

Ensaio de Qualificação para Espaço das Baterias do ISTSat ONE

Nuno Ramos

Mestre em Engenharia Eletrónica pelo IST

No dia 1 de Março terminaram as 3 semanas de testes exaustivos feitas às baterias do ISTsat ONE, realizados na ESA no Laboratório especial para a Educação e Formação em Ciências Espaciais na Galaxia, “ESA Academy” situado em Redu na Bélgica.

Os ensaios serviram para qualificar e certificar as baterias do satélite ISTSat ONE como sendo aptas e seguras para voar e ir a bordo da ISS (*International Space Station*), uma nave tripulada o que exige ensaios mais rigorosos. A realização da qualificação passou por duas fases, a primeira foi realizada ao nível de células da bateria, e a segunda ao nível de bateria completa desenvolvida no IST.

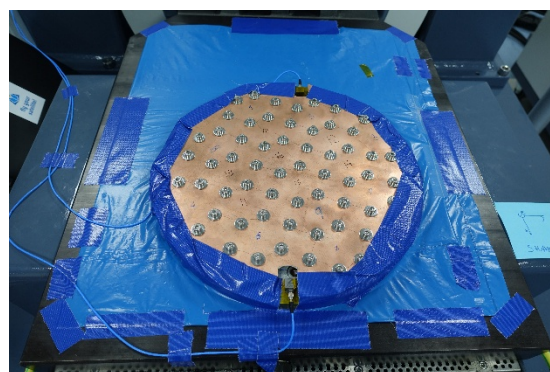
A primeira fase da campanha tem como objetivo validar o lote de células aptas para voar, estes testes não consistem em esforçar as células mas sim simular e provar que estas aguentam operar nas condições esperadas para o satélite.

Começou-se por se caracterizar eletricamente todas as células da bateria nas instalações do IST Taguspark, onde a resistência interna, capacidade e caracterização do estado de carga foram obtidos e postos como referência para cada célula.

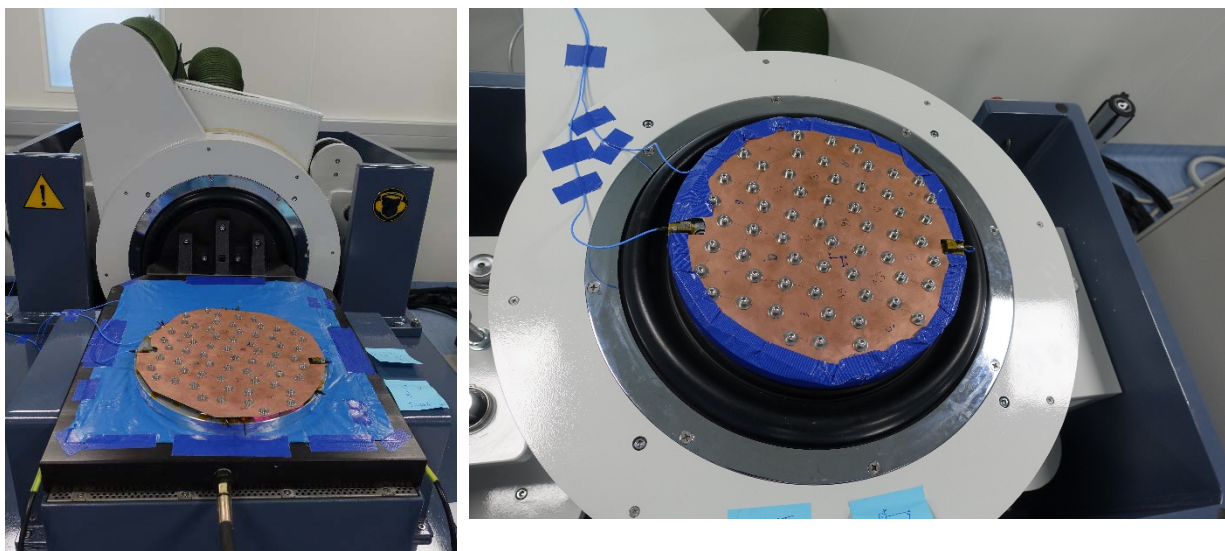
O passo seguinte sucedeu-se numa sala limpa dentro das instalações da Galaxia, “ESA Academy” situadas em Redu na Bélgica, onde foram realizados ensaios de vibração temperatura e vácuo.

