



TÉCNICO
LISBOA

Campus Tecnológico e Nuclear

Laboratório de Aceleradores e Tecnologias da Radiação
(LATR)

Van de Graaff

MANUAL DE OPERAÇÃO

Norberto José Sobral Catarino

Versão 3.6 (rev.3 RCS)

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Descrição geral | 1 |
| 2. Verificações iniciais | 7 |
| 2.1 Verificações na sala de controlo | 7 |
| 2.1.1. Cabos de polarização dos detectores | 7 |
| 2.1.2. Amplificadores | 7 |
| 2.1.3. Ligação dos amplificadores às ADC's | 8 |
| 2.1.4. Integrador de Corrente | 8 |
| 2.2. Verificações na sala do acelerador | 9 |
| 2.2.2. Cabos dos detectores e pré-amplificadores | 9 |
| 2.2.3. Cabo de medição de corrente | 9 |
| 2.2.4. Pressão no tanque do acelerador | 9 |
| 3. Controlo do Acelerador | 10 |
| 3.1. Antes de ligar o acelerador | 10 |
| 3.2. Ligar o acelerador | 10 |
| 3.3. Arranque da fonte | 11 |
| 3.4. Seleção da Energia no magneto 25° | 12 |
| 3.5. Fluxograma para o arranque do acelerador | 14 |
| 3.6. Mudar a energia do feixe do acelerador | 15 |
| 3.7. Desligar o acelerador | 17 |
| 4. Linha de RBS/C..... | 18 |
| 4.1 Câmara Pequena | 18 |
| 4.1.1. Retirar uma amostra da Câmara pequena..... | 19 |
| 4.1.2. Colocar uma amostra na Câmara pequena | 19 |
| 4.1.3. Colocar uma amostra no Goniómetro de RBS | 20 |
| 4.1.4. Colocar uma amostra no Goniómetro de channelling | 22 |
| 4.2 Câmara Universal | 23 |
| 4.2.1. Retirar uma amostra da Câmara Universal | 24 |
| 4.2.1. Colocar uma amostra na Câmara Universal | 25 |
| 5. Linha de PIXE | 26 |
| 5.1 Câmara do JET | 26 |
| 5.1.1. Retirar uma amostra da Câmara do JET..... | 27 |
| 5.1.2. Colocar uma amostra na Câmara do JET | 28 |
| 6. Calibração em Energia | 29 |
| 7. Considerações de segurança | 29 |
| 7. Perguntas Frequentes (FAQ) | 30 |

Aviso

Não é permitido a presença de pessoas na zona demarcada de radiação na sala do acelerador enquanto este estiver em funcionamento

1. Descrição geral

O acelerador Van de Graaff está instalado no laboratório de feixes de iões (LATR) no CTN. Trata-se de um Modelo AN-2500 Type-A, fabricado pela *High Voltage Engineering Europe*. É um acelerador electrostático horizontal, com capacidade para atingir tensões no terminal da ordem dos 2,5 MV. O acelerador encontra-se dentro de um cilindro metálico (denominado de tanque) que é pressurizado com uma mistura de dois gases em igual proporção, o hexafluoreto de enxofre (SF_6) e o azoto (N_2), cuja função é de isolamento eléctrico (evitar descargas entre o terminal e o tanque). Com este acelerador podem ser produzidos feixes de iões positivos de Hélio (He^+) e Hidrogénio (H^+) com energias até 2,5 MeV e corrente de alguns microampères.

Em aplicações de Física Nuclear as linhas e câmaras encontram-se normalmente a pressões muito inferiores à pressão atmosférica, para evitar a dispersão do feixe de iões e a neutralização de partículas por colisões com moléculas do ar residual. Estas pressões são normalmente da ordem de ou inferiores a 2×10^{-6} mbar¹ (será usada a unidade mbar, uma vez que os aparelhos de medida usam esta unidade). Reduzindo a pressão reduzimos significativamente a dispersão dos iões aumentando assim o percurso médio do feixe. A pressão medida no tubo acelerador aquando da aceleração do feixe é da ordem de 10^{-6} mbar.

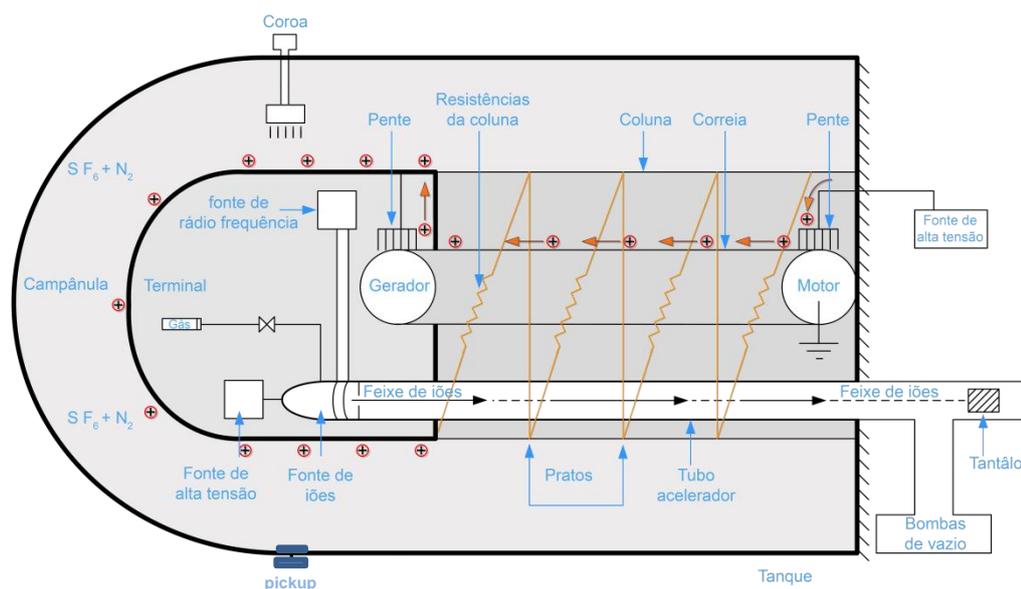


Figura 1 – esquema simplificado do acelerador Van de Graaff.

Na Figura 1 encontram-se esquematizados alguns dos componentes que constituem um acelerador Van de Graaff. Entre eles é necessário referir a importância da coluna que tem como função manter a estabilidade eléctrica e mecânica do terminal, estabelecendo um campo eléctrico

¹ A estas pressões os livres percursos médios são muito maiores que os comprimentos das linhas de transporte do feixe.

estável e uniforme para aceleração dos iões e envolver o tubo acelerador de vidro, que é mantido em vácuo.

A fonte de alta tensão, também designada por fonte de carga da correia, tem como função extrair cargas da superfície da correia. A fonte de alta tensão está colocada ao potencial de referência, as cargas são extraídas da correia e recolhidas no terminal por meio de pentes metálicos. O transporte das cargas permite obter no terminal uma tensão positiva da ordem de alguns MV, muito superior à tensão da fonte que é da ordem de alguns kV. Por sua vez, o movimento da correia vai accionar o gerador eléctrico que tem como função alimentar a electrónica localizada no terminal (gerador AC, 120 V, 400 Hz).

A diferença de potencial, que se estabelece do terminal para a terra permite criar e manter o campo que é usado posteriormente para acelerar os iões produzidos numa fonte de iões colocada no terminal. Esta diferença de potencial deve manter-se constante, dependendo dos parâmetros de controlo da máquina, e é distribuída de forma uniforme do terminal para a terra. Isto consegue-se através de uma cadeia resistiva que interliga eléctrodos regularmente distribuídos ao longo da coluna e assim forma um divisor resistivo no interior da coluna. A Figura 1 mostra a constituição do acelerador.

A tensão do terminal depende do equilíbrio de cargas de acordo com a lei de conservação da carga. Uma das formas de controlar esta tensão é a partir das correntes de fuga para o potencial da terra. Considerando este último, a corrente crítica é a que se estabelece através do circuito de controlo que se denomina de coroa. A coroa é constituída por um braço móvel com uma extremidade voltada para o terminal, na qual estão colocadas pequenas agulhas. A corrente de coroa depende da distância entre a coroa e o terminal. É possível realizar um movimento de aproximação (“*corona in*”) ou de afastamento (“*corona out*”) da coroa através de um motor localizado no exterior do tanque. Com isto consegue-se regular a corrente de coroa, isto é, a corrente de fugas entre o terminal e a terra.

Variando o afastamento entre a coroa e o terminal, consegue-se controlar a tensão no terminal. A corrente de coroa é utilizada também para estabilização da tensão do terminal por meio de um circuito electrónico capaz de compensar as pequenas flutuações de tensão que o afectam.

A fonte de iões está colocada dentro do terminal, bem como todos os outros componentes de controlo.

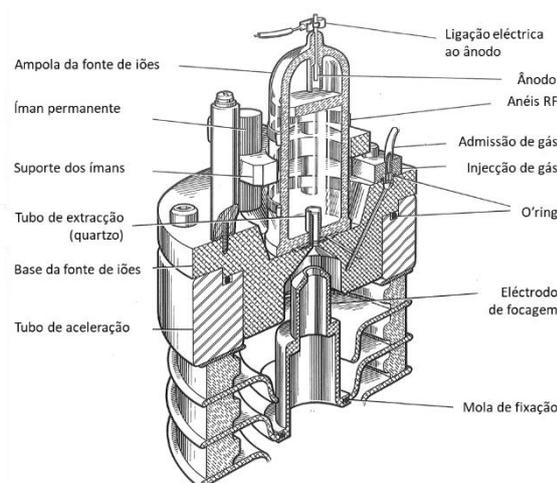


Figura 2 – corte esquemático da fonte de iões.

Para acender a fonte de iões (*i.e.* produzir um plasma) é necessário injectarmos gás no seu interior, o que provoca um aumento do valor obtido na leitura da pressão, uma vez que parte desse gás entra no tubo acelerador. Para manter a fonte acesa e o feixe estável, a leitura de

pressão (vácuo) deve situar-se entre 4×10^{-6} mbar e 10^{-5} mbar. A ionização do gás na fonte de iões é realizada com auxílio de uma antena de rádio frequência que funciona a 100 MHz, com uma potência de 60 W. Os iões que se podem obter da fonte de iões obtêm-se de outros tantos gases que se encontram em quatro garrafas, cada uma contendo o gás com o elemento que pretendemos. O gás é injectado por acção de válvulas termomecânicas, de modo a criar o plasma na fonte de iões junto a qual irá ficar confinado.

Uma vez acendida a fonte – *i.e.* uma vez criado o plasma dentro da fonte, – os iões são extraídos por intermédio da aplicação de um campo eléctrico que é criado por uma diferença de potencial entre os extremos da fonte (terminal do ânodo e saída da fonte) de aproximadamente 2 kV.

Depois de acelerados – depois de abandonarem o tubo acelerador – os iões do feixe passam por um colimador circular com um diâmetro de aproximadamente 3 cm, a Íris, electricamente isolado do acelerador. Um amperímetro ligado ao colimador permite estimar qualitativamente a dispersão do feixe, considerando-se o feixe focado quando a corrente da Íris é aproximadamente zero.

