e aquisição) pudessem se comunicar individualmente, assim, ambas as redes ficaram blindadas de acessos indevidos de ambas as partes.

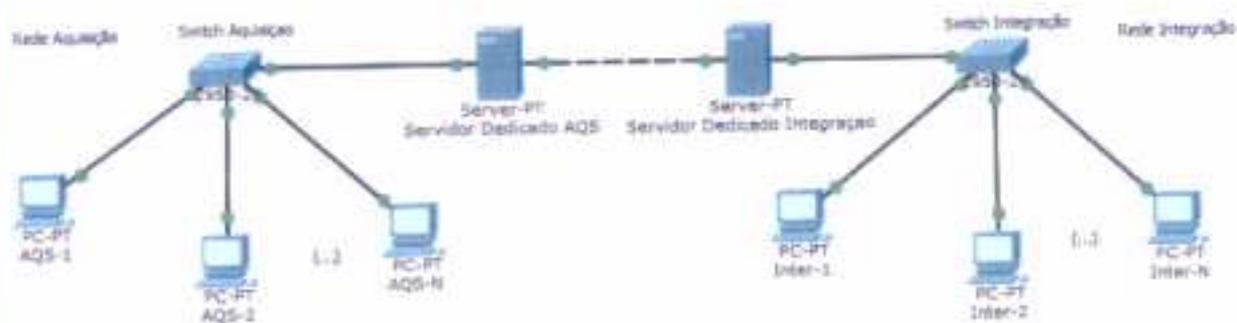


Figura 11 – Diagrama, desenvolvido pelo software Cisco Packet Tracer

5) Resultados Obtidos em função do Plano de Trabalho proposto

Durante o período da bolsa foi realizado e concluído diversos testes vácuo-térmicos entre eles os subsistemas do CBERS-4A, e ao final foram gerados relatórios e gráficos, foi desenvolvido também um software para controle e gerenciamento das bombas criogênicas, e para o controle dos alarmes e válvula presentes no sistema criogênico da câmara 6X8.

5.1) Resultados Complementares obtidos

Houve grande empenho em buscar soluções para a criação e o desenvolvimento dos diagramas sinópticos, para isso foi desenvolvido um programa chamado "Preparação criogênica" utilizando o Lab View.

As bombas criogênicas, figura 12, são um tipo de bomba de vácuo (bomba de captura) na qual os gases ou vapores são "congelados" em uma superfície muito fria (da ordem de 10 K), elas são projetadas para operar em condições de fluxo molecular, portanto necessitam que a pressão inicial seja da ordem de 10^{-3} mbar. Isso é necessário para evitar a formação de uma camada espessa de gás acumulado na superfície fria. Como esta camada possui uma condutividade térmica baixa, a bomba perderia eficiência, ao final do processo a pressão final fica na ordem de 10^{-10} mbar, a câmara 6X8 contém 3 bombas dessas para a realização de testes.

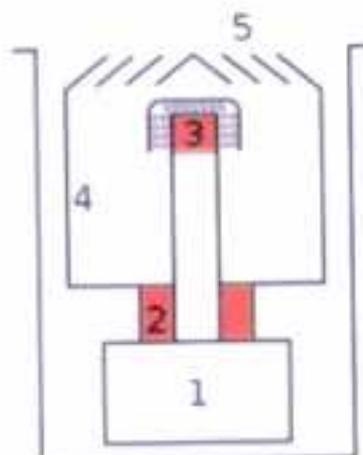


Figura 12- representação da bomba criogênica

Esse software de gerenciamento tem a finalidade de gerenciar e mostrar de maneira simplificada o monitoramento das bombas criogênicas, ao iniciarmos o software ele automaticamente busca uma VI chamada "link_moon" que por sua vez é responsável por pegar os dados da criogênica presentes no PLC, e por meio de Shared Variable que basicamente é um método de comunicação que faz uma variável ser compartilhada na rede e utilizada na comunicação entre VI's, a shared variable por estar presente em um loop atualiza constantemente com os novos valores dessa forma mostrando em tempo real o valor buscado no PLC, o programa então abre essa link moon, figura 13, após isso ela gera uma string a qual tem os links de todas as válvulas, e das próprias criogênicas.