As células foram submetidas a vibrações nos três eixos (X, Y, Z) com uma aceleração de 10 G e com uma frequência arbitrária entre 0 Hz e 2 kHz durante 1 minuto, com o intuito de simular as condições que as células podem enfrentar no processo de lançamento do satélite.

Antes de submeter as células para estes testes as células foram carregadas para um estado de carga de 100% tendo uma tensão de circuito aberto de aproximadamente 4,15 V. O acondicionamento que se pode ver nas fotografias tem dois propósitos, fixação das células à plataforma vibratória e emulação da pressão por parte das PCBs após montada a bateria completa. Após a cada ensaio de vibração foi verificada a tensão de circuito aberto e a resistência interna de cada célula para 100% de estado de carga, para confirmar que não tinham ocorridos danos elétricos ou químicos às células. No total foram submetidas aos testes de vibração 16 células.

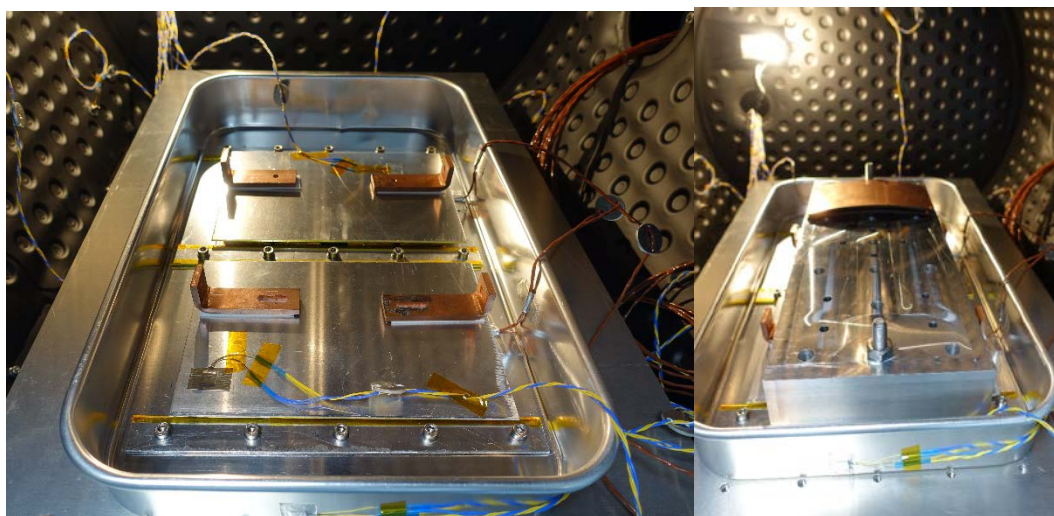


Preparação de vibração das células no eixo de X e Y.



Vibração no eixo de X e de Y (esquerda) e eixo de Z (direita)