Após passar pelo colimador circular, o feixe de iões pode ser interceptado num anteparo colocado no seu caminho, denominado Tântalo (devido ao material de que é feito²). O Tântalo está ligado a um amperímetro que permite medir a corrente do feixe de iões quando o intersecta. Este anteparo tem a forma de uma cunha que numa das faces tem embutido um disco de vidro (ou quartzo) permitindo a observação ou inspecção visual da distribuição lateral do feixe quando o intersecta (pela luz emitida em consequência do impacto dos iões do feixe no material).

A leitura da corrente no Tântalo permite ao utilizador saber se o feixe está realmente focado. Quando se varia a focagem, a leitura da corrente no Tântalo varia. O utilizador sabe que o feixe está focado quando a corrente medida no Tântalo é máxima, uma vez que este está a jusante da Íris.

A figura 3 mostra uma representação esquemática do acelerador Van de Graaff instalado no CTN, que é utilizado para a realização de medidas de RBS, RBS/C, PIXE, NRA, ERDA.

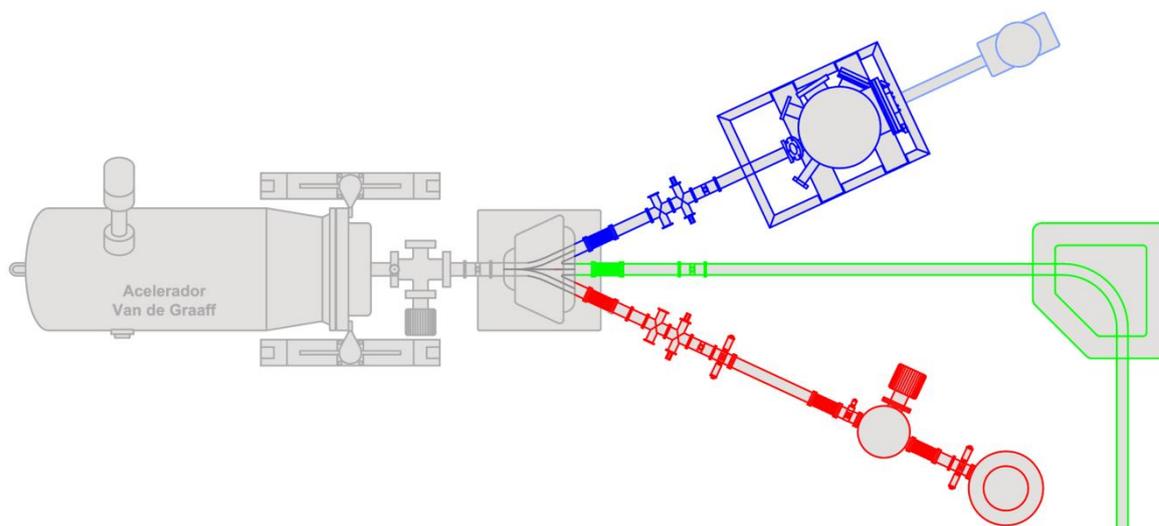


Figura 3 – representação esquemática das diferentes linhas de feixe associadas ao acelerador Van de Graaff. A vermelho está representada a linha de RBS, a verde a linha de microsonda e a azul a linha de JET/PIXE.

O feixe gerado no acelerador pode ser direccionado para uma de três linhas de transporte – linhas designadas por RBS, JET/PIXE e microsonda, – através da deflexão magnética no campo de um electromagneto aproximadamente a 1 m a jusante da saída do acelerador, ajustando

² É um material bom condutor e resistente ao aquecimento dado o seu ponto de fusão de 3290 °C e condutividade térmica semelhante aos aços usados como materiais estruturais.

a intensidade e direcção do campo magnético, medido por uma sonda de efeito Hall (*Hall Effect probe*).

Este electromagneto é designado por magneto analisador, porque – para além da agulhagem do feixe para a linha seleccionada – permite também a determinação da energia dos iões do feixe através da medição do campo magnético aplicado e da consideração das condições geométricas de deflexão.

Em cada linha existe pelo menos um Tântalo com as funções do que foi atrás referido.

O controlo do acelerador Van de Graaff e do transporte do feixe é realizado a partir da sala de comando, através de duas consolas (Figura 4 e 5). A primeira é constituída por quatro painéis, sendo eles: controlo do gerador Van de Graaff, estabilizador, controlo da fonte de iões e controlo da fonte de corrente do magneto analisador. A segunda consola é essencialmente de leitura, mais especificamente, leitura do campo magnético analisador, leitura do vácuo no tubo e leitura da corrente do feixe nos Tântalos ou na amostra.

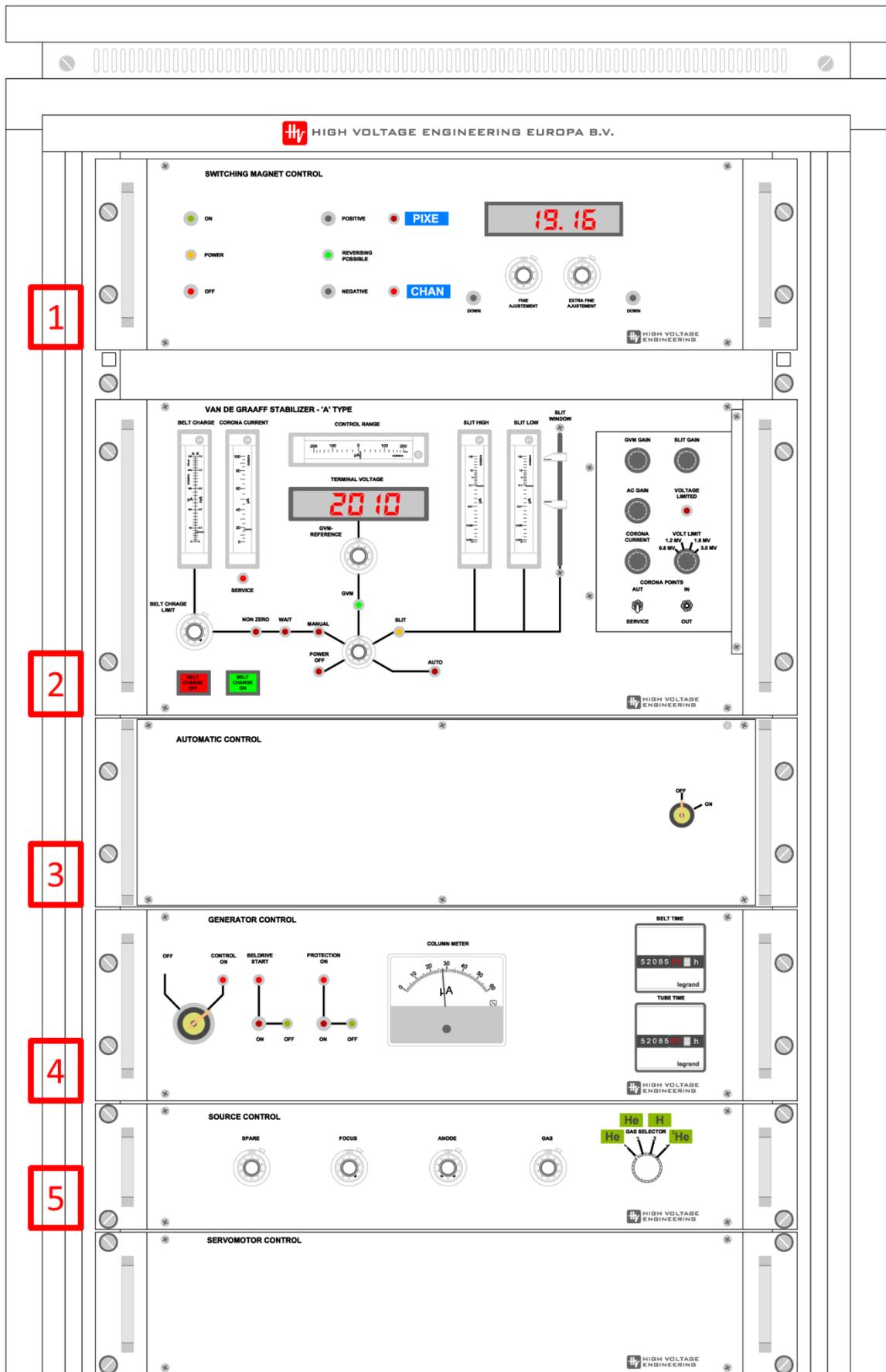


Figura 4 – consola de comandos do acelerador

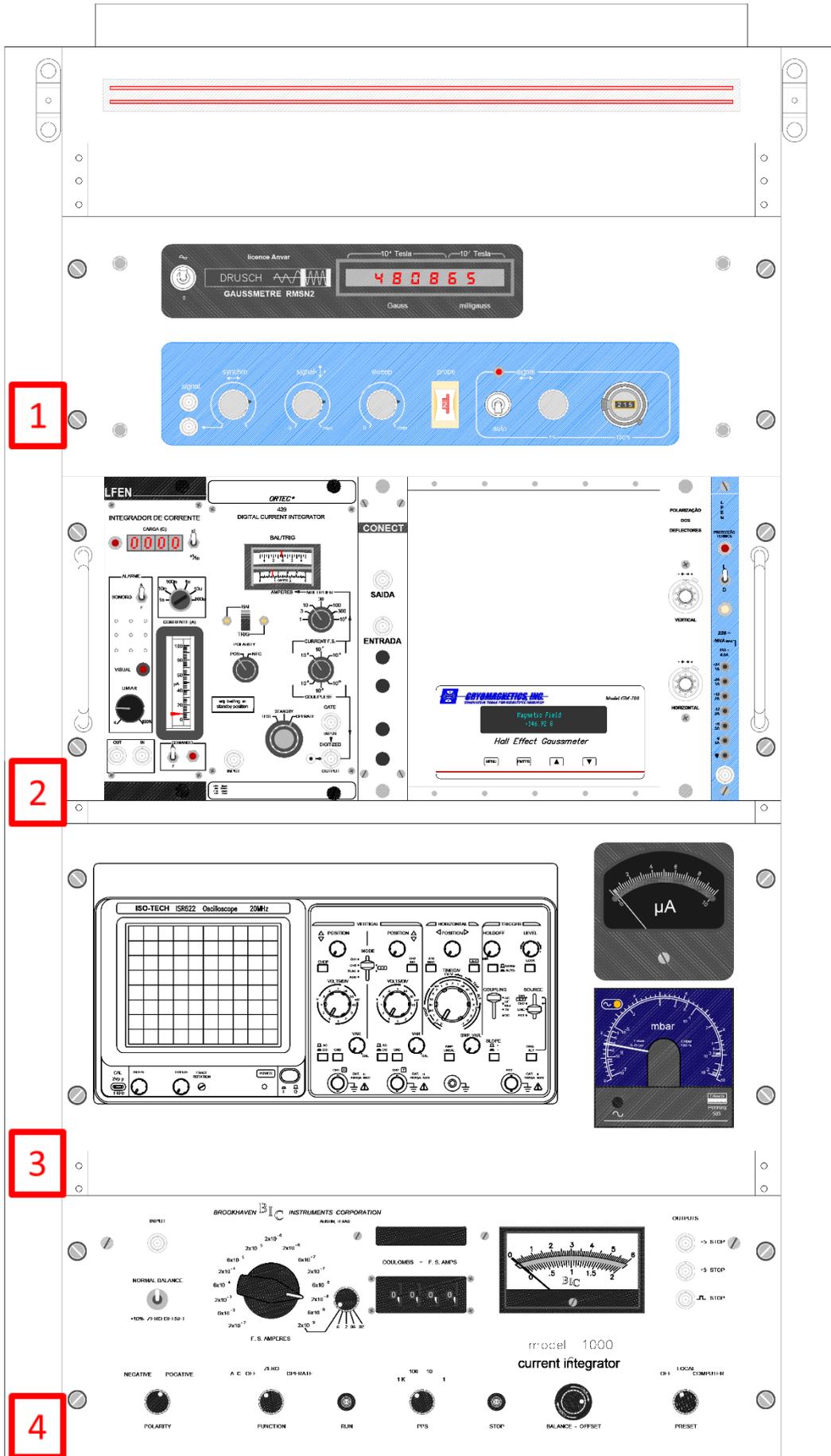


Figura 5 – consola de instrumentos de medição do acelerador

2. Verificações iniciais

2.1 Verificações na sala de controlo

2.1.1. Cabos de polarização dos detectores

- Verificar que as ligações dos cabos que ligam as fontes de tensão ao painel de cabos estão correctas (regra geral, pode-se saltar este passo, só em casos excepcionais é que há alterações nos cabos)
- Verificar a tensão aplicada aos detectores. A tensão está indicada junto às fontes de tensão que os alimentam.
- Aquando da abertura da câmara a tensão deve ser colocada a 0.

