

IV Encontro de Investigadores da Qualidade

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE
FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

André Bandeira, Elsa Batista, Eduarda Filipe, Helena Navas



PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Tópicos a abordar:**
 - Introdução
 - Objectivos
 - Constituição do Projeto
 - Ensaios experimentais e Resultados
 - Conclusões
 - Melhorias a implementar

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Introdução**

- ✓ O Projeto foca-se no desenvolvimento e nos respectivos ensaios experimentais de um padrão primário de medição de micro caudal.
- ✓ Está a ser desenvolvido numa parceria entre o Laboratório de Volume (LVO) do Instituto Português da Qualidade (IPQ) com o Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial (DEMI) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL).
- ✓ Parte da participação do IPQ no projeto internacional “Metrologia para Administração de Fármacos” desenvolvido pela EURAMET.

Instituto Português da ualidade

 FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

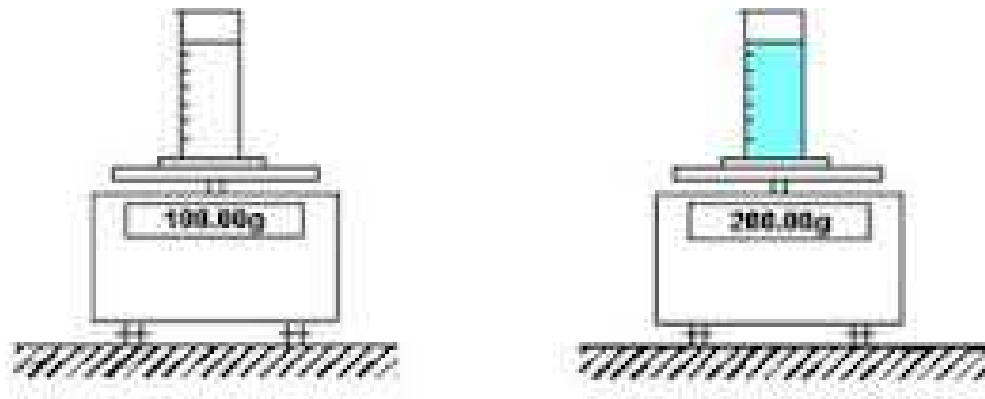
- **Objectivos**

Construir e Validar dois padrões gravimétricos :

- ✓ Padrão gravimétrico de medição de caudal de fluidos para operar numa gama de caudal entre 10 mL/min e 0,001 mL/min.
- ✓ Padrão gravimétrico de medição de caudal de fluidos para operar numa gama de caudal entre 100 mL/min e 10 mL/min.

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- O que é um Padrão gravimétrico



PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

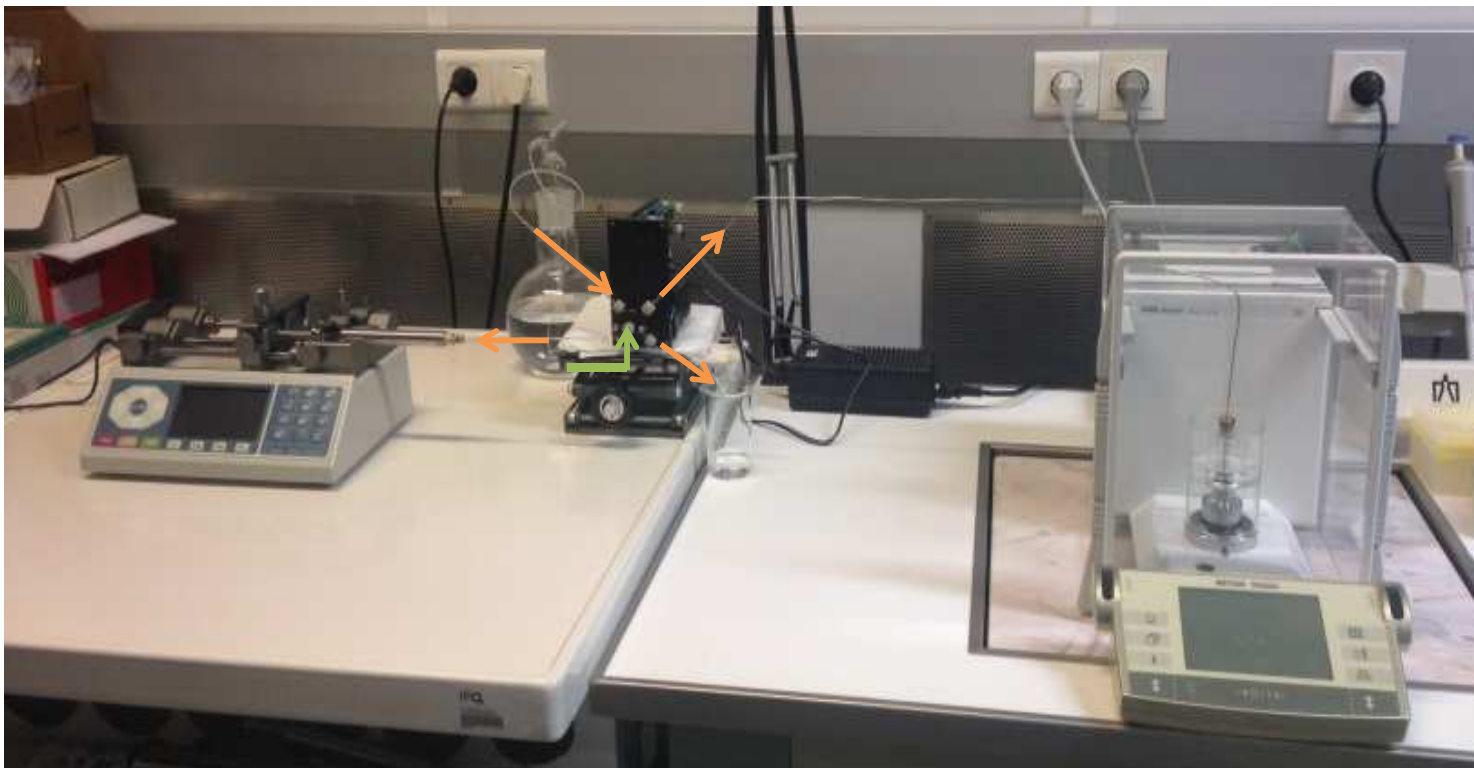
- **Constituição do Padrão**

Existem três elementos principais numa calibração gravimétrica de caudal (massa por unidade de tempo):

- ✓ Um gerador de fluxo ou instrumento a calibrar
- ✓ Um dispositivo coletor (balança)
- ✓ Sistema de aquisição de dados (Labview)

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Constituição do Padrão**



PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Constituição do Padrão**



PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Procedimento experimental**

Antes de se iniciar qualquer ensaio experimental é necessário verificar as condições ambientais do laboratório, que se devem encontrar dentro dos parâmetros estabelecidos.

| Grandeza | Gama de valores aceitáveis |
|---------------------|----------------------------|
| Temperatura | [17, 23] °C |
| Humidade | [30, 85] % |
| Pressão atmosférica | [920, 1080] hPa |

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Modelo de cálculo**

$$Q = \frac{1}{t_f - t_i} \left[\left((I_L - I_E) + (\delta m_{imp}) \right) \times \frac{1}{\rho_w - \rho_A} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B} \right) \times [1 - \gamma(20 - T_0)] + \delta V_{evap} \right]$$

Onde

- t_f : Tempo final
- t_i : Tempo inicial
- I_L : Massa final
- I_E : Massa inicial
- δm_{imp} : Correção devido a imersão do tubo
- ρ_w : densidade da água
- ρ_A : densidade do ar
- ρ_B : densidade das massas
- γ : coeficiente de expansão termica
- T_0 : Temperatura da água no inicio do ensaio
- δV_{evap} : Evaporação

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Ensaio Efetuados**

| Caudal Nominal (mL/h) | Seringa (mL) | Ensaio nº | Valor Médio Caudal Mássico (mL/h) Com correcção da impulsão | Desvio Médio | Desvio Padrão | Incerteza Combinada (%) | Incerteza Expandida (%) |
|-----------------------|--------------|-----------|-------------------------------------------------------------|--------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| 2 | 1 | 1 | 1,913782913 | 0,0467785 | 0,0760359 | 0,048883 | 0,097788 |
| 2 | 1 | 2 | 1,914201375 | 0,0499912 | 0,0761705 | 0,048727 | 0,097463 |
| 2 | 1 | 3 | 1,910342548 | 0,0420693 | 0,0501112 | 0,048886 | 0,097783 |
| 6 | 10 | 1 | 5,89061575 | 0,2172864 | 0,2751718 | 0,016432 | 0,032871 |
| 6 | 10 | 2 | 5,9477889 | 0,1183055 | 0,1441026 | 0,016275 | 0,032554 |
| 6 | 10 | 3 | 5,965432742 | 0,2312496 | 0,2785975 | 0,016234 | 0,032474 |