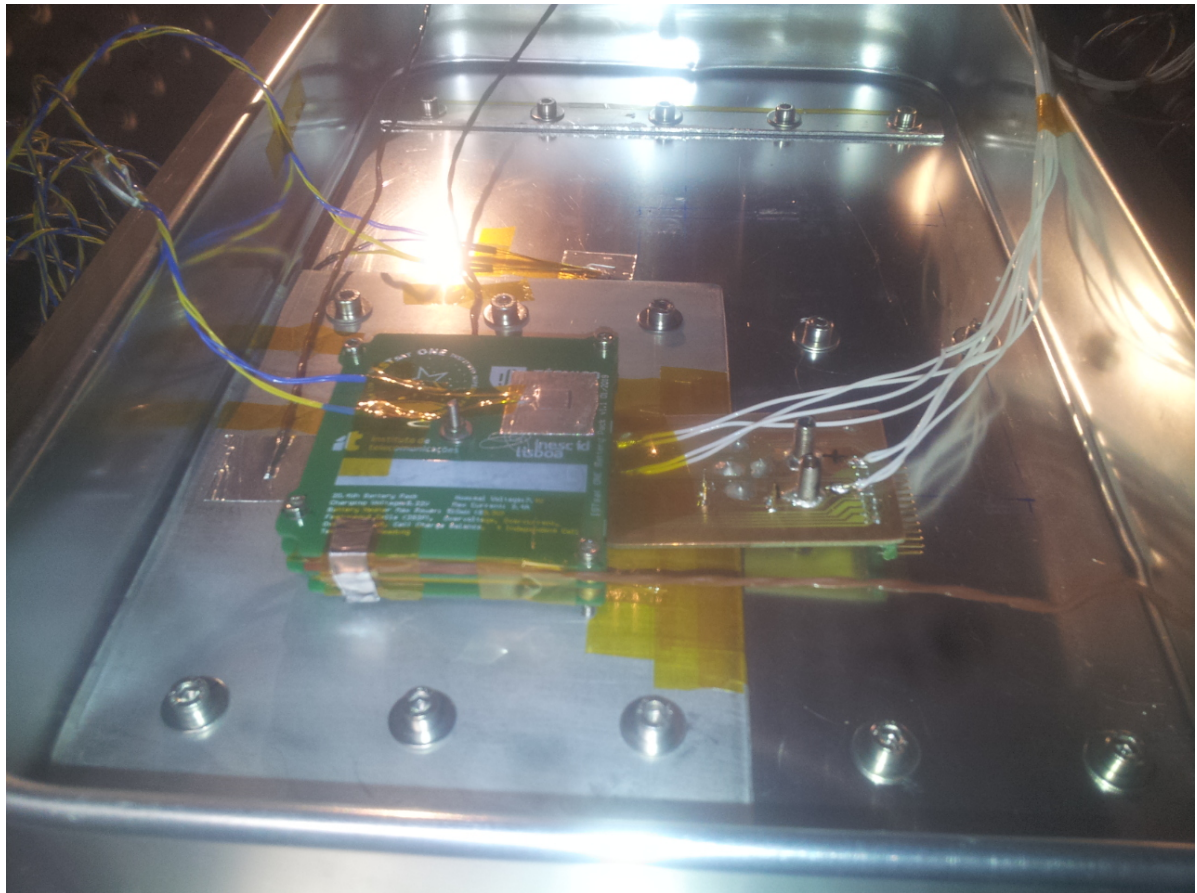
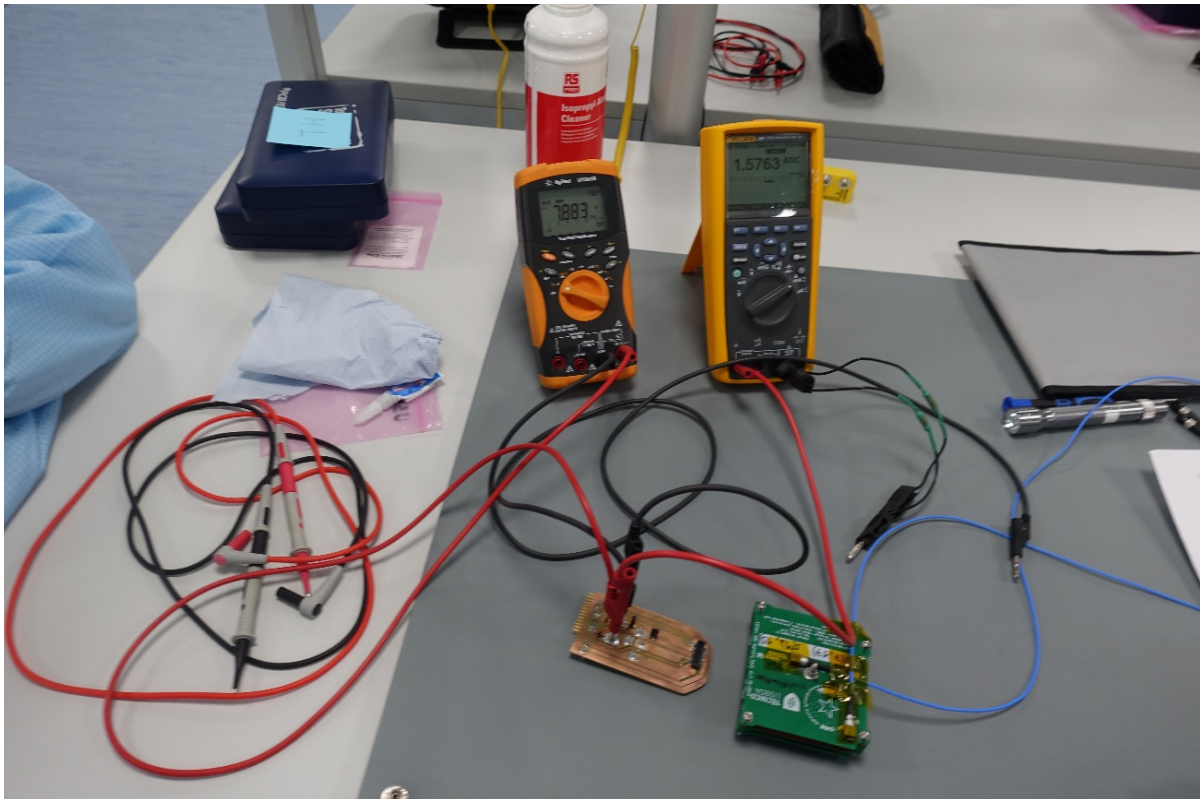
Após os ensaios de vibração, seguiram-se os ensaios de vácuo e temperatura. As células foram fisicamente condicionadas submetidas com uma compressão entre placas tal como seriam na própria bateria. A pressão de vácuo atingida foi de 10^{-6} mBar e, com esta pressão, foi efetuado um ensaio com a duração de uma hora com temperatura constante a $+40^{\circ}\text{C}$ seguido de uma hora a uma temperatura constante de 0°C .