2.1.2. Amplificadores

- Verificar que as ligações dos cabos que ligam os amplificadores ao painel de cabos estão correctas (regra geral, pode-se saltar este passo, só em casos excepcionais é que há alterações nos cabos)
- Deve-se registar os valores dos ganhos dos amplificadores (sempre que haja alterações dos mesmos).

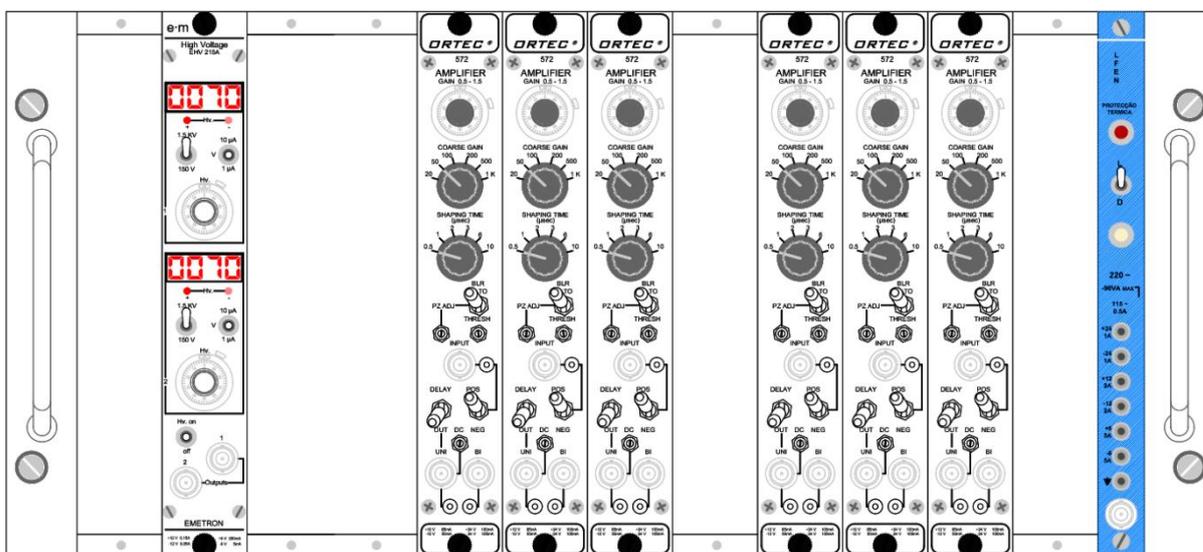


Figura 6 – grupo de amplificadores da linha de RBS.

Exemplo de valores típicos dos ganhos discreto×contínuo e tempos de enformação usados na caracterização de materiais por RBS utilizando iões de ^4He com 2MeV.

det -165: amplificador 1 (200× 8,00; 0,5 μs)

det -140: amplificador 2 (200× 6,00; 0,5 μs)

det +165: amplificador 3 (200×10,00; 0,5 μs)

2.1.3. Ligação dos amplificadores às ADC's

Os amplificadores e as entradas para as ADC's estão identificadas; verificar se os cabos que ligam os amplificadores ao painel de ADC's estão correctamente ligados (regra geral, pode-se saltar este passo, só em caso da utilização da outra câmara, universal ou JET, é que há alterações nestas ligações).

2.1.4. Integrador de carga³

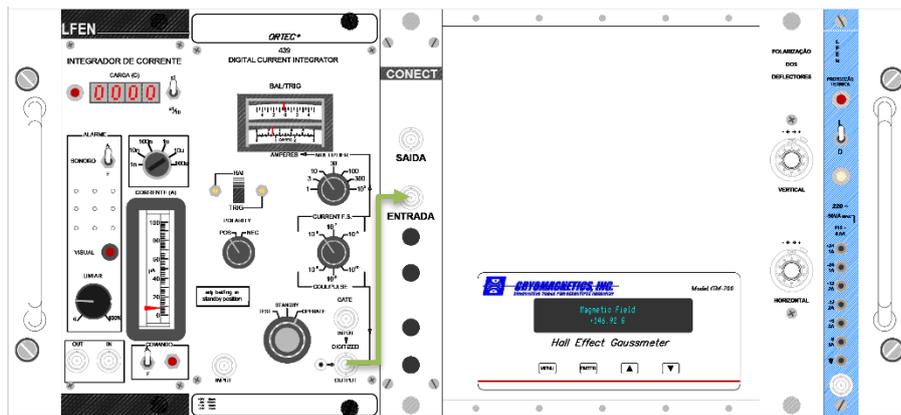


Figura 7 – esquema de ligação do integrador de corrente para a câmara pequena.

- Verificar se o cabo que vem da sala está ligado ao integrador de carga:
ORTEC 439 DCI – para utilização das câmaras: pequena, JET ou PIXE
BIC 1000C DCI – para utilização da câmara universal.

O esquema da figura 7 exemplifica a ligação a usar no caso de utilização do integrador da ORTEC 439.

³ N.B.: frequentemente (mas erradamente) também conhecido por integrador de corrente. Por exemplo a descrição do módulo electrónico ORTEC mod. 439 Digital Current Integrator mostra que se trata de um “Digital Current meter and charge Integrator” (efectivamente um digitalizador de corrente e integrador de carga). O mesmo se passa com a descrição do fabricante do módulo electrónico BIC mod. 1000C.

2.2. Verificações na sala do acelerador

2.2.1. Estado dos detectores

Se tiver dúvidas quanto ao estado operacional dos detectores poderá fazer uma primeira avaliação – sem necessidade de remoção ou manipulação dos mesmos – recordando-se que se trata de díodos semicondutores de Si, devendo apresentar o comportamento característico (estas instruções encontram-se também afixadas na parede fronteira à câmara universal da linha RBS). Usando a função de verificação de díodos (*diode test*) de um multímetro⁴ e com o detector desligado de qualquer circuito verifique se:

a) detector em boas condições:

0,5 V a 0,8 V em polarização directa (*forward bias*)

0L em polarização inversa (*reverse bias*)

b) detector avariado ou em más condições:

0 V a 0,4 V em ambas as direcções se em curto-circuito

0L em ambas as direcções se em aberto (interrompido)

2.2.2. Cabos dos detectores e pré-amplificadores

Não deve ser necessário fazer qualquer alteração nestas ligações, estas só são modificadas aquando da mudança de detectores ou da electrónica associada.

Se for necessário verificar, as entradas e saídas estão identificadas.

2.2.3. Cabo de medição de corrente

Deve ser colocado depois de cada abertura da câmara, o cabo é ligado na parte superior dos goniómetros, na ficha BNC de painel correspondente.

Deve ser retirado antes de cada abertura da câmara, o cabo é ligado na parte superior dos goniómetros, na ficha BNC de painel correspondente.

ATENÇÃO: antes de ligar ou desligar o cabo de medição de corrente deve sempre certificar-se que o comutador de operação do ORTEC 439 está em “*Stanby*” ou “*Off*”.

ATENÇÃO: a não observação desta precaução pode danificar o instrumento.⁵

2.2.4. Pressão no tanque do acelerador

Deve-se verificar a pressão no tanque do acelerador: pode ler-se no manómetro instalado na lateral do tanque do acelerador e deve apresentar um valor no intervalo [8-10] kgf/cm².

Se diminuiu desde a última utilização o acelerador não deve ser ligado e deverá comunicar o facto ao técnico responsável ou a um membro do *staff* (um investigador do LATR).

⁴ Desde que equipado com esta função. Caso o multímetro não a tenha use o modo de medição de resistência.

⁵ Por exemplo efectuar ou desfazer ligações com o comutador de operação em “*Operate*”.

3. Controlo do Acelerador

3.1. Antes de ligar o acelerador

Antes de iniciar, verificar que todas as pessoas saíram da sala ou pavilhão do acelerador.

A zona interdita está bem demarcada.

3.2. Ligar o acelerador

Rode a chave para a posição **CONTROL ON** (painel 4, “GENERATOR CONTROL”, Fig. 4):
LED vermelho acende

Observar junto à máquina se a válvula do tubo acelerador está realmente aberta e se o Tântalo, está inserido na posição de intercepção e leitura do feixe.

ATENÇÃO: O acelerador não deve ser ligado se o vácuo no tubo for muito alto, *i.e.* se a pressão indicada $>10^{-5}$ mbar, ou se o fluxo de água for insuficiente.

3.2.1. Premir **BELT START ON** (painel 4, Fig. 4): LED vermelho acende

3.2.2. Rode o comutador de modo para **MANUAL** (painel 2, Fig. 4)

- a luz **WAIT** acende

- botão **BELT CHARGE OFF** iluminado (vermelho, painel 2, Fig. 4)

3.2.3. Após ~30 segundos a luz **WAIT** apaga: premir **BELT CHARGE ON**

- botão **BELT CHARGE OFF** apagado

- botão **BELT CHARGE ON** iluminado (verde, painel 2, Fig. 4)

NOTA: mesmo com o controlo do **BELT CHARGE LIMIT** a zero, haverá leitura de tensão, causada pelo carregamento natural da correia em movimento.

Esta tensão, tem um valor negativo, visível no monitor **CONTROL RANGE**.

3.2.4. Actuar no **BELT CHARGE LIMIT** lentamente no sentido horário até a tensão no terminal ser a pretendida, esta é visível no mostrador digital (DVM – Digital Volt Meter) no painel da unidade estabilizadora.

ATENÇÃO: não permita que em **CONTROL RANGE** se ultrapasse 100 μA do lado positivo (lado direito).

- evite variações bruscas da tensão no terminal

- aumente o **BELT CHARGE LIMIT** até ao valor necessário

- mantenha a corrente na coroa $< 20 \mu\text{A}$, afastando-a (“*corona out*”).

3.2.5. Quando a tensão no terminal estiver no valor pretendido, a corrente na coroa $\sim 20 \mu\text{A}$ e o mostrador **CONTROL RANGE** ~ 0 , rode o comutador de modo para **GVM** (painel 2, Fig. 4).