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Ensaio Efetuados**

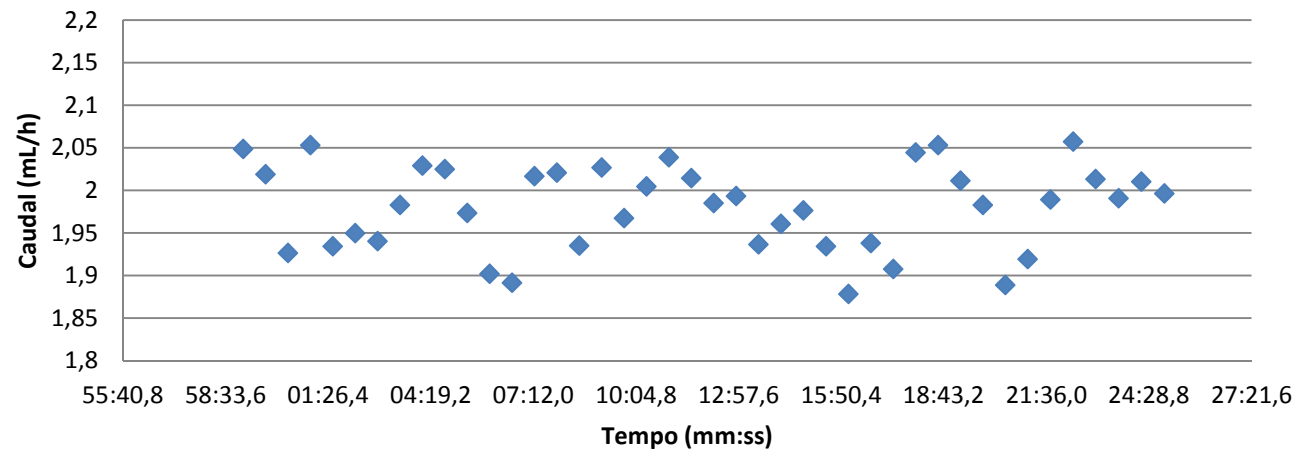
Comparação entre resultados com e sem válvula automática

| Tipo de válvula | Caudal Nominal (mL/h) | Seringa (mL) | Ensaio nº | Valor Médio Caudal Mássico (mL/h) Com correcção da impulsão | Desvio Médio | Desvio Padrão | Incerteza Combinada (%) | Incerteza Expandida (%) |
|-----------------|-----------------------|--------------|-----------|-------------------------------------------------------------|--------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| Manual | 2 | 1 | 1 | 1,913782913 | 0,0467785 | 0,0760359 | 0,048883 | 0,097788 |
| Manual | 2 | 1 | 2 | 1,914201375 | 0,0499912 | 0,0761705 | 0,048727 | 0,097463 |
| Automática | 2 | 1 | 1 | 2,003648273 | 0,0438992 | 0,0520803 | 0,0484496 | 0,0969205 |
| Automática | 2 | 1 | 2 | 2,000090955 | 0,0288181 | 0,0359147 | 0,0485262 | 0,0970727 |

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Ensaio Efetuado**

2 mL/h - 1/16" – S 1mL_Vidro



| | |
|-----------------------------------|-------------|
| Valor Médio Caudal Mássico (mL/h) | 1,980 |
| Desvio Médio | 0,042069327 |
| Desvio Padrão | 0,050111176 |

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Conclusões**

- ✓ Verificou-se que a escolha da seringa, nomeadamente características e volume, pode influenciar significativamente os resultados.
- ✓ Quanto mais pequeno for o caudal a ensaiar, menor deverá ser o volume da seringa a utilizar, visto que desta forma se obtêm melhores resultados.
- ✓ A utilização de uma válvula automática também permite um melhoramento no tempo de ensaio e na repetibilidade dos resultados obtidos.
- ✓ Outra situação de melhoramento da exatidão dos resultados foi a inclusão de uma correção à impulsão do tubo.

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO DA CAPACIDADE

- **Melhorias ao projecto**

- ✓ Instalação da Válvula automática;
- ✓ Instalação de sensor de pressão;
- ✓ Automatização do processo de funcionamento do padrão;
- ✓ Adição de outras fontes de incerteza como o tempo que se encontra em estudo.

PADRÃO GRAVIMÉTRICO DE MEDIÇÃO DE CAUDAL DE FLUIDOS E EXTENSÃO
DA CAPACIDADE

Obrigado Pela Atenção