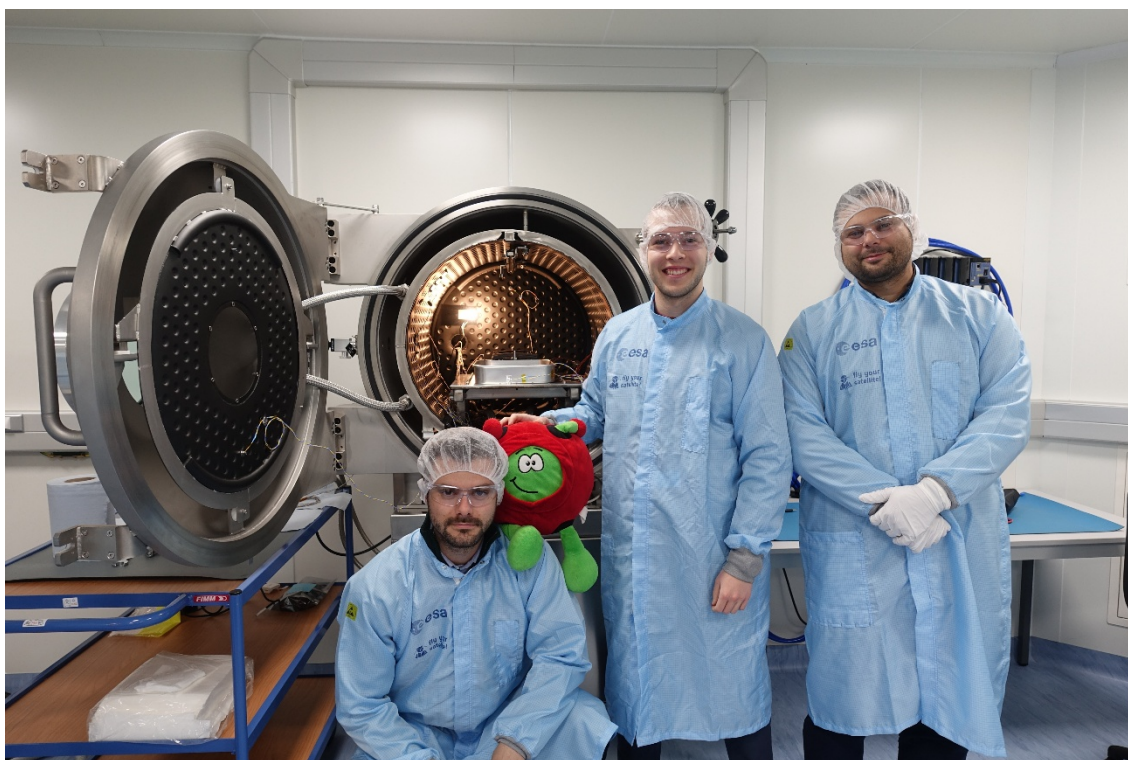


Após nova inspeção física e elétrica (Tensão em vazio e Resistência interna a 100% de carga), verificou-se que nenhuma das células sofreu qualquer tipo de alteração.

Isto foi depois confirmado com nova caracterização a todas as células nas instalações do IST Taguspark. Todas as células estão aptas para voar, e portanto a primeira fase de testes foi um sucesso!