NOTA: tendo-se agora corrente na coroa, insere-se ou afasta-se a coroa (“*corona in*” ou “*corona out*”) até a leitura em **CORONA CURRENT** ser $\pm 20 \mu\text{A}$, usando o **BELT CHARGE LIMIT** de modo a compensar a corrente removida pela coroa. O valor lido em **CONTROL RANGE** deve ser zero tendendo ligeiramente para positivo.

O acelerador está agora a operar no modo **GVM stabilization**.

3.3. Arranque da fonte de iões

- 3.3.1. Aumente o **BELT CHARGE LIMIT** ligeiramente, de modo a dar alguma margem de corrente aquando de arranque da fonte.
O aumento pode ser controlado através do mostrador do **CONTROL RANGE**.
- 3.3.2. Verifique a pressão no tubo do acelerador (recomenda-se que o valor deste seja inferior a 10^{-5} mbar).
- 3.3.3. Verifique se o Tântalo, está inserido na posição de intercepção e leitura do feixe, e com a face da cunha em tântalo virada para o feixe.
- 3.3.4. Seleccione a garrafa de gás pretendida 1-2-3-4, e.g. He, H, ^3He , ou H^6 por meio do comutador **GAS SELECTOR** (painel 5, Fig. 4).
- 3.3.5. Regulador **ANODE** entre ~5 e 8.
- 3.3.6. Regulador **GAS**: aumente, rodando o potenciómetro no sentido horário até acender a fonte:
- observe o aumento da corrente no Tântalo à saída do acelerador, no medidor instalado (painel 2, Fig. 5);
 - observe o aumento da corrente na Íris, no medidor instalado (painel 3, Fig. 5);
 - Não permita que a pressão no tubo, indicada no medidor (painel 3, Fig. 5), exceda 10^{-4} mbar, se tal acontecer o acelerador desliga-se, como medida de segurança.
- 3.3.7. Após o arranque da fonte, reduza o regulador **GAS** até o vácuo no tubo ser de aproximadamente 2 pontos acima da pressão de base (painel 3, Fig. 5).
- 3.3.8. Regulador **ANODE**: reduza ou regule para um valor de referência, ou o suficiente de modo a minimizar a corrente na Íris.
- 3.3.9. Regulador **FOCUS**: regule, se possível, para um valor de referência; se não for conhecido regule para o meio da escala (painel 5, Fig. 4).

N.B.: em todos os casos de regulação descritos em 3.3.5 a 3.3.9 consulte o último registo para o *setting* correspondente no *logbook*, para as mesmas condições de trabalho (ou para condições tecnicamente semelhantes), ajuste e registe o novo valor no *logbook*.

⁶ A ausência de número de massa indica o isótopo comum: He \equiv ^4He ; H \equiv ^1H .

3.4. Estabelecimento da energia do feixe: o magnete 25°

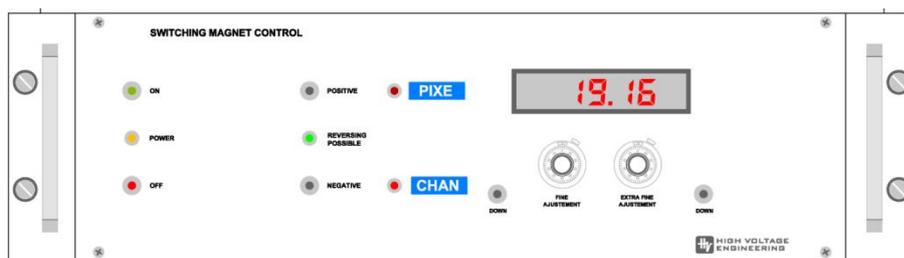


Figura 8 – consola de controlo do magnete 25°

Na fonte de corrente do electromagneto agulheiro – SWITCHING MAGNET CONTROL (painel 1, Fig. 4) – proceda como descrito:

- 3.4.1. Premir o botão **ON** para ligar a fonte de corrente: o LED (“power”) laranja acende
Note: LED “reversing possible” apagado.
- 3.4.2. Escolha a linha pretendida⁷ premindo o botão “positive” para JET/PIXE (etiqueta PIXE no painel), ou “negative” para RBS-*Channelling* (etiqueta CHAN no painel): o LED respectivo acende, mantendo-se o LED “reversing possible” apagado.
- 3.4.2. Observe a leitura no magnetómetro Cryomagnetics mod. GM-700 (painel 2, Fig. 5).
Esta permite acompanhar e controlar o estabelecimento do campo magnético pretendido: o valor inicial deve ser ~0 ou pequeno (~ 100 mG⁸).
- 3.4.3. Aumente a corrente usando o botão de pressão **UP** até um valor próximo do campo pretendido, e use os reguladores potenciométricos **FINE** e **EXTRA FINE ADJUSTMENT** até obter o valor de referência para a energia e ião pretendidos.
Acompanhe e regule o estabelecimento do campo magnético pretendido para as condições de trabalho pela observação da leitura no magnetómetro.
- 3.4.4. Verificar o vácuo na linha pretendida. Se o valor da pressão estiver perto do do vácuo no tubo do acelerador, pode abrir a válvula para a linha.
- 3.4.5. Desvie o Tântalo do feixe, à saída do acelerador, puxando-o para baixo e rodando para fixar a posição⁹ Verifique que o Tântalo da linha seleccionada está inserido, inserindo-o se necessário.

Nestas condições:

- dever-se-á obter uma leitura não nula de corrente nas **SLITS** (os eléctrodos de estabilização): o valor medido em ambas – legível nos indicadores SLIT LOW e SLIT HIGH (painel 2, Fig. 4) deverá ser semelhante e de cerca de $\pm 0.1 \mu\text{A}$.
 - dever-se-á (com o Tântalo da linha inserido) obter uma leitura de corrente não nula, significativa, no indicador do painel (painel 2, da Fig. 5).
- 3.4.6. Rode o comutador de modo para a posição **SLIT**.

O acelerador está agora a operar no modo SLIT stabilization.

⁷ Se a linha pretendida for a da microssonda este campo é residual – apenas o necessário para garantir uma condição de campo nulo na região de passagem do feixe pelo entreferro do electromagneto de 25° - e será usado o electromagneto de 90° e magnetómetro de NMR Drusch GmbH mod. NMR2 (painel 1, Fig. 5).

⁸ 10 μT .

⁹ Se a posição não for fixada a força devida à diferença de pressão entre a atmosfera e a linha força a reinserção do Tântalo, interrompendo a passagem do feixe.

ATENÇÃO: em operação os indicadores SLIT HIGH e SLIT LOW deverão apresentar leituras com valores aproximadamente iguais. A estabilização e a estabilidade de funcionamento do acelerador dependem desta condição.

Note: valores mais elevados na SLIT HIGH (SLIT LOW) indicam uma maior fracção de iões do feixe com energias mais elevadas (baixas) do que a desejada, nominal para as condições de transporte ideais pretendidas.

ATENÇÃO: a SLIT HIGH (SLIT LOW) é sempre o eléctrodo colectador localizado do lado exterior (interior) da trajectória geométrica de transporte do feixe. Estes estão ligados a entradas definidas, não intermutáveis, do amplificador (diferencial) do circuito de estabilização (em modo SLIT) do acelerador.

VERIFIQUE sempre OS CABOS.

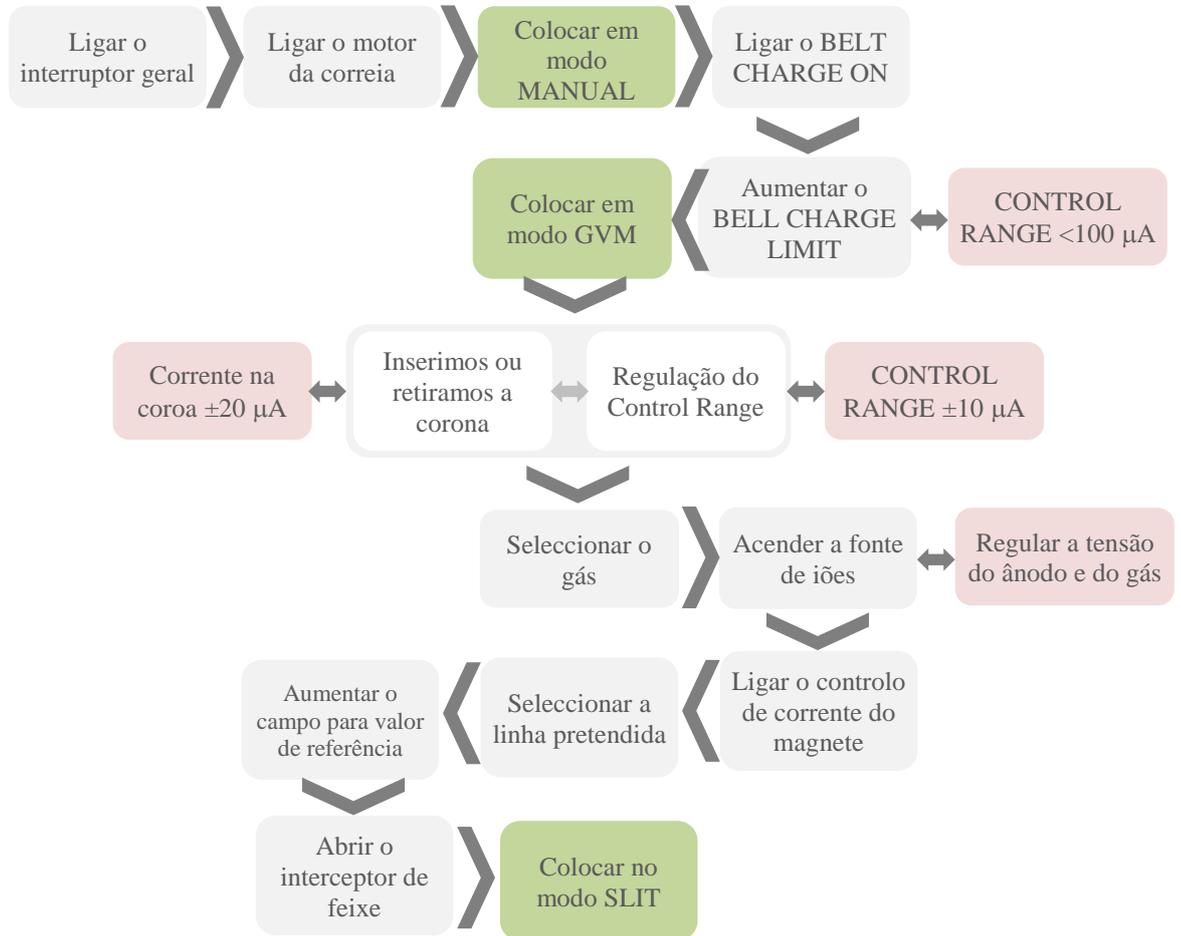
NÃO TROQUE AS LIGAÇÕES¹⁰.

Registrar todos os valores no *logbook*.

¹⁰ Em modo “SLIT” a troca da ordem de ligação destes eléctrodos resulta numa condição de oscilação indesejada, imprópria e inútil para funcionamento e potencialmente divergente que poderá resultar na interrupção abrupta de funcionamento do acelerador ou mesmo em danos no acelerador.

3.5. Fluxograma para o arranque do acelerador

O fluxograma abaixo resume os procedimentos necessários até à focagem do feixe.