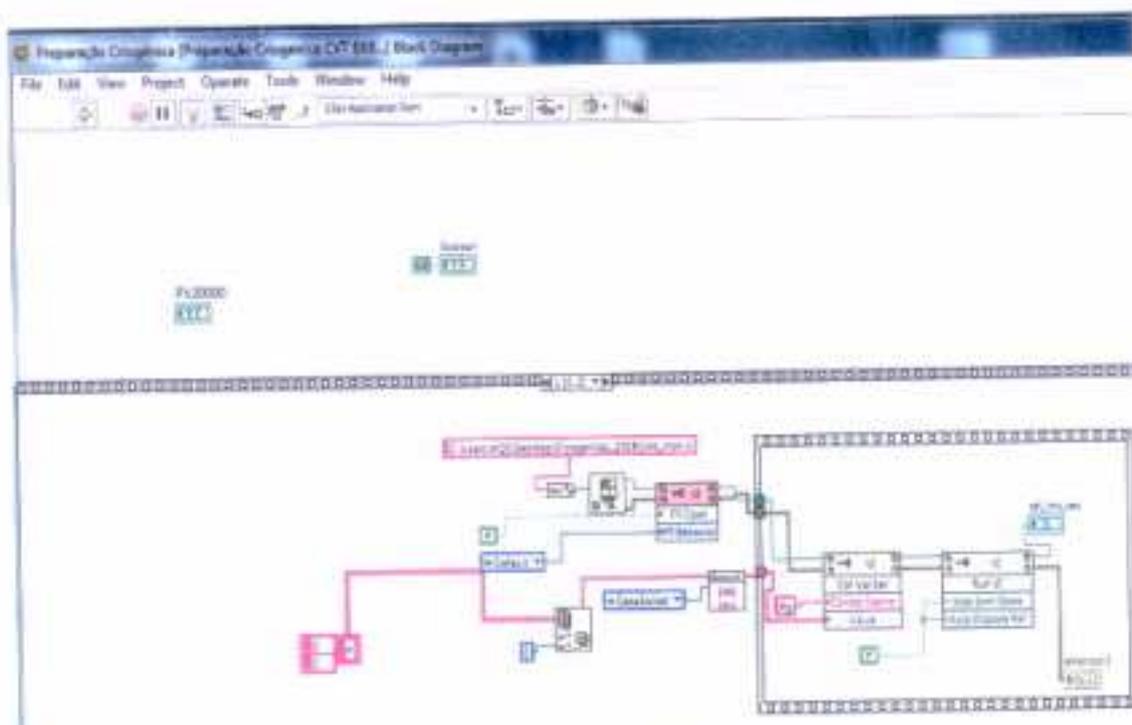


Figura 13- parte responsável por abrir a link moon

Após terem os links o programa separa eles em vetores e atribui cada um deles com sua respectiva válvula ou bomba, figura 14, fazendo com que quando uma delas forem ativadas aparecera uma alerta mostrando quais sistemas estão funcionando, e se tem algum alarme ativado.

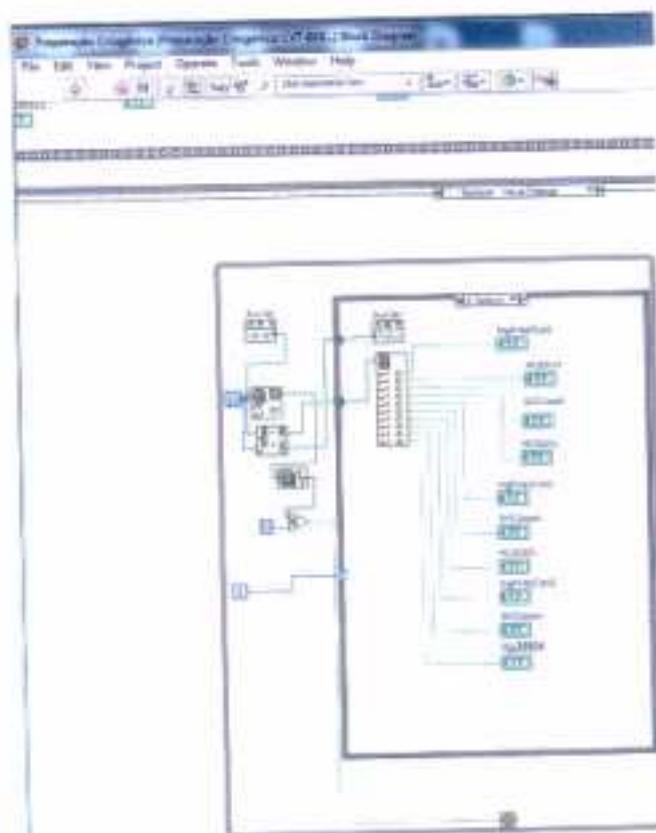


Figura 14- Separando os itens da string

No painel frontal é onde esta presente todo o sistema da criogênica, figura 15, nele é possível ver quais criogênicas estão funcionando, quais estão com defeito, e se tem algum alarme ativo.

