

# 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  Qualidade

 FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

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

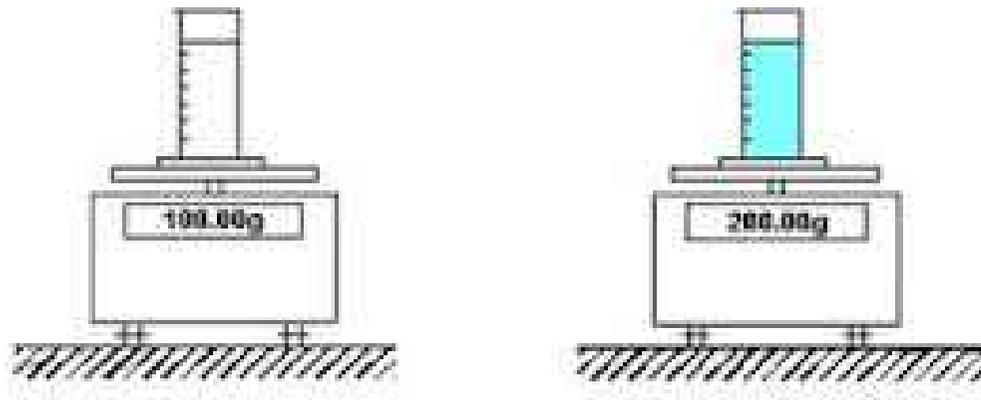
- **Objectivos**

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

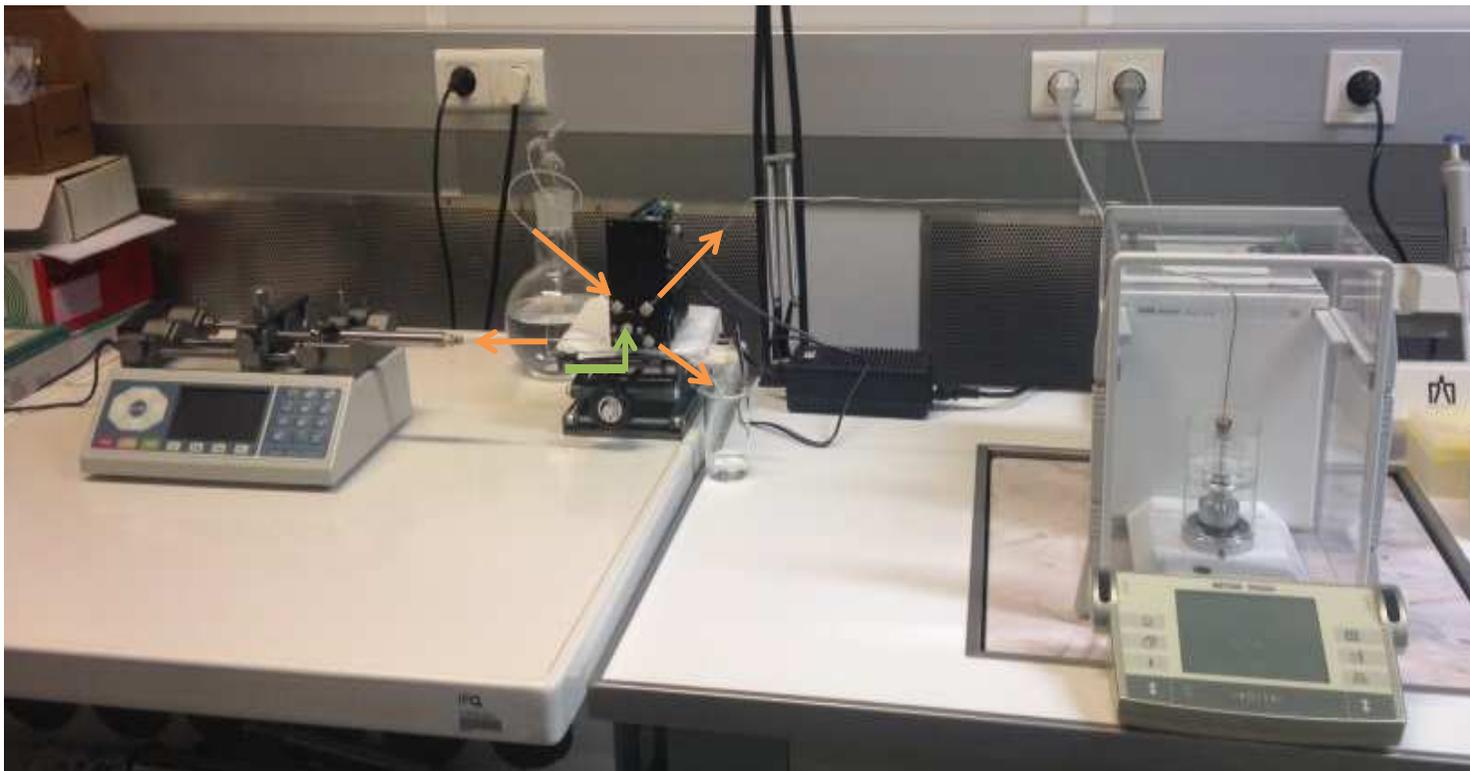
- **Constituição do Padrão**

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
- $\delta m_{imp}$ : Correção devido a imersão do tubo
- $\rho_w$ : densidade da água