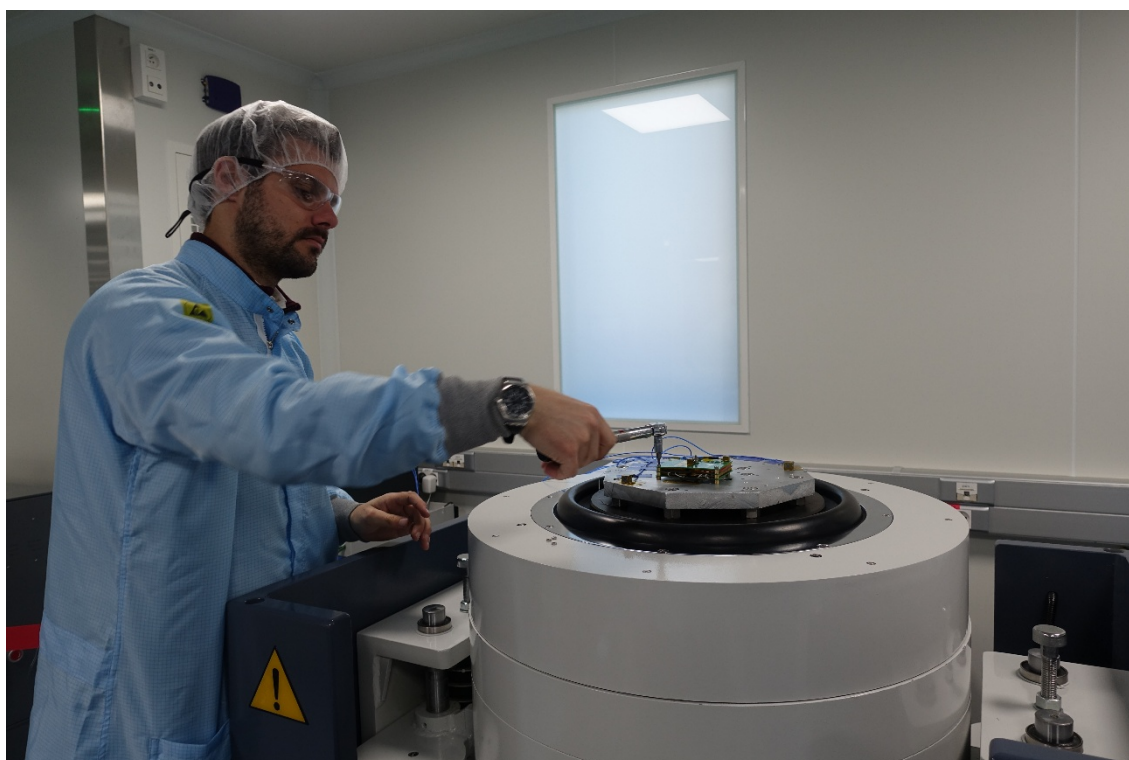
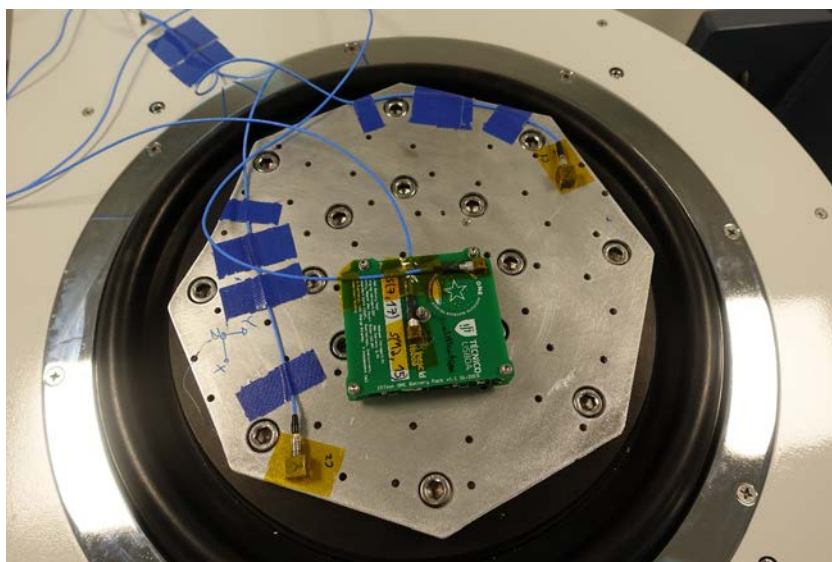
Nesta primeira visita às instalações da ESA foram os alunos João Paulo Monteiro, Luís Ferreira e Nuno Ramos.





A segunda fase da campanha de ensaios das baterias é chamada a fase de qualificação, aqui a bateria é caracterizado eletricamente tal como foi ao nível de células, mas nesta fase são acrescentados ainda os testes de esforço e validação dos circuitos de proteção da bateria. Os testes de esforço consistem em efetuar sobre descarga da bateria até ao corte total de energia, sobre carga ou sobretensão, teste