3.6. Mudar a energia do feixe

A. modo **manual** – neste modo a acção no terminal, a alteração da tensão do terminal, deve ser acompanhada a par-e-passo pela alteração concomitante do campo magnético deflector, mantendo-se os restantes parâmetros (em particular as correntes nos diferentes circuitos) dentro dos respectivos intervalos de referência.

3.6.1. **Registe todos os valores no logbook.**

3.6.2. Integrador de carga em **STAND BY**¹¹.

3.6.3. Comutador de modo em **GVM**.

3.6.4. Tântalo antes do electromagneto 25° inserido (rodar e deixar subir).

3.6.5. **BELT CHARGE LIMIT** no valor correspondente ao valor mostrado no **TERMINAL VOLTAGE***.

- por exemplo se o **TERMINAL VOLTAGE** mostrar 2000 kV o **BELT CHARGE LIMIT** deverá estar ajustado para 0,20.

3.6.6. Comutador de modo em **MANUAL**.

3.6.7. Actue no **BELT CHARGE LIMIT** lentamente até a tensão no terminal ser a pretendida: esta é visível no indicador **TERMINAL VOLTAGE** (painel 2, Fig. 4).

ATENÇÃO: não permita que o **CONTROL RANGE** exceda 100 μA do lado positivo (lado direito).

- evite variações bruscas da tensão no terminal
- aumente o **BELT CHARGE LIMIT** até ao valor necessário
- mantenha a corrente na coroa < 20 μA , afastando-a (“*corona out*”).

3.6.8. Quando a tensão no terminal atingir o valor pretendido, a corrente na coroa $\sim 20 \mu\text{A}$ e a leitura no **CONTROL RANGE** ~ 0 , rode o comutador de modo para **GVM**.

Nota: insira ou retire a coroa (“*corona in*” ou “*corona out*”) até o valor indicado em **CORONA CURRENT** ser $\sim \pm 20 \mu\text{A}$; compense com **BELT CHARGE LIMIT** de modo a que o valor indicado no **CONTROL RANGE** ~ 0 , tendendo ligeiramente para positivo.

3.6.9. Aumente ou diminua a corrente debitada pela fonte de corrente do electromagneto de 25°, usando os botões de pressão **UP/DOWN** até um valor próximo do campo pretendido; use os reguladores potenciométricos **FINE/EXTRA FINE ADJUSTEMENT** até obter o valor de referência para a energia e ião pretendidos.

Acompanhe e regule o estabelecimento do campo magnético pretendido para as condições de trabalho pela observação da leitura no magnetómetro.

3.6.10. Desvie o Tântalo do feixe, à saída do acelerador, puxando-o para baixo e rodando para fixar a posição. Verifique que o Tântalo da linha seleccionada está inserido, inserindo-o se necessário.

Nestas condições:

- dever-se-á obter uma leitura de corrente não nula nas **SLITS**: o valor medido em ambas – legível nos indicadores **SLIT LOW** e **SLIT HIGH** do painel (painel 2, Fig. 4) deverá ser semelhante e de cerca de $\pm 0.1 \mu\text{A}$.
- dever-se-á (com o Tântalo da linha inserido) obter uma leitura de corrente não nula, significativa, no indicador do painel (painel 2, da Fig. 5).

¹¹ Linhas RBS/*Channelling* e JET/PIXE. Não se aplica à linha da microssonda.

- 3.6.11. Rode o comutador de modo para a posição **SLIT**.
- 3.3.12. Após a mudança de energia é geralmente necessário corrigir os valores de **ANODE** e **FOCUS**. Faça-o, se possível, para um valor de referência, ou de modo a minimizar a corrente na Íris e maximizar a corrente no alvo.
- 3.6.13. **Registe todos os valores no logbook.**

B. modo (semi-)automático – neste modo a acção no campo magnético deflector, a alteração para valores correspondentes ao novo valor de energia pretendido – é, enquanto em funcionamento estabilizado, seguida automaticamente pela alteração da tensão do terminal, devendo manter-se os restantes parâmetros (em particular as correntes nos diferentes circuitos) dentro dos respectivos intervalos de referência, por acção nas competentes regulações.

- 3.6.14. **Registe todos os valores no logbook.**

3.6.15. Mantendo o modo de funcionamento em SLIT, varie gradualmente o campo magnético estabelecido, seguindo os procedimentos descritos em 3.4.3 e 3.6.9 atrás, e, sempre que necessário, compensando as correntes nos diversos circuitos por meio de acções na coroa e restantes reguladores, e.g. extracção (ANODE) e focagem (FOCUS), conforme descrito em 3.3.8 e 3.3.9 acima.

Proceda aos ajustes e compensações referidos tão amiúde quanto necessário por forma a manter o funcionamento do acelerador no domínio de estabilidade.

- 3.6.14. **Registe todos os valores no logbook.**

3.7. Desligar o acelerador

3.7.1. **Registe todos os valores no logbook.**

3.7.2. Integrador de carga em **STAND BY**.

3.7.3. Comutador de modo em **GVM**.

3.7.4. Tântalo antes do electromagneto 25° inserido (rodar e deixar subir).

3.7.5. Válvulas de isolamento das diferentes linhas fechadas (verificar manualmente a condição de fecho – pino recolhido na caixa da válvula).

3.7.6. Remover a corrente do electromagneto de 25° actuando o botão de pressão **DOWN** e levando os reguladores **FINE** e **EXTRA FINE ADJUSTEMENT** até zero.

- quando a corrente lida no indicador for ~0 – o LED “reversing possible” estará aceso – desligue a fonte de corrente actuando o botão de pressão “POWER OFF”.
- se estiver a ser usado o magnetómetro DRUSCH NMR2, desligue-o.

3.7.7. Reguladores potenciométricos **GAS**, **ANODE** e **FOCUS** a zero.

3.7.9. [Regulador **BELT CHARGE LIMIT** no valor correspondente ao indicado em **TERMINAL VOLTAGE**¹²].

3.7.10. Comutador de modo em **MANUAL**.

3.7.11. Trazer regulador **BELT CHARGE LIMIT** gradualmente a zero.

ATENÇÃO: não permitir que em **CONTROL RANGE** se ultrapasse 100 μ A do lado positivo (lado direito).

- evite variações bruscas da tensão no terminal
- aumente o **BELT CHARGE LIMIT** até ao valor necessário
- se surgir corrente na coroa, esta deve ser mantida < 20 μ A.
- N.B.: mesmo com o **BELT CHARGE LIMIT** a zero, haverá leitura de tensão, causada pelo carregamento natural da correia em movimento.

3.7.12. Premir **BELT CHARGE OFF**.

3.7.13. Premir **BELT DRIVE OFF**.

3.7.14. Comutador de modo em **OFF**.

3.7.15. Rode a chave no painel “GENERATOR CONTROL” para **OFF** (painel 4, Fig. 4).

¹² Por exemplo, se se ler 2000 em **TERMINAL VOLTAGE**, o **BELT CHARGE LIMIT** deverá ser 0,20.

4. Linha de RBS/C

4.1 Câmara pequena

A câmara pequena em modo de RBS/Channelling contém três detectores, conforme representados no esquema da Figura 9.

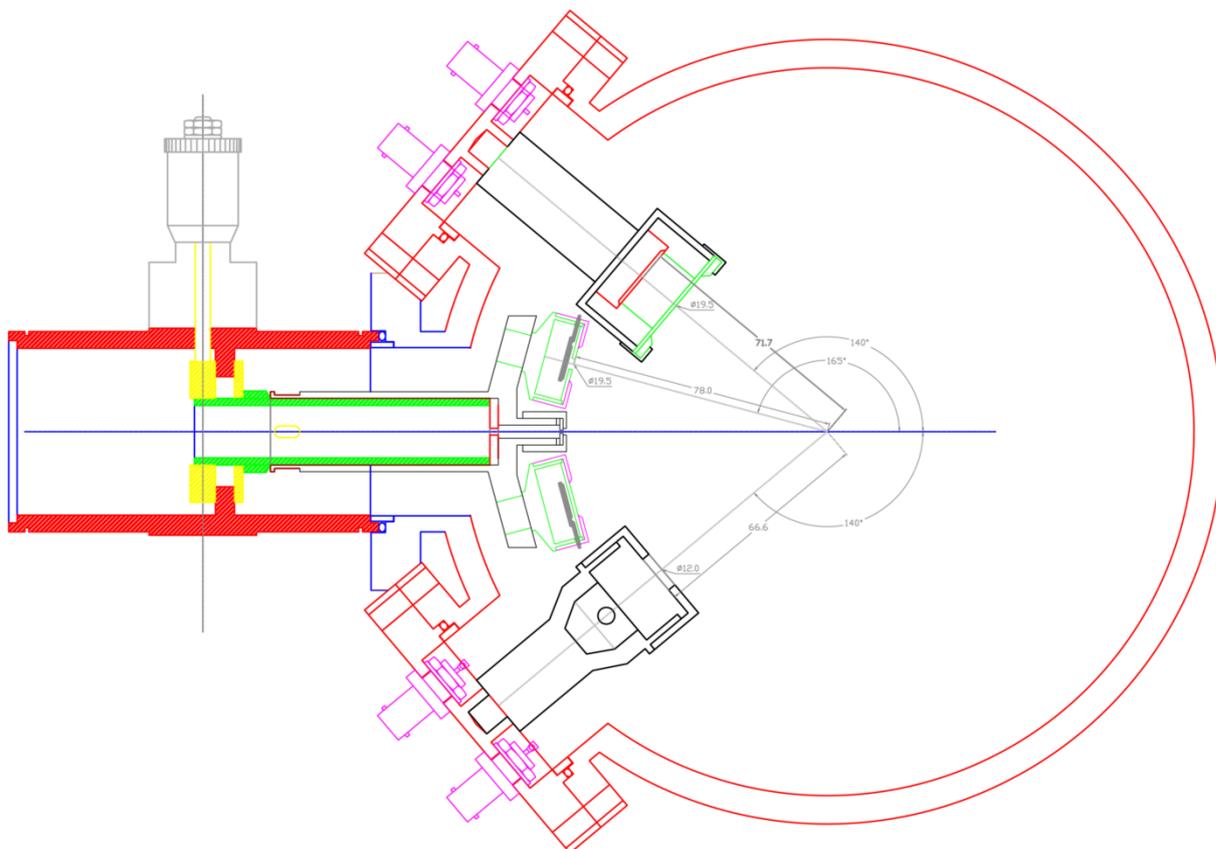


Figura 9 – Geometria da câmara pequena com os três detectores de RBS e o detector de NRA.

| Detector | Angulo de detecção | Tensão aplicada | Ganho do amplificador | Distância (mm) | Colimador (ϕ mm) | Angulo sólido ¹³ (msr) |
|--------------|--------------------|-----------------|-----------------------|----------------|------------------------|-----------------------------------|
| Det 1 (RBS1) | IBM (+165°) | +70 V | 200 × 10,00 | 75,4 | 9,2 | 11,7 |
| Det 2 (RBS2) | IBM (-140°) | +100 V | 200 × 6,40 | 67,0 | 4,6 | 3,7 |
| Det 3 (ERD) | IBM (-165°) | +70 V | 200 × 8,20 | 75,4 | 9,2 | 11,7 |

No caso de medições por NRA é usado o detector de NRA na aba ou *flange*¹⁴ inferior esquerda da figura 8. Esta é também usada pelos detectores de posição para as medidas de canalização iónica.

