

## Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: Análise e especificação de requisitos para um sistema de aquisição de dados de experimentos da Plataforma Suborbital de Microgravidade

Bolsista: Marietta Storino Teodoro da Silva

Orientador(a): Anderson Cattelan Zigiotto

Período a que se refere o relatório: Agosto de 2013 a Junho de 2014

### Resumo

Devido a diversos fatores, dentre eles a falta de mão de obra em muitos grupos de pesquisas para a elaboração de um sistema de instrumentação próprio, ou até mesmo o tempo gasto para a adequação e montagem de um sistema para cada veículo projetado, é desejável um sistema de instrumentação padrão, de maneira a atender aos requisitos de interface da Plataforma Suborbital de Microgravidade (PSM). Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo geral especificar os requisitos de um sistema de instrumentação padrão que pudesse ser utilizado pelo maior número de experimentos de microgravidade. Para a realização do projeto, foram realizadas pesquisas bibliográficas e análises de documentações técnicas para compreender as necessidades de instrumentação de experimentos de microgravidade, principalmente aqueles pertencentes às operações mais recentes: Cumã II e Maracati II. Com base nas documentações técnicas, foi elaborada uma planilha com as informações obtidas dos experimentos. Essas informações foram filtradas, resultando em um levantamento das saídas referentes apenas a telemetria de oito experimentos. Foi concluído que os requisitos do sistema de instrumentação devem incluir, no mínimo, 8 canais analógicos, 2 canais digitais e 1 porta serial. Com estes requisitos, será possível desenvolver um módulo para utilização em vários experimentos, diminuindo o tempo de projeto, integração e testes.

### 1. Introdução

A nova Plataforma Suborbital de Microgravidade, que está sendo desenvolvida no IAE, adota uma interface elétrica padrão com os experimentos, de forma que eles serão

responsáveis por adquirir e enviar os dados através de um protocolo serial ao Computador de Bordo, o qual é responsável por formatar e enviar os dados por telemetria. Muitos grupos de pesquisa que realizam estes experimentos não possuem em suas equipes alunos ou profissionais capacitados a desenvolver um sistema de instrumentação próprio. O objetivo deste projeto é especificar os requisitos de um sistema de instrumentação padrão, de acordo com a interface da Plataforma, e que possa ser utilizado pelo maior número possível de configurações de experimentos que irão compor a PSM. Como resultado, obtém-se a padronização da interface utilizada, de maneira a facilitar e reduzir tempo de integração e testes da PSM. Para isso, foi necessário pesquisar os experimentos de microgravidade já realizados no passado pelo IAE, de maneira a fomentar uma possível previsão das necessidades de instrumentação de experimentos de microgravidade a serem realizados futuramente no Brasil e, em seguida realizar análise de comunalidade, de maneira a obter os requisitos de uma solução comum.

## **2. Revisão da Literatura**

### **2.1. Microgravidade (ou $\mu g$ )**

Segundo Moraes Jr. (2005), a microgravidade é a quase ausência ou influência menor de aceleração gravitacional sobre os objetos. Em microgravidade, um objeto tem seu peso bastante reduzido comparado ao seu peso na Terra, porém a massa é mantida. Deixando um objeto cair na superfície da Terra, ele cairá sob a ação de  $1 g$  (onde  $g$  é a aceleração da gravidade na superfície terrestre), mas se um astronauta na Estação Espacial Internacional deixar cair esse mesmo objeto, ele parecerá não cair, mas sim flutuar. Isto não se deve à distância da Terra, mas sim ao fato da Estação estar de fato caindo, porém com velocidade horizontal tão elevada que nunca chega ao solo, ou seja, está em órbita. Esta sensação de perda de peso é chamada de Microgravidade quando a aceleração correspondente é da ordem de  $10^{-6} g$ . Existem vários processos que podem ser realizados sob condições de microgravidade, e que seriam afetados se fossem realizados sob ação da gravidade.

### **2.2. Ambiente de Microgravidade**

Segundo Corrêa Junior (2008), além da redução da influência da gravidade, o ambiente de microgravidade, conseqüentemente, possui também como características a

inexistência de convecção natural, de sedimentação e de estratificação e, de pressão hidrostática; a possibilidade de redução de contato com as paredes dos vasos (formação de pontes líquidas) e a intensificação do efeito de capilaridade.