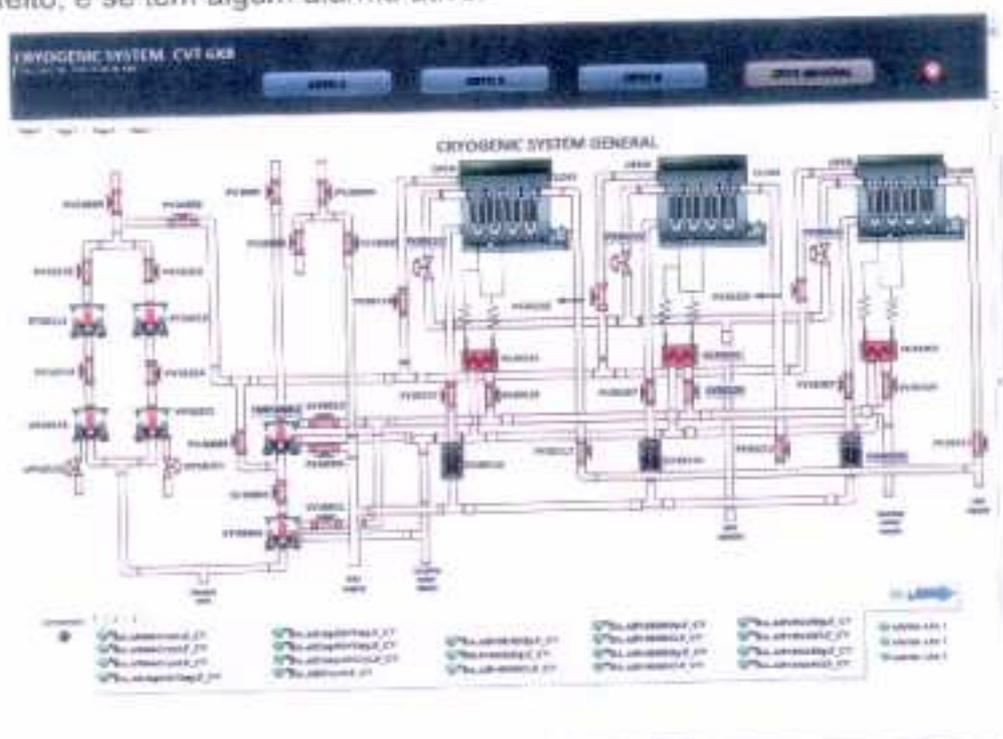


Figura 15 – interface do software da criogênica



De acordo com o cronograma do plano de trabalho, o desenvolvimento da segunda versão deste *software* foi concluído. Todas as funcionalidades implementadas ficaram disponíveis ao laboratório.

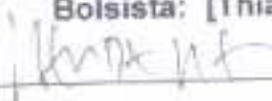
7) Conclusões Gerais

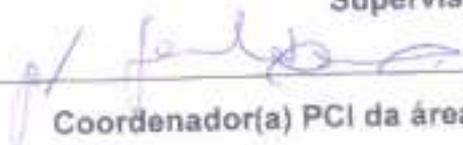
O *software* "Preparação Criogênica" desenvolvido contribuiu para a atualização do modelo antigo dessa forma a garantindo da integridade e segurança dos dados armazenados no laboratório de aquisição de dados. Houveram esforços também na busca de soluções para as necessidades apresentadas que a primeira versão não supria, todas elas foram corrigidas e adicionadas na segunda versão. Os *softwares* DataAQS e DataCalc, utilizados para a aquisição e processamento de dados, apresentaram ótimo desempenho, desta forma, não foram encontrados pontos frágeis a serem corrigidos.

Todas as atividades de preparação foram concluídas, assegurando a realização bem-sucedida da aquisição de dados dos subsistemas do CBERS-4A. Estamos aguardando a disponibilização do satélite CBERS-4A para realização dos devidos testes, as ferramentas desenvolvidas estão disponíveis para quando o houver o prosseguimento do projeto.

São José dos Campos-SP, 21 de janeiro de 2019


Bolsista: [Thiago de Sá Medeiros]


Tecnologista Senior III
Supervisor(a) [Heyder Hey]


Coordenador(a) PCI da área: [Ricardo Sutério]