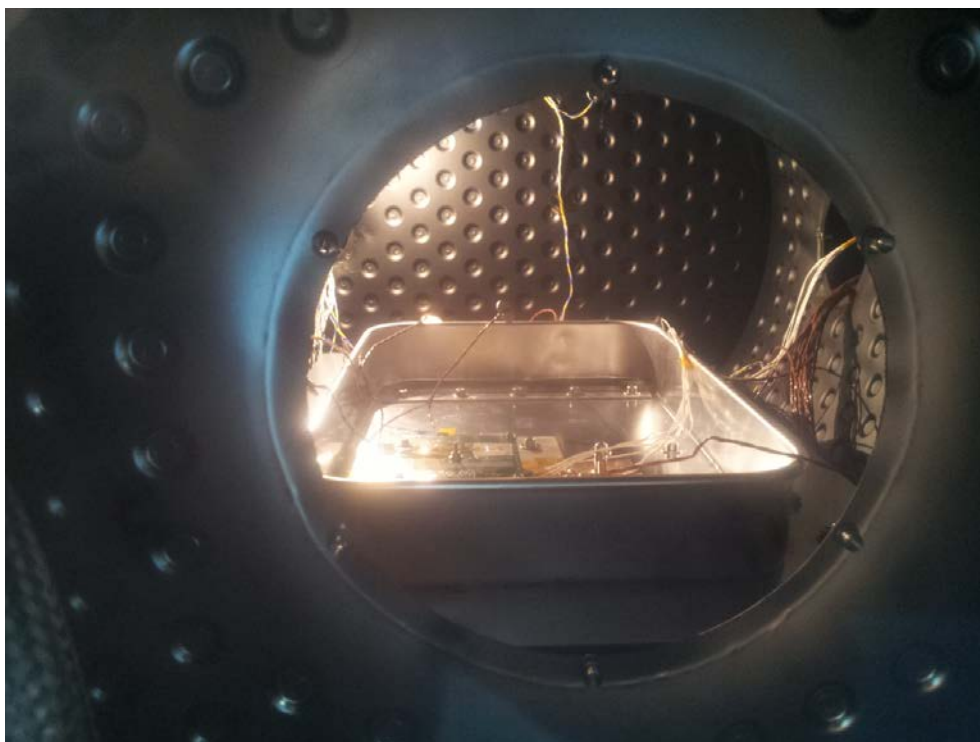
de descarga a 1C @ 20°C e ainda teste de curto-circuito. Com estes testes ficaram validados os circuitos de proteção da bateria, e como não houve alteração significativa de desempenho validou-se que as baterias aguentam condições extremas de operação. Tal como sucedeu nos ensaios ao nível de célula, agora ao nível da bateria os testes de vibração, vácuo e térmicos foram efetuados na ESA. A bateria foi submetida a vibração nos três eixos, confirmando sempre que entre cada teste as características elétricas se mantinham (Tensão em Vazio e resistência interna @ 100% SOC – State of Charge). Sendo esta a fase de qualificação da bateria, esta também foi submetida a nível físico, sendo que desta vez a vibração atingiu uma intensidade de 20 G com uma frequência aleatória de 0 Hz até 2kHz durante 5 minutos, muito para além das piores condições esperadas.



Após os ensaios de vibração seguiram-se os ensaios térmicos e de vácuo. Aqui também os valores foram mais extremos atingindo uma pressão de vácuo de 10^{-7} mBar. Juntamente com o vácuo