#### 2.4. Foguetes de Sondagem

Atualmente os foguetes de sondagem VS-30 e VSB-30 (Figura 1) atendem ao Programa de Microgravidade. Segundo Moraes Jr. (2005), ao ultrapassar na fase de voo ascendente, à altura de 100 km, e enquanto permanecer acima dela, nenhuma força externa de natureza aerodinâmica estará atuando sobre o veículo. Se ele não estiver propulsado e nem em rotação, estará em condição de microgravidade. Em um voo suborbital, a carga útil fornece aos experimentos embarcados os serviços básicos de suporte, energia, comunicação, recuperação e proteção ao ambiente de voo. Segundo a revista Espaço Brasileiro, a Plataforma Suborbital de Microgravidade (PSM) será a carga útil utilizada nos veículos de sondagem VS-30 e VSB-30.

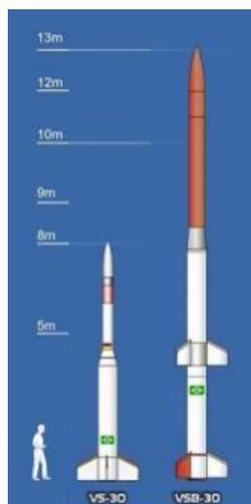


Figura 1 – VS-30 e VSB-30. [Adaptado da Revista Espaço Brasileiro]

#### 2.5. Programa Microgravidade ( $\mu g$ ) da AEB

Segundo o site da AEB (Agência Espacial Brasileira), o Programa Microgravidade foi criado no dia 27/10/1998, com o objetivo de colocar ambientes de microgravidade à disposição da comunidade técnico-científica brasileira, provendo meios de acesso e suporte técnico para a viabilização de experimentos nesses ambientes. A execução do Programa Microgravidade é realizada por meio de missões – Cumã I e II, Centenário e Maracati I e II – projetos de dispositivos, experimentos.

### 3. Material e métodos

Utilizou-se da pesquisa bibliográfica em sites, artigos acadêmicos e livros relacionados a microgravidade e sistemas analógicos e digitais. Após obter o conhecimento bibliográfico do assunto, foram utilizadas documentações técnicas das operações Cumã II e Maracati II para obter as informações de cada experimento e elaborar uma planilha eletrônica para facilitar a análise das informações.

### 4. Resultados

Com base nas documentações técnicas obtidas das operações, foi elaborada uma planilha com as informações obtidas de cada experimento, contendo a quantidade de saídas analógicas, digitais e seriais de cada experimento. A Figura 2 mostra, como exemplo, os dados obtidos de um experimento da Missão Cumã II que foi desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Cumã II				
Experimento UFSC (Dr. Júlio César Passos)				
Pino	Nome	Função	Tensão máx (V)	Digital/Analógico/Serial
1	AN1	Thermocouple reference	5Vdc	Analógico
2	AN2	Offset amplifiers		Analógico
3	AN3	Heat resistance 1		Analógico
4	AN4	Heat resistance 2		Analógico
5	AN5	Reference Temperature		Analógico
6	AN6	Thermocouple 5		Analógico
7	AN7	Thermocouple 3		Analógico
8	AN8	Thermocouple 1		Analógico
9	$\mu$ G	$\mu$ G signal		Digital
10	$\mu$ G/Lift-off return	$\mu$ G/lift off common return		Referencia
11	Lift-off	lift off signal		Digital
12	GND	-		Referencia
13	AN11	Chamber pressure		Analógico
14	AN10	Thermocouple 4		Analógico
15	AN9	Thermocouple 2		Analógico
Pino	Função	Tensão máx (V)	Digital/Analógico/Serial	
1	Lift-off/Microgravity test return	0Vdc	Referencia	
2	lift off test	+ 5Vdc	Digital	
3	$\mu$ G test		Digital	
4	Charge battery +	+ 20 Vdc	Analógico	
5	Charge battery -	- 15 Vdc	Analógico	
6	RS485 return	0Vdc	Referencia	
7	RS485 A	+ 5Vdc	Serial	
8	RS485 B		Serial	
9	-9Vdc battery	-9Vdc	Analógico	
10	+12Vdc battery	+ 12 Vdc	Analógico	
11	-	-	-	
12	Charge battery +	+ 20 Vdc	Analógico	
13			Referencia	
14	GND	0Vdc	Referencia	
15			Referencia	