¹³ Para calcular o ângulo sólido que um objecto subtende a partir de um centro, basta calcular o tamanho da área direccionada a partir desse centro ao objecto (A), sobre a esfera com o mesmo centro e coincidente com o próprio objecto, e dividir esse valor pelo quadrado do raio dessa esfera (r), *i.e.* o ângulo sólido é assim muito aproximadamente dado por $\Omega/sr = \frac{A}{r^2}$. Nas mesmas condições – se a fonte (o centro referido) – é pontual e é conhecido o ângulo θ de abertura do cone no ápex tem-se $\Omega/sr = 2\pi(1 - \cos \theta)$.

¹⁴ Uma flange é uma apropriação e aporuguesamento do inglês (um anglicismo) cujo significado é aba, rebordo ou verdugo. No caso vertente a significação mais adequada é a de aba.

4.1.1. Retirar uma amostra da câmara pequena

- a) Goniómetro “em zero” (*i.e.* ângulos $\{\theta, \phi\}$ em $\{0^\circ, 0^\circ\}$ ¹⁵).
- b) Despolarizar os detectores.
- c) Integrador de carga em **STAND BY**.
- d) Comutador de modo em **GVM**.
- e) Tântalo inserido no tubo do acelerador (rodar e deixar subir).
- f) Válvula de isolamento da linha de RBS fechada (verificar manualmente a condição de fecho: pino recolhido na caixa da válvula).
- g) Desligar o cabo de medição de corrente da amostra.
- h) Se estiver a usar um goniómetro motorizado, desligar a alimentação dos motores e os cabos de alimentação dos motores.
- i) Isolar a bomba turbo molecular.
- j) Desligar o medidor de vácuo (se necessário¹⁶).
- k) Abrir a admissão de gás, fornecendo um fluxo fraco de ar até à pressão ambiente.
- l) Fechar a admissão de gás.
- m) Remova o porta-amostras.
- n) Coloque uma tampa na câmara, de modo a evitar a entrada de pó.

4.1.2. Colocar uma amostra na Câmara pequena

Se a câmara não estiver ao ar, deve-se seguir as indicações anteriores para abertura, e só depois se deve seguir os seguintes passos.

- a) a) e b) de 4.1.1.
- b) Verifique c) a j) e l) como em 4.1.1.
- c) Insira o porta-amostras, respeitando as linhas de guia marcadas na câmara.
- d) Válvula de evacuação para a bomba rotatória fechada.
- e) Ligue a bomba rotatória (se estiver desligada).
- f) Válvula de evacuação para a bomba rotatória aberta.
- g) Ligue o medidor de vácuo (se necessário).
- h) Evacue a linha com a bomba rotatória (até a uma pressão $\geq 2 \times 10^{-1}$ mbar).
- i) Feche válvula da bomba rotatória.
- j) Destrave e abra lentamente a válvula de isolamento da bomba turbomolecular.
- k) Desligue a bomba rotatória (abrir a admissão de ar da coluna).
- l) Ligue o cabo de medição de corrente da amostra.
- m) Ligue os cabos de alimentação dos motores.
- n) Ligue as unidades de alimentação dos motores.
- o) Abra a válvula da linha de RBS (verificar manualmente a condição de aberta: pino parcialmente projectado da caixa da válvula).
- p) Desvie o Tântalo do feixe no tubo do acelerador (puxar para baixo e rodar para fixar a posição).
- q) Comutador de modo em “**SLIT**” (verificar que há corrente nas *slits*)
- r) Integrador de carga em **OPERATE**.
- s) Polarize os detectores com os valores adequados (indicados perto da respectiva fonte de tensão) ou recomendados pelo fabricante.

¹⁵ Preferível mas não imprescindível: este passo pode ser ignorado.

¹⁶ Depende do tipo de instrumento.

4.1.3. Colocar uma amostra no Goniómetro de RBS

A câmara pequena permite dois tipos de goniómetros, um designado de RBS e um segundo designado de channelling. O porta-alvos de RBS tem dois graus de liberdade, translação (em altura) e rotação (de inclinação), que designaremos por z e θ . Na Figura 10 representa-se a montagem de uma amostra neste goniómetro.

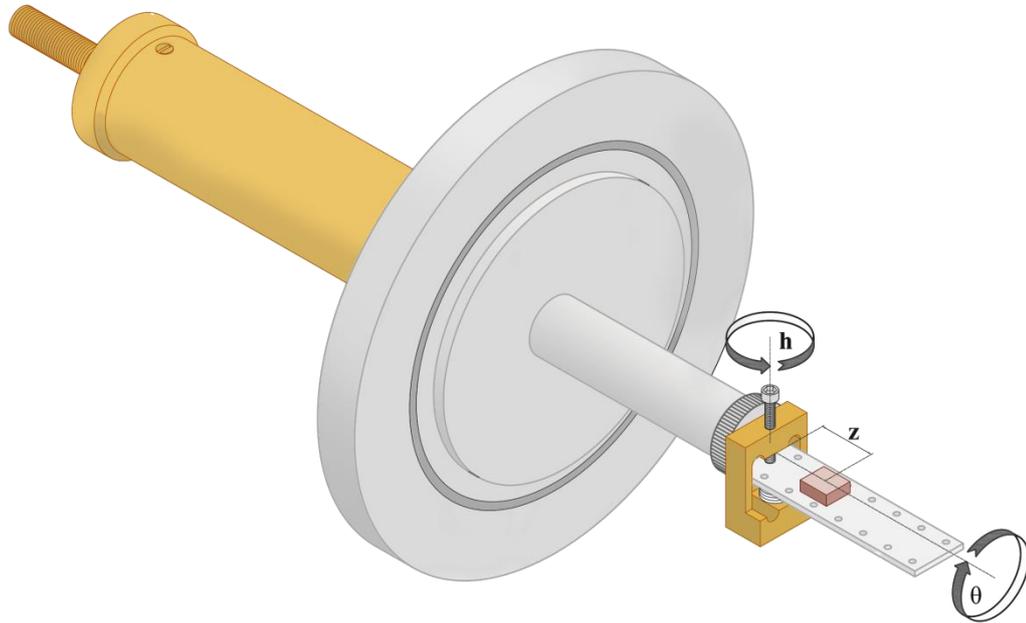


Figura 10 – colocação de uma amostra no goniómetro de RBS.

A rotação da amostra deve ser feita em torno do eixo de rotação do goniómetro, para tal a superfície da amostra deve estar neste eixo, como tal deve-se sempre que possível colocar amostra com a mesma espessura. Dependendo da altura das amostras devemos apertar o parafuso, indicado na Figura 10 como h , o parafuso deve empurrar o suporte das amostras para baixo tanto quanto a altura das amostras. A fixação, do suporte é feita usando o parafuso oposto a este (na Figura 10 representa empurrar de baixo para cima).

Para saber a posição do ponto devemos medir a distância desde a base de aperto do suporte até ao sítio onde pretendemos fazer a medida (representada na Figura 10 como z).

A Figura 10 mostra como fazemos corresponder os valores das alturas da amostra para a escala vertical existente no goniómetro. O goniómetro possui uma escala milimétrica exterior e uma subdivisão interior que corre dentro da exterior. Para fazer coincidir a posição das amostras com a escala existente, devemos fazer corresponder a escala exterior pretendida com o intervalo entre as duas divisórias superiores da escala interior. A escala interior é mudada rodando a parte superior do goniómetro, conforme representado na Figura 11 pela letra z .



Figura 11 – posicionamento de uma amostra no Goniómetro de RBS.

A orientação segundo θ é feita rodando toda a parte superior do goniómetro, conforme representado na Figura 11 pela letra θ , e fazendo coincidir a seta exterior com o ângulo pretendido. Quando esta $\theta = 0^\circ$, a superfície da amostra a analisar deve estar perpendicular a direcção do feixe. Apesar de existirem guias para a colocação do goniómetro na câmara, esta é uma verificação que pode e deve ser feita.

Na câmara pequena a amostra é polarizada positivamente, ($V_{\text{pol}} \sim 180 \text{ V}$), por meio de uma série de baterias de modo a minimizar a emissão de electrões secundários induzida pelo bombardeamento do feixe. Deste modo a carga depositada é medida directamente no alvo. Após a colocação do porta-alvos na câmara, não esquecer de ligar o cabo de medição de corrente através da BNC existente para o efeito.

4.1.4. Colocar uma amostra no Goniómetro de channeling

A Câmara pequena possui dois tipos de goniómetros, um designado de RBS e um segundo designado de channeling. O goniómetro de channeling tem dois eixos de rotação, que referiremos por θ e φ . Na Figura 12 representa-se a actuação exterior nestes dois eixos neste goniómetro.

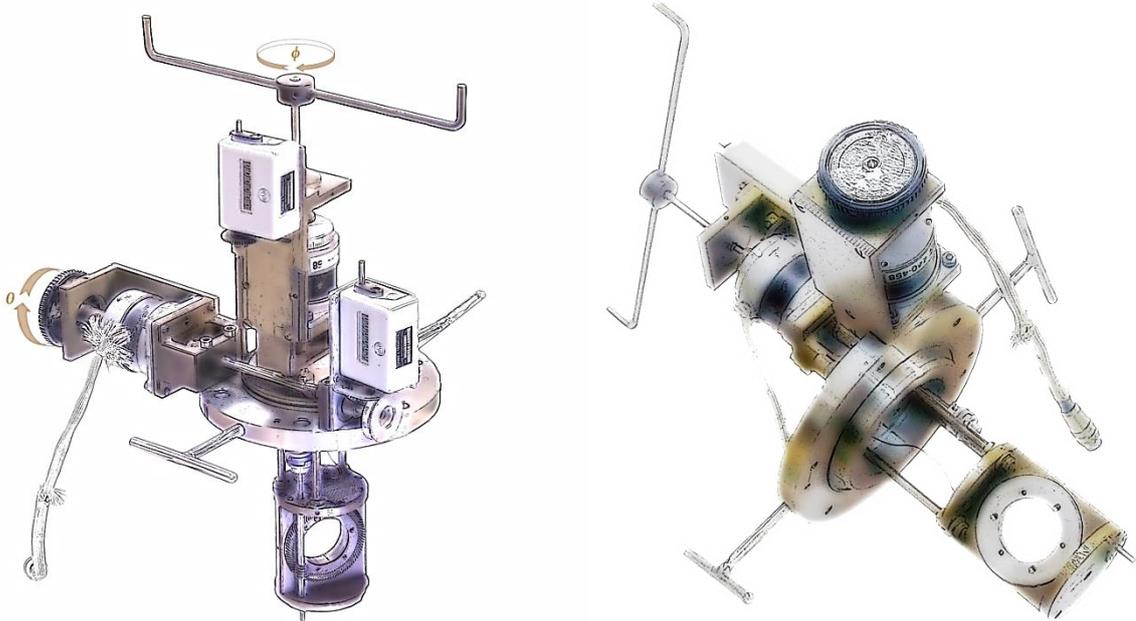


Figura 12 –Goniómetro de channeling.

As amostras são colocadas num porta-amostras posicionando a face virada para baixo (no centro do cone do porta amostras) e coladas por meio de fita cola. Posteriormente o porta-amostras é colocado no goniómetro.

Na câmara pequena a amostra é polarizada positivamente, ($V_{pol} \sim 180 V$), por meio de uma série de baterias de modo a minimizar a emissão de electrões secundários induzida pelo bombardeamento do feixe. Deste modo a carga depositada é medida directamente no. Após a colocação do goniómetro na câmara, não esquecer de ligar o cabo de medição de corrente através da ficha BNC existente para o efeito no Goniómetro.