- $\rho_A$ : densidade do ar
- $\rho_B$ : densidade das massas
- $\gamma$ : coeficiente de expansão termica
- $T_0$ : Temperatura da água no início do ensaio
- $\delta V_{evap}$ : 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**

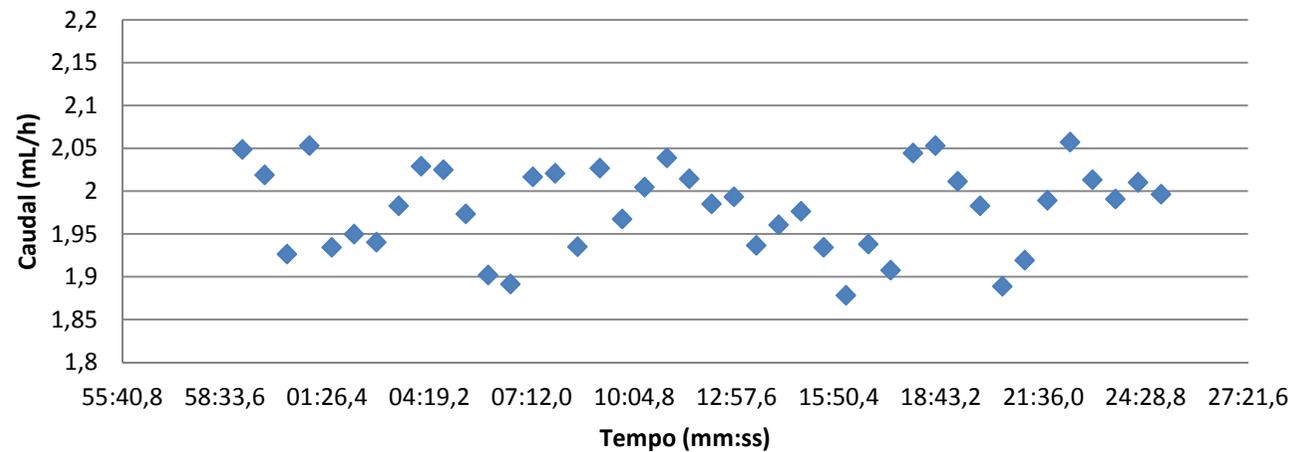
Comparação entre resultados com e sem válvula automática

| Tipo de válvula | Caudal Nominal (mL/h) | Seringa (mL) | Ensaio nº | Valor Médio Caudal Mássico (mL/h)<br>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.

**Obrigado Pela Atenção**