Figura 2 – Informações da instrumentação do experimento da UFSC

No total, foram levantadas informações de 10 experimentos, sendo 4 da operação Maracati II e 6 da operação Cumã II. O módulo a ser desenvolvido futuramente será responsável por adquirir e enviar os dados através de um protocolo serial que se destinará à telemetria. Deste modo, depois de elaborada a planilha com todas as informações dos experimentos, foram separadas as informações que se referiam apenas

a telemetria. A Figura 3 ilustra este passo para o experimento da UFSC. Feito isso, foi verificado que 2 experimentos não entrariam na análise pois não possuíam saídas para a telemetria, restando assim 8 experimentos: 4 da Maracati II e 4 da Cumã II.

Cumã II				
PEM-06 - UFSC - Júlio César Passos				
#	Função	Tensão Máx	Frequencia de Amostragem (Hz)	Analogico/Digital/Serial
1	Termopar referencia	5 Vdc	20	Referencia
2	Offset amplificators	5 Vdc	20	Analogico
3	Resistência ao calor 1	5 Vdc	20	Analogico
4	Resistência ao calor 2	5 Vdc	20	Analogico
5	Temperatura referencia	5 Vdc	20	Referencia
6	Temopar 5	5 Vdc	20	Analogico
7	Temopar 3	5 Vdc	20	Analogico
8	Temopar 1	5 Vdc	20	Analogico
9	Sinal µG	5 Vdc	-	Digital
10	µG/lift off retorno comum	5 Vdc	-	Referencia
11	Sinal lift off	5 Vdc	-	Digital
12	GND	5 Vdc	-	Referencia
13	Câmara pressão	5 Vdc	20	Analogico
14	Temopar 4	5 Vdc	20	Analogico
15	Temopar 2	5 Vdc	20	Analogico

Analogico	Digital	Serial
9	2	0

Figura 3 – Informações relacionadas a telemetria do experimento da UFSC

Foi realizada uma análise dos resultados obtidos dos 8 experimentos para obter os requisitos de uma solução comum, de maneira a fomentar uma possível previsão das necessidades de instrumentação de experimentos de microgravidade a serem realizados futuramente no Brasil. O resumo está mostrado na Figura 4.

Experimento	Maracati II											
	CADEN			DMLM III			ECEM			SLET		
	Analogicos	Digitais	Seriais	Analogicos	Digitais	Seriais	Analogicos	Digitais	Seriais	Analogicos	Digitais	Seriais
	0	0	2	0	0	2	0	2	2	2	0	0

Experimento	Cumã II											
	INPE			UFSC			UFSC			IAE		
	Analogicos	Digitais	Seriais									
	2	0	0	9	2	0	30	2	0	0	0	2

Figura 4 – Quantidade de saídas analógicas, digitais e seriais de cada experimento

A figura 5 mostra a distribuição de frequência do número de saídas analógicas. Pode-se notar que 4 experimentos não utilizam saídas analógicas para telemetria, 2 experimentos utilizam 2 saídas, 1 experimento utiliza 9 saídas e outro utiliza 30 saídas. Na figura 6 é mostrado o gráfico acumulativo, com base nos dados da figura 5. Nota-se que um sistema com 9 entradas analógicas supriria as necessidades de 87,5 % dos 8 experimentos. No entanto, o número de canais disponíveis em sistemas digitais normalmente é uma potência de 2. Assim, conversores analógico/digitais ou multiplexadores de sinais possuem 2, 4, 8 ou 16 canais. Um sistema com 8 canais supriria 75 % dos experimentos analisados. Um sistema com 16 canais supriria também o experimento com necessidade de 9 canais (87,5 % to total), no entanto teria um grande excesso de funcionalidade, ou seja, na maior parte dos casos teria muitos canais disponíveis sem uso. Estes canais requerem o uso de recursos, como pinos de

conectores, tamanho de placa de circuito impresso e consumo de energia. Desta maneira, há que se pesar também esta desvantagem – excesso de funcionalidade – na atribuição da solução comum.

Outro aspecto dos canais analógicos diz respeito à taxa de amostragem do sinal. Na documentação pesquisada, a maior taxa requerida foi de 20 Hz. Esta taxa por canal pode facilmente ser obtida pelos conversores analógico/digitais encontrados no mercado.