4.2 Câmara Universal

A Câmara Universal permite fazer medidas de RBS e Canalização, assim como ERD. Para isso dispõe de um goniómetro motorizado com dois eixos de rotação, que designamos por θ e φ . As amostras são coladas no porta-amostras, geralmente com o uso de uma fita-cola condutora de dupla face; deste modo podem-se realizar medidas com grandes ângulos entre a direcção de incidência e a normal das amostras (incidência rasante).

Devido às suas dimensões, a câmara dispõe de uma antecâmara, para que a câmara principal esteja sempre com um vácuo igual ou melhor que o do acelerador. Reduz-se assim o tempo de troca de amostra.

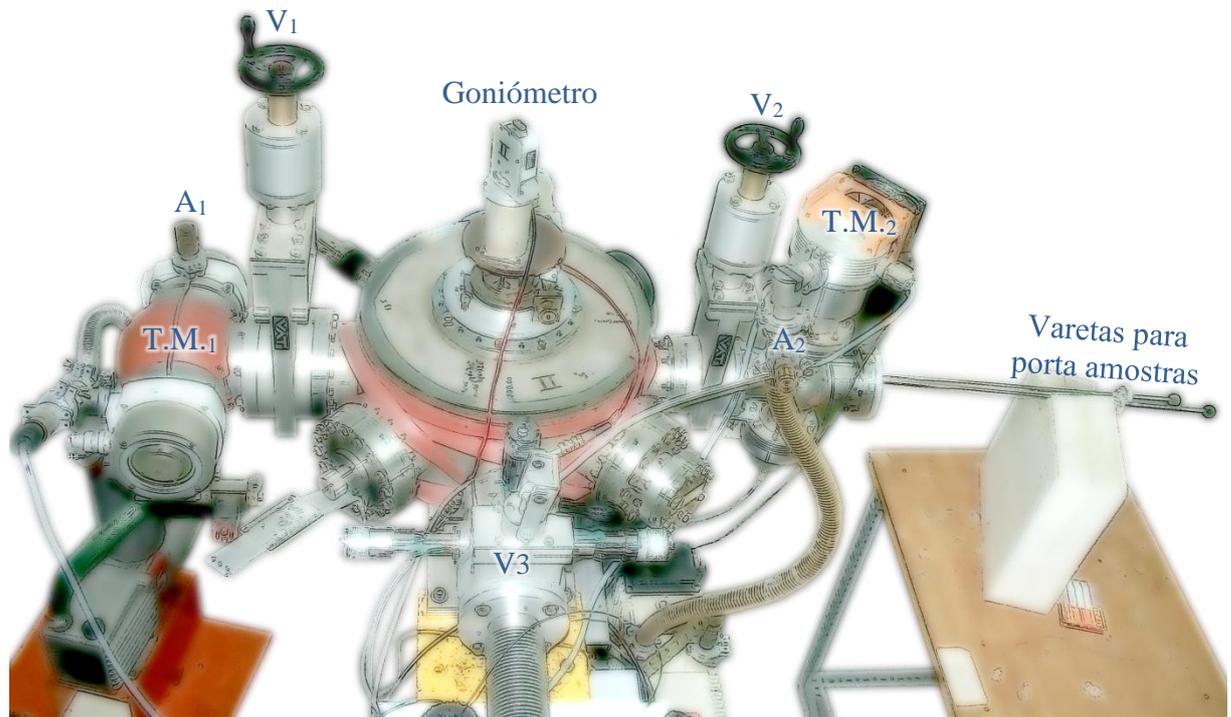


Figura 13 – Ilustração da Câmara universal. T.M.1 T.M.2 Turbo Molecular da Câmara e antecâmara respectivamente; A.1 A.2 válvula de admissão de ar da Câmara e antecâmara respectivamente; V.1 V.2 válvula de isolamento da entre Câmara - T.M.1 e câmara-antecâmara; V.2 válvula de isolamento da entre Câmara – linha de RBS; Goniómetro motorizado.

4.2.1. Retirar uma amostra da Câmara Universal

As amostras na Câmara Universal são retiradas, por uma antecâmara, de modo a diminuir o tempo de espera devido a troca de amostras!

- a) Mandar os motores para $\theta = 90^\circ$ e $\varphi = 0^\circ$.
 - b) Interromper o feixe no interceptor de feixe da linha de RBS (rodar e deixar subir).
 - c) Fechar a válvula da linha de RBS para isolar a linha (verificar manualmente se ficou fechada: pino para baixo).
 - d) Verificar se o vácuo na antecâmara é da ordem está abaixo dos 10^{-5} mbar.
 - e) Abrir a válvula que isola a antecâmara e a câmara.
 - f) Inserir a vareta lentamente até esta encaixar no porta-amostras (deve-se verificar que o pino do porta-amostras está bem encaixado na vareta).
 - tomar atenção para não danificar os cabos.
 - g) Desapertar lentamente o porta-amostras do goniómetro (deve-se fazer uma ligeira pressão da vareta no sentido do goniómetro).
 - h) Remover a vareta com o porta-amostra lentamente até a antecâmara.
 - i) Fechar a válvula que isola a antecâmara e a câmara.
 - j) Desligar o medidor de vácuo da antecâmara.
 - k) Desligar a bomba de alto vácuo e depois a bomba primária.
 - l) Abrir lentamente a válvula de admissão de ar, fornecendo um fluxo fraco de ar à pressão atmosférica.
 - m) Quando sentir a tampa solta, fechar a válvula de admissão de gás.
 - n) Retirar a tampa da antecâmara e retirar o porta-amostras da vareta.
 - o) Proceder à mudança (colocar a tampa na câmara, de modo a evitar a entrada de pó).
- Se não formos colocar uma nova amostra na câmara devemos também fazer os seguintes passos:
- p) Desligar o integrador de corrente.
 - q) Rodar o **MODE SELECTOR** para **GVM**.
 - r) Interromper o feixe no interceptor de feixe antes do magneto 25° (rodar e deixar subir).
 - s) Desligar a Faraday Cup (caixa azul do lado direito da câmara).
 - t) Desligar a alimentação dos motores e retirar os cabos de controlo dos motores.

4.2.1. Colocar uma amostra na Câmara Universal

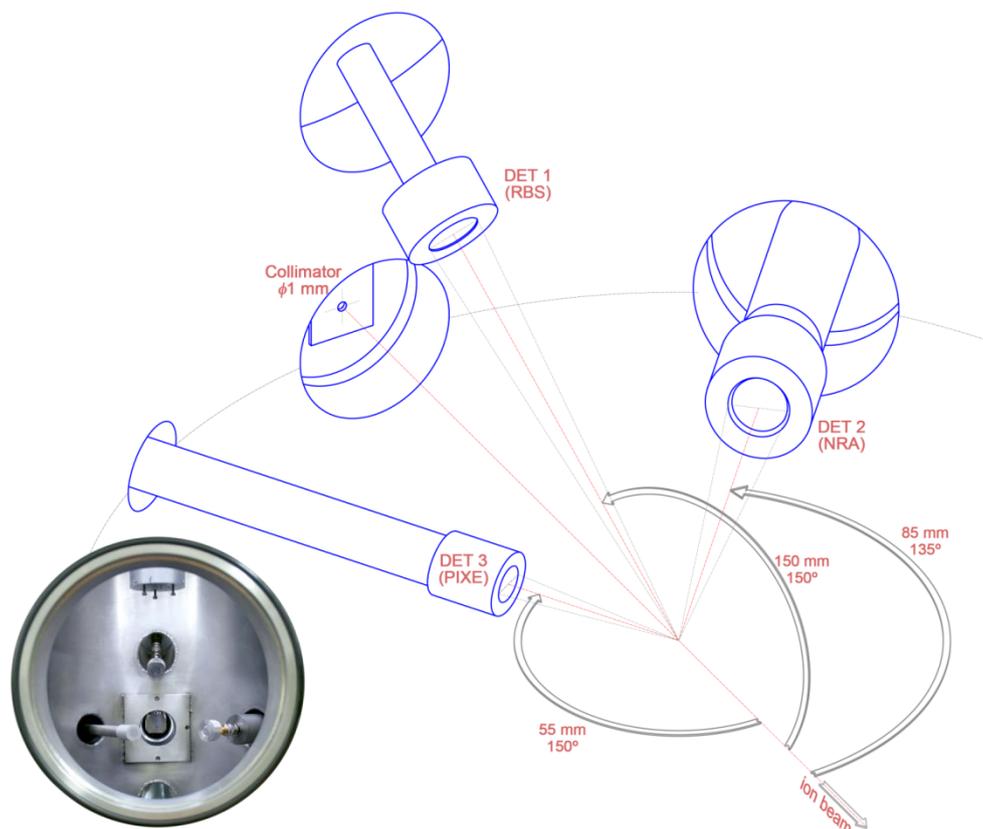
Neste ponto vamos assumir que o feixe já se encontra no interceptor de feixe de feixe da linha de RBS.

- a) Mandar os motores para $\theta = 90^\circ$ e $\varphi = 0^\circ$.
- b) Verificar que a válvula que isola a antecâmara e a câmara está fechada.
- c) Desligar o medidor de vácuo da antecâmara.
- d) Desligar a bomba de alto vácuo e depois a bomba primária.
- e) Abrir lentamente a válvula de admissão de ar, fornecendo um fluxo fraco de ar á pressão atmosférica.
- f) Quando sentir a tampa solta, fechar a válvula de admissão de gás.
- g) Retirar a tampa da antecâmara e colocar o porta-amostra da vareta (deve-se verificar que o pino do porta-amostras está bem encaixado na vareta).
- h) Colocar a tampa com o suporte, respeitando as linhas de guia marcadas na câmara.
- i) Verificar se a válvula de admissão de ar da bomba turbo esta fechada.
- j) Ligar a bomba rotatória.
- k) Ligar o medidor de vácuo.
- l) Fazer vácuo com a rotatória (nunca menos de 2×10^{-1} mbar).
- m) Ligar a bomba turbo.
- n) Fazer vácuo com a bomba turbo (6×10^{-6} mbar). (Se demorar mais de ~30 minutos, existe a possibilidade de fuga).
- o) Abrir a válvula que isola a antecâmara e a câmara
- p) Inserir a vareta lentamente até esta encaixar no porta-amostras.
- q) Apertar lentamente o porta-amostras ao goniómetro (deve-se fazer uma ligeira pressão da vareta no sentido do goniómetro), assim que estiver completamente apertado, desapertar 3 voltas, de modo a alinhar a base do porta-amostras com o eixo de rotação do goniómetro, e apertar até fazer até a altura da amostra (1 volta por mm).
 - tomar atenção para não danificar os cabos.
- r) Remover a vareta lentamente até a antecâmara
- s) Fechar a válvula que isola a antecâmara e a câmara.
- t) Ligar a Faraday Cup (caixa azul do lado direito da câmara).
- u) Verificar se a alimentação dos motores está ligada.
- v) Abrir a válvula da linha de RBS (verificar manualmente se ficou aberta: pino para cima). Se esta é a amostra inicial na câmara universal devemos também fazer os seguintes passos:
- w) Ligar e colocar o integrador de corrente em modo **OPERATE**.
- x) Verificar a polarização dos detectores (os valores estão indicados perto da respectiva fonte de tensão).

