



CASOS PRÁTICOS DE MEDIÇÃO DE CAUDAL PROBLEMAS / SOLUÇÕES

Álvaro Caldas

Grupo

Contimetra/Sistimetra

LISBOA - 1964

PORTO - 1983

Departamentos

INDÚSTRIA E AMBIENTE

QUÍMICOS E FERRAMENTAS

CONTROLO, SISTEMAS E GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA

AR CONDICIONADO

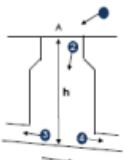
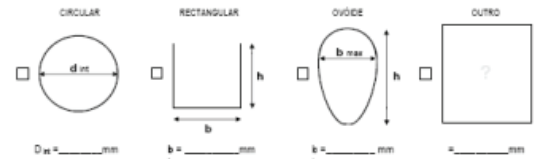
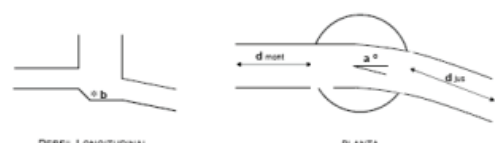
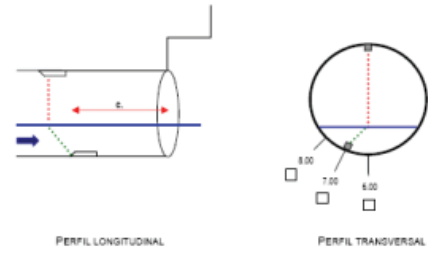
ÍNDICE

CASOS PRÁTICOS DE MEDIÇÃO DE CAUDAL, PROBLEMAS / SOLUÇÕES

1	• SELEÇÃO DO PONTO DE MEDIDA
2	• QUESTIONÁRIO / RELATÓRIO DA INSPEÇÃO
3	• MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO – RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO
4	• SEDIMENTAÇÃO – ETAR DE FROSSOS BRAGA
5	• MEDIÇÃO DE CAUDAL EM CANAL COM NÍVEL DE SEDIMENTOS VARIÁVEL
6	• CASO DE ESTUDO SOLVAY PORTUGAL – PÓVOA DE SANTA IRIA
7	• CAUDAIS MINÍMOS
8	• ETAR DE ÉVORA
9	• SISTEMA DE REGADIO DO ALQUEVA - EDIA