Sugere-se, portanto, que o sistema seja especificado com 8 canais analógicos com taxa de amostragem maior ou igual a 20 Hz por canal.

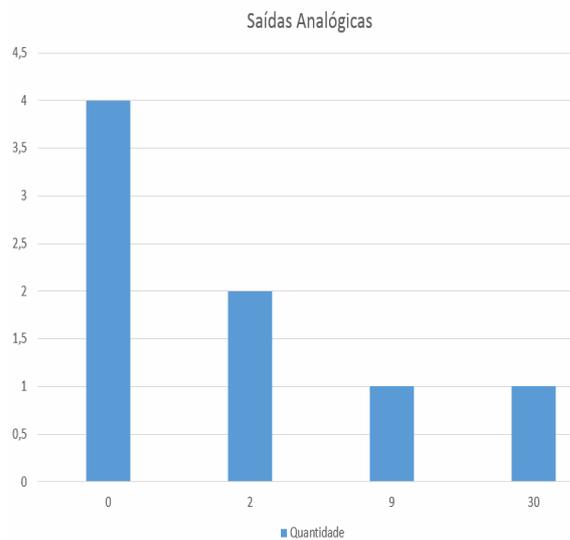


Figura 5 – Relação nº de saídas analógicas x nº de experimentos

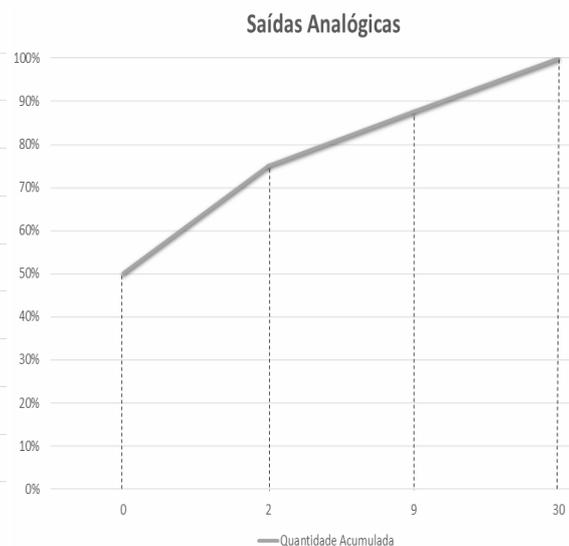


Figura 6 – Gráfico acumulativo

Como mostrado nas figuras 7 e 8, a análise anterior foi repetida para as saídas digitais e seriais. Na análise de saídas digitais, 5 experimentos não utilizavam o tipo de saída e 3 experimentos possuíam 2 saídas digitais, portanto, foi concluído que 2 canais digitais seriam o ideal para atingir 100 % dos experimentos.

Na análise de saídas seriais, foi constatado que metade possuía 2 linhas seriais e metade não utilizava nenhuma, sendo assim, considera-se 2 linhas como sendo o ideal para atingir 100 % dos experimentos. Nota-se que estas duas linhas são as linhas positiva e negativa de uma interface com padrão elétrico RS-422, ou seja, correspondem a uma porta serial.

Os experimentos que possuem esta porta serial fazem, eles próprios, suas aquisições de dados. Os experimentos da operação Maracati II – CADEN, DMLM III e ECEM – possuem em sua documentação indícios de como são estes canais. Notou-se que o condicionamento dos sinais é muito específico ao experimento, logo estes canais

internos não foram incluídos neste estudo, que pretende especificar os canais para uso geral. Pelo mesmo motivo – permitir ao experimento fazer monitorações específicas ao seu caso - sugere-se incluir um porta serial como requisito ao módulo de instrumentação.