5. Linha de PIXE

5.1 Câmara JET

A câmara JET, está equipada com um detector de PIXE e dois detectores, um para RBS e um para NRA.



| Detector | Angulo de detecção | Tensão aplicada | Ganho do Amplificador | Distancia (mm) | Colimador (ϕ mm) | Angulo sólido (msr) |
|--------------|--------------------|-----------------|-----------------------|----------------|------------------------|---------------------|
| Det 1 (RBS) | Cornel (150°) | +120 V | 200 × 11,00 | 160 | 11,0 | 3,71 |
| Det 2 (NRA) | IBM (135°) | +120 V | 500 × 8,25 | 85 | 13,5 | 19,81 |
| Det 3 (PIXE) | IBM (150°) | -500 V | | 55 | 10,5 | 28,62 |

Espessura das folhas de absorção para os iões retrodispersos:

Detector de PIXE: material Mylar; espessura: 350 μm

Detector de NRA : material Mylar; espessura: 10 μm

A câmara possui um goniómetro com 5 eixos de rotação, que designamos por x, y, z, θ e ϕ , sendo que o ϕ só está disponível se for montada uma porta especial. Os movimentos que de momento se encontram automatizados são em z e ϕ . Esta câmara possui uma série de porta amostras, devido a multiplicidade de formatos das amostras que analisamos; representam-se alguns destes porta-amostras:



Figura 14 – fotografia de três porta amostra da câmara de JET

Em todos os portas amostra, as amostras são colocadas fora da câmara e desseguida fixados por meio de parafusos. A maioria dos porta-amostras tem um sistema de encaixe de modo a permitir que se consiga colocar o porta amostras nos parafusos e só depois se apertar os parafusos, evitando assim a necessidade de estar obrigatoriamente a segurar no porta amostras e apertar ao mesmo tempo.

5.1.1. Retirar uma amostra da Câmara do JET

- a) Colocar o porta-amostras (se possível recorrendo aos motores) para $z = 100 \text{ mm}$ e $\theta = 0^\circ$.
- b) Despolarizar os detectores.
- c) Passar o integrador de corrente para **STAND BY**.
- d) Rodar o **MODE SELECTOR** para **GVM**.
- e) Interromper o feixe no interceptor de feixe antes do magnete 25 (rodar e deixar subir).
- f) Fechar a válvula da linha de PIXE para isolar a linha (verificar manualmente se ficou fechada: pino para baixo).
- g) Se se estiver a usar um goniómetro motorizado, desligar a alimentação dos motores e retirar os cabos de controlo dos motores.
- h) Fechar a válvula que isola a linha e a câmara.
- i) Desligar o controlo da bomba de vácuo (pressionando o botão Start). A luz verde deve desligar.
- j) Abrir lentamente a válvula de admissão de gás, fornecendo um fluxo fraco de ar á pressão atmosférica.
- k) Quando sentir a porta solta, fechar a válvula de admissão de ar.
- l) Retirar o porta-amostras do goniómetro (desapertar os parafuso e retirar do encaixe).
- m) Fechar a porta na câmara, de modo a evitar a entrada de pó.
- n) Proceder à mudança.

5.1.2. Colocar uma amostra na Câmara do JET

Se a Câmara não estiver ao ar, deve-se seguir as indicações anteriores para abertura, e só depois se deve seguir os seguintes passos.

- a) Colocar o porta-amostras (se possível recorrendo aos motores) para $z = 100$ mm e $\theta = 0^\circ$.
- b) Despolarizar os detectores.
- c) Inserir o suporte no goniómetro, respeitando a posição e guias dos parafusos.
- d) Verificar se as válvulas de admissão de ar e da bomba rotativa estão fechadas.
- e) Ligar o controlo da bomba de vácuo (pressionando o botão Start). A luz verde deve ligar.
- f) A velocidade de rotação da bomba é mostrado numa escala de LED no controlador, este deve demorar uns 5 a atingir o segundo led vermelho e uns 20 min a ter todos os LED acesos. (Se demorar mais de ~30 minutos, existe a possibilidade de fuga).
- g) Ligar o medidor de vácuo.
- h) Fazer vácuo até a escala de $\sim 6 \times 10^{-6}$ mbar.
- i) Abrir a válvula que isola a linha e a câmara. (verificar que o vácuo se mantém)
- j) Se se estiver a usar um goniómetro motorizado, colocar os cabos de controlo dos motores e ligar a alimentação dos motores.
- k) Abrir a válvula da linha de PIXE (verificar manualmente se ficou aberta: pino para cima).
- l) Abrir o interceptor de feixe antes do magnete 25° (puxar para baixo e rodar).
- m) Passar o **MODE SELECTOR** para **SLIT** (verificar que há corrente nas slits).
- n) Passar o integrador de corrente para **OPERATE**.
- o) Polarizar os detectores com os valores correspondentes (os valores estão indicados perto da respectiva fonte de tensão).

6. Considerações de segurança

O perigo principal ao lidar com aceleradores de íons positivos é a radiação de Bremsstrahlung induzida por elétrons de alta energia e nêutrons de reações (p, n) e (α , n).

Durante o processo de aceleração, os íons positivos podem colidir com o gás residual ou elétrodos no tubo do acelerador, ou ambos, liberando assim os elétrons que são acelerados em direção à fonte de íons. Esses elétrons ao atingir os elétrodos de alumínio do tubo do acelerador ou outros componentes da fonte de íons produzem radiação de travagem (bremsstrahlung). A quantidade de radiação produzida na área do terminal é diretamente proporcional ao número de elétrons criados no tubo do acelerador.

A maior parte da radiação de travagem produzida é resultado de elétrons que colidem com o elétrodo de focagem e o terceiro elétrodo do tubo do acelerador.

Ver: BERNARD ET AL: [X RADIATION FROM VAN de GRAAFF ACCELERATOR ION SOURCES](#)

Nota: Bremsstrahlung (palavra alemã: bremsen: "travagem" e Strahlung: "radiação"; isto é, "radiação de travagem" ou "radiação de desaceleração") é a radiação eletromagnética produzida como resultado da perda da energia cinética dos elétrons que interagem com um campo elétrico. Em termos gerais, a radiação de travagem é qualquer radiação produzida devido à desaceleração (aceleração negativa) de uma partícula carregada, que inclui radiação sincrotrão (i.e. emissão de fótons por uma partícula relativista), radiação de ciclotrão (i.e. emissão de fótons por uma partícula relativista), e a emissão de elétrons e pósitrons durante o decaimento beta. No entanto, o termo é frequentemente usado no sentido mais restrito de radiação de elétrons (de qualquer fonte) desacelerados na matéria.

7. Perguntas Frequentes (FAQ)

I. O acelerador desligou-se, o que fazer?

MANTENHA A CALMA, o acelerador pode desligar-se por razões de segurança, como por exemplo um aumento na pressão no tubo do acelerador.

1. Interromper o feixe no interceptor de feixe antes do magnete 25° (rodar e deixar subir)
2. Fechar todas as válvulas de isolamento de vácuo para as diferentes linhas.

COLOCAR...

3. BELT CHARGE LIMIT: zero.
 4. SELECTOR/MODE SELECTOR: manual (ao actuar sobre o MODE SELECTOR o painel de controlo do acelerador volta a funcionar).
 5. FOCUS: zero
 6. ANODE: zero
 7. GAS: zero
- Rodar os potenciômetros até zero, no sentido anti-horário, de preferência pela ordem indicada.
 - Só devemos actuar nos potenciômetros da fonte, quando o painel estiver de novo alimentado.
8. Seguir as instruções para ligar o acelerador e a fonte.

[9. Registar o evento e todos os valores no logbook.](#)

CONTINUAR O TRABALHO.

II. O feixe desaparece: a fonte de iões apaga-se, é difícil de reacender, o feixe fica instável, o que fazer?

MANTENHA A CALMA, isso pode acontecer por um número de razões, desde o esgotamento do gás na fonte a problemas de funcionamento no terminal.

1. Tente obter feixe usando como fonte outra garrafa (de ^1H ou ^4He , NÃO TENHA EM CASO ALGUM COM ^3He , esse é um gás muito caro e difícil de obter).
2. Observe no osciloscópio o sinal – “ripple” – de “pickup”:
 - se este tiver a aparência normal – uma linha irregular mas com amplitudes sempre dentro de um intervalo relativamente bem definido o gerador de tensão do terminal deverá estar operacional;
 - se este tiver uma aparência geminada – com uma oscilações regulares (p.ex. ~ 400 Hz, 2.5 ms no osciloscópio) entre as linhas (‘siblings’) tratar-se-á provavelmente de um problema com o gerador de tensão do terminal (há um claro acoplamento entre a sua frequência de funcionamento e o circuito de “pickup”). [Suspenda o trabalho e relate o problema ao técnico do acelerador](#), Jorge Rocha ou Joana Flora. [Registe o evento no logbook.](#)

III. O sinal do detector não existe

Antes de mais verificar se os ganhos estão correctos, estes dependem muito do detector e das energias dos iões medidos. Se todos estes parâmetros estiverem correctos e não for observado qualquer sinal a saída do pre-amplificado, com o auxílio de um osciloscópio seguir os passos seguintes:

1. Tirar a tensão aplicada ao detector.
2. Verificar o sinal a saída do amplificador no osciloscópio. Deve ser visível “ruído”
3. Se o ruído for muito baixo (abaixo de 10 mV), quer dizer que não há sinal a vir do detector, ou seja o circuito está interrompido entre o detector e o amplificador. Deve-se fazer uma verificação do circuito do sinal entre a BNC da flange e o amplificador, verificando se todas as BNC estão bem apertadas. Se isso não corrigir o problema verificar se o sinal entre o detector e a BNC da flange não está interrompido, isto pode ser feito sem ser necessário por a câmara ao ar:
 - a. Na câmara desligar a ficha BNC correspondente ao detector.
 - b. Medir a resistência entre o pino central e a bainha da ficha BNC na flange, esta deve ser da ordem de uma centena de ohms numa direcção e da ordem dos $M\Omega$ na outra direcção. Se isso não se verificar quer dizer que o circuito está interrompido!
4. Se a amplitude do ruído for elevada (acima dos 50 mV), aumente a tensão lentamente até ao valor pretendido, durante a subida deve-se verificar que a corrente de fuga aumenta, se isso não acontecer quer dizer que a tensão de polarização não está a ser realizada. Deve-se verificar a ligação do cabo de tensão, se necessário verificar a tensão a entrada do pre-amplificador.
5. Uma segunda abordagem passa pelo uso de um gerador de sinais, colocado na entrada do pre-amplificador, como se mostra na figura 10, e verificar o sinal da saída

IV. A válvula de vácuo da linha não abre/fecha!

As válvulas funcionam por ar comprimido, como tal verificar se há pressão no nanómetro que está colocado entre o magnete 25° e o tanque do acelerador, este manómetro deve indicar cerca de 4 bar, se isso não se verificar, ver se a torneira de passagem situada ao lado do mesmo está aberta, se esta torneira estiver aberta, ir verificar se os compressores (na sala de compressores) estão ligados e com pressão para operar a válvulas. Se nenhum destes casos se verificar contactar os responsáveis (J. Rocha, A. Costa).

As válvulas geralmente precisam de ser reiniciadas, isso é feito mandando fechar todas as válvulas, e só depois é que podemos abrir as que pretendemos!