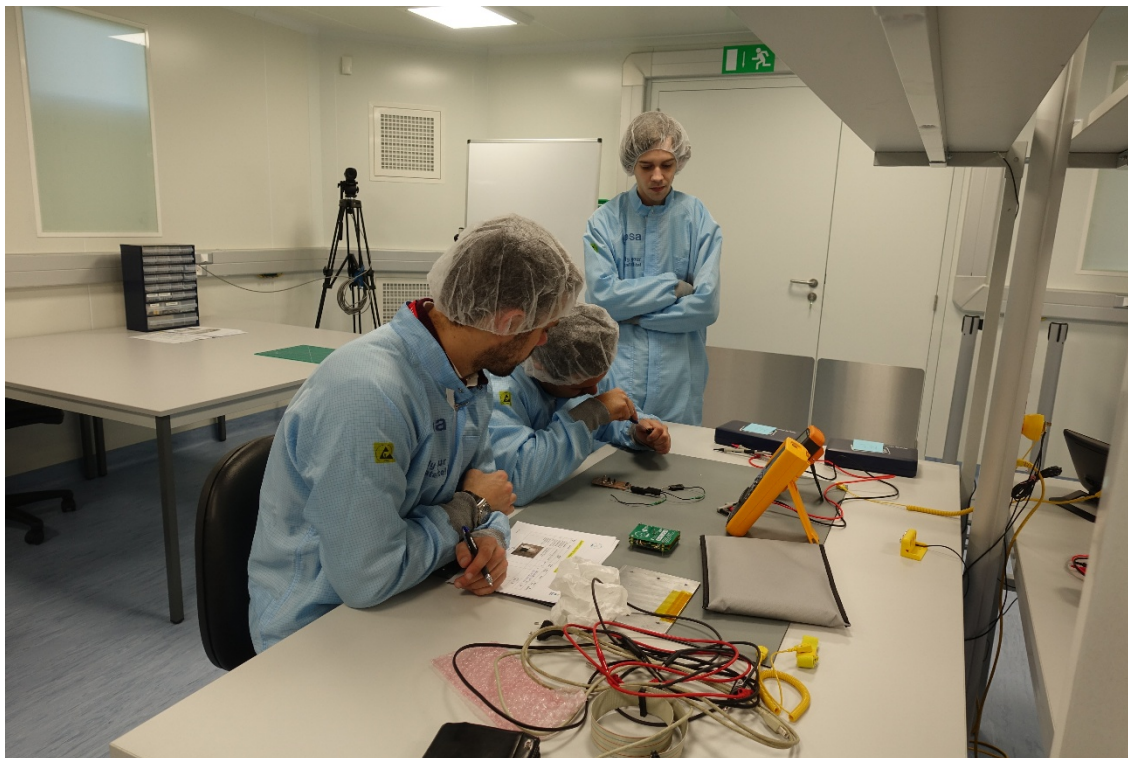
efetuaram-se perfis térmicos ao mesmo tempo que fizeram ciclos de carga e descarga da bateria. Começou-se por subir a temperatura até +60°C onde se fez um tempo de espera de duas horas seguido de um ciclo de descarga até aproximadamente 70% DoD a 0,5C. De seguida baixou-se a temperatura para +45°C e iniciou-se o ciclo de carga até aproximadamente 95% com 0,3C. Após um ciclo completo de carga e descarga não houve tempo no mesmo dia para completar os testes, no entanto a bateria permaneceu sob vácuo até ao dia seguinte com uma temperatura constante de 20°C. No dia seguinte baixou-se a temperatura até -20°C e permaneceu durante duas horas estacionária. De seguida iniciou-se o processo de descarga a 0,5 C, mas foi logo abortado por se ter verificado que a bateria estava em sobre esforço tendo sido medido uma queda de tensão muito acima do esperado, bem como o ritmo de decaimento de tensão. Efetuaram-se medidas de tensão de circuito aberto e de resistência interna e logo se percebeu que as células tinham atingido o limite físico a nível de temperatura, tendo obtido uma resistência interna de 2 Ω (max. esperado 200 m Ω). Decidiu-se então fazer um desvio de protocolo subir a temperatura para -5°C e efetuar o ciclo de descarga a -5°C, onde os resultados foram os esperados significando que a célula tinha recuperado bem as suas características electro-químicas. Para finalizar os testes de ambiente condicionado seguiu-se o ciclo de carga a 0°C onde também os resultados foram os esperados.

Para finalizar a esta segunda fase a bateria voltou a ser caracterizado (no IST), e os valores foram comparados com a caracterização feita antes dos testes de qualificação. A conclusão que se pode retirar desta segunda fase de qualificação é que as baterias apesar de terem sido esforçadas a nível físico e elétrico, são seguras e não representam nenhum perigo enquanto armazenadas ou em operação mesmo nas condições mais adversas. Contudo, para temperaturas extremas, sobretudo para temperaturas negativas o desempenho da bateria (química de LiPo) é gravemente afetada e por isso a bateria foi concebida com um aquecedor entre células a ser usado no espaço.



Medição da resistência interna da bateria @ 95% SoC.

Nesta segunda visita à ESA estiveram presentes os alunos João Paulo Monteiro, Afonso Muralha e Nuno Ramos.



Este relatório resumido foi elaborado por Nuno Ramos, mestre em Engenharia Eletrónica pelo IST em 12 de Março de 2019.