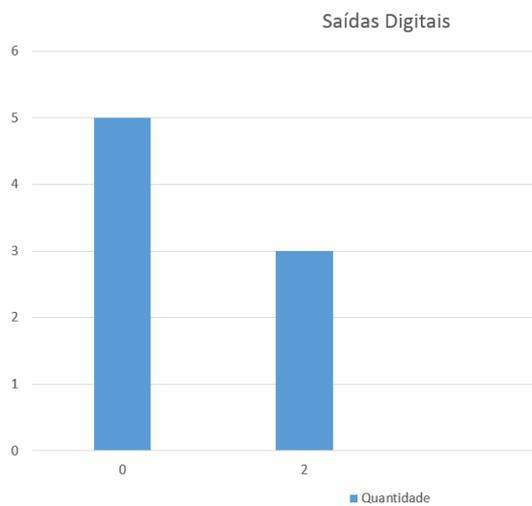


Figura 7 – Relação nº de saídas digitais x nº de experimentos

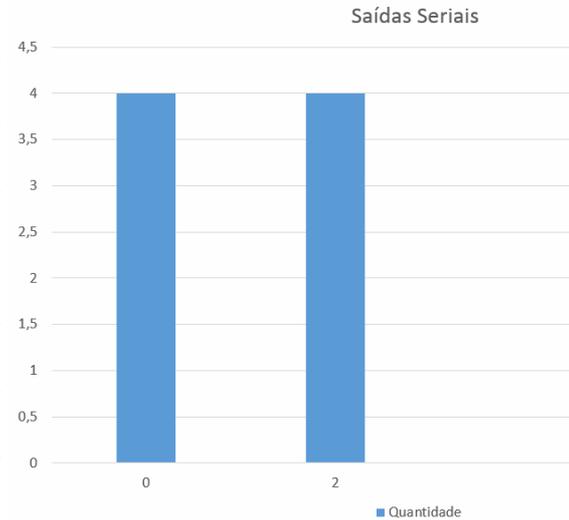


Figura 8 – Relação nº de saídas seriais x nº de experimentos

## 5. Conclusões

Foi realizado um levantamento das necessidades de instrumentação de experimentos de microgravidade já realizados em missões do Programa Microgravidade da AEB e foram elaborados requisitos de um sistema de instrumentação padrão, que possibilite desenvolver um módulo para ser utilizado pelo maior número possível de experimentos que irão compor a PSM, baseado nas informações obtidas. Houve dificuldade para obter acesso a algumas informações técnicas, pois alguns documentos foram elaborados por entidades de pesquisa (participantes da missão) no exterior. Por este motivo, o projeto foi focado nas operações recentes de microgravidade (Cumã II e Maracati II) desenvolvidas no Brasil, com participação da Divisão de Eletrônica do Instituto de Aeronáutica e Espaço.

## Referências

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Documento Base**. Disponível em: [microgravidade.aeb.gov.br](http://microgravidade.aeb.gov.br). Acesso em: 22 ago. 2013 às 11h09



- AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Veículos Lançadores**. Disponível em: [www.aeb.gov.br/programa-espacial](http://www.aeb.gov.br/programa-espacial). Acesso em: 05 set. de 2013 às 08h57.
- COMANDO DA AERONÁUTICA. **Dossiê de Integração de Sistemas Eletroeletrônicos Embarcados da Carga Útil MICROG1A**. Instituto de Aeronáutica e Espaço, Divisão de Eletrônica, Projeto VSB-30. Cód.: 528-340000/D0004. 14 abr. 2011.
- COMANDO DA AERONÁUTICA. **Interfaces Elétricas do VSB 30 V07 – Operação Maracati II**. Instituto de Aeronáutica e Espaço, Divisão de Eletrônica, Projeto VSB-30. Cód.: 528-340000/B3028. 18 out. 2010.
- COMANDO DA AERONÁUTICA. **Projeto de Integração das Redes Elétricas da Carga Útil MICROG1A do Veículo VSB30 – V07**. Instituto de Aeronáutica e Espaço, AEL, Projeto VSB-30. Cód.: 528-400000/B3002. 28 out. 2010.
- CORREA JUNIOR, F. A. **Experimentos suborbitais de microgravidade**. Espaço Brasileiro, Brasília, Ano 2, v. 2, n. 4, p. 20-21, abr./maio/jun. 2008.
- ESPAÇO BRASILEIRO. **Avanços do IAE para o Programa Espacial Brasileiro**. Brasília, Ano 5, n. 14, p. 18-19, jul./dez. 2012.
- ESPAÇO BRASILEIRO. **Foguetes de Sondagem do Brasil voam alto na Europa**. Brasília, Ano 6, n. 15, p. 20-21, jan./jun. 2013.
- IDOETA, I. V.; CAPUANO, F. G. **Elementos da Eletrônica Digital**. 28 ed., São Paulo: Érica, 1998.