2

QUESTIONÁRIO / RELATÓRIO DA INSPECÇÃO DO PONTO DE MEDIDA

QUESTIONÁRIO / RELATÓRIO DA INSPECÇÃO		CARACTERÍSTICAS DO COLECTOR:		NECESSIDADES MELHORAMENTO DAS CONDIÇÕES:	
<p>NOME DO PROJECTO _____</p> <p>NP DO PROJECTO _____ COORDENADAS X _____ Y _____ DATA / / _____</p> <p>CODIGO DO PONTO LOCAL _____ HORA _____ H _____ M _____</p> <p>Pessoas Presentes: 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____</p> <p>FOTOGRAFIAS DO LOCAL: _____</p> <p>1. VISTA EXTERIOR DO LOCAL DE MEDIÇÃO <input type="checkbox"/></p> <p>2. VISTA DE TOPO <input type="checkbox"/></p> <p>3. VISTA PARA MONTANTE <input type="checkbox"/></p> <p>4. VISTA PARA JUSANTE <input type="checkbox"/></p> <p>5. PLANTAS, PERFIL LONGITUDINAL E TRANSVERSAL <input type="checkbox"/></p>  <p>CARACTERÍSTICAS DO ACESSO AO PONTO DE MEDIÇÃO:</p> <p>LOCALIZAÇÃO DO ACESSO (TAMPA DA CAIXA DE VISITA) A. _____ (ESTRADA, CAMINHO, DESCAMPADE, ...)</p> <p>ACESSIBILIDADE AO LOCAL, COM A CARRINHA (FÁCIL, RAZOÁVEL, DIFÍCIL) _____</p> <p>ALTURA DA CAIXA DE VISITA h = _____ m</p> <p>EXISTÊNCIA DE ESCADAS DE ACESSO <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS ESCADAS <input type="checkbox"/> BOM, RAZOÁVEL, MAU</p> <p>NECESSIDADE DE HAVER CONTROLO DE TRÁFEGO <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> POLICAMENTO</p> <p>LOCAL DA MEDIÇÃO: <input type="checkbox"/> COLECTOR GRAVITIVO <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> ESTACÃO ELEVATÓRIA <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> ENTRADA / SAÍDA DE ETAR <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> DESCARGA DE CALDA DE CHEIA <input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/> CANAL A CÉU ABERTO <input type="checkbox"/></p> <p>GEOMETRIA E DIMENSÕES DA SEÇÃO DE MEDIÇÃO:</p> <p>CIRCULAR <input type="checkbox"/> RECTANGULAR <input type="checkbox"/> OVÓIDE <input type="checkbox"/> OUTRO <input type="checkbox"/></p>  <p>D_{int} = _____ mm b = _____ mm h = _____ mm</p>		<p>MATERIAL DO COLECTOR _____ (BETÃO, PVC, OREL, ...)</p> <p>DÍAMETRO EXTERNO _____ DN _____</p> <p>COLECTOR VISITÁVEL - DN > 1000 <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO COLECTOR _____ (BOM, RAZOÁVEL, MAU)</p> <p>CARACTERÍSTICAS DO ESCOAMENTO E HIDRÁULICAS:</p> <p>TIPO DE EFLENTE _____ (ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS, PLUVIAS, METAS, INDUSTRIAL - RESA, CONSUMO, ...)</p> <p>ESCOAMENTO EM SUPERFÍCIE LIVRE <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>TEM ELEVADA CARGA POLUENTE <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>TEM SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>EXISTE POSSIBILIDADE DE SEDIMENTAÇÃO <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>NECESSIDADE DE LIMPEZA <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>SEDIMENTAÇÃO _____ mm</p> <p>TEMPERATURA MÁXIMA ESPERÁVEL _____ °C</p> <p>ALTURA DE ESCOAMENTO (h) _____ m</p> <p>VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (v) _____ m/s</p> <p>ALTURA MÁXIMA DE TEMPO SECO (h_{ts}) _____ m</p> <p>ALTURA MÁXIMA - EVENTO DE PRECIPITAÇÃO (h_{max}) _____ m</p> <p>POSSIBILIDADE DE REFLUXO <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>POSSIBILIDADE DE ENTRAR EM CARGA <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>EXISTEM RAMAIS DE DESCARGA NA CAIXA DE VISITA <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO QUANTOS? _____</p> <p>EXISTEM OBSTÁCULOS A MONTANTE <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>ESCOAMENTO TEM PRELUVIAS ONDULAÇÕES <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO</p> <p>ESTRADA DA CALSURA NA CAIXA DE VISITA _____ (BOM, RAZOÁVEL, MAU)</p> <p>TRUÇO RECTO A MONTANTE _____ m</p> <p>TRUÇO RECTO A JUSANTE _____ m</p> <p>ÂNGULO NA CAIXA DE VISITA _____ °</p> <p>DEGRAU NA CAIXA DE VISITA _____ mm</p> <p>ERRO MÁXIMO ADMITIDO _____ %</p> <p>OUTROS COMENTÁRIOS _____</p>  <p>PERFIL LONGITUDINAL _____</p> <p>PLANTA _____</p>		<p>SOLUÇÃO PREVISTA:</p> <p>EQUIPAMENTO FIXO <input type="checkbox"/></p> <p>EQUIPAMENTO PORTÁTIL <input type="checkbox"/></p> <p>SENSOR DE VELOCIDADE EM CUNHA <input type="checkbox"/></p> <p>SENSOR US-ÁGUA <input type="checkbox"/></p> <p>SENSOR US-AR <input type="checkbox"/></p> <p>SENSOR DE NÍVEL EXTERNO <input type="checkbox"/></p> <p>SENSOR DE PRESSÃO <input type="checkbox"/></p> <p>SENSOR DE VELOCIDADE DE INSERÇÃO <input type="checkbox"/></p> <p>NPP <input type="checkbox"/></p> <p>BARRAGEM / DESCARREGADOR <input type="checkbox"/></p> <p>ABRACADEIRA DE FIXAÇÃO <input type="checkbox"/></p> <p>OUTRAS CHAVAS DE FIXAÇÃO <input type="checkbox"/></p> <p>DISTÂNCIA A MONTANTE - COLOCAÇÃO DOS SENSORES _____ m</p> <p>DISTÂNCIA À REDE ELÉCTRICA _____ m</p> <p>COMPRIMENTO DE CABO _____ m</p> <p>MONITORIZAÇÕES PREVISTAS INTERVALOS DE _____ DIAS</p> <p>DÍAMETRO _____ mm</p> <p>DÍAMETRO _____ mm</p>  <p>PERFIL LONGITUDINAL _____</p> <p>PERFIL TRANSVERSAL _____</p>	

3

MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO



Localização do Medidor de Caudal

3

MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO



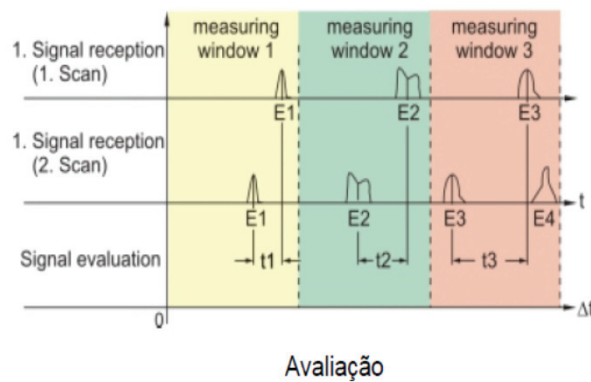
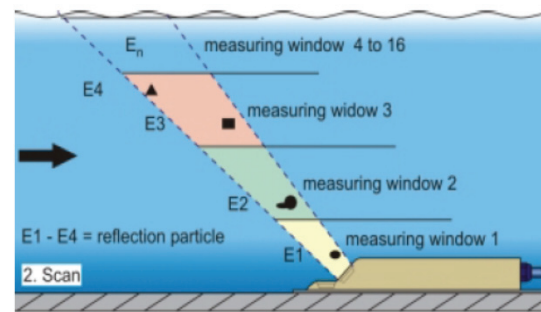
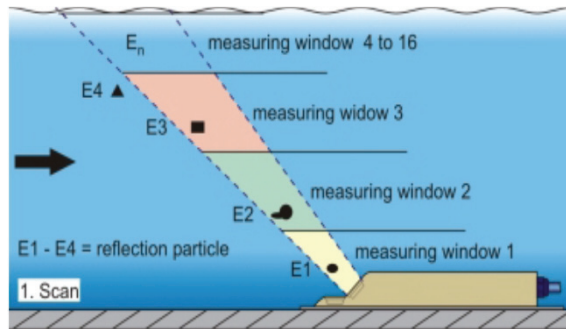
Vista interior da ribeira no ponto de medição

Sensor radar + nível ultrassónico montados no tecto

Sensor de correlação cruzada + nível hidrostático montados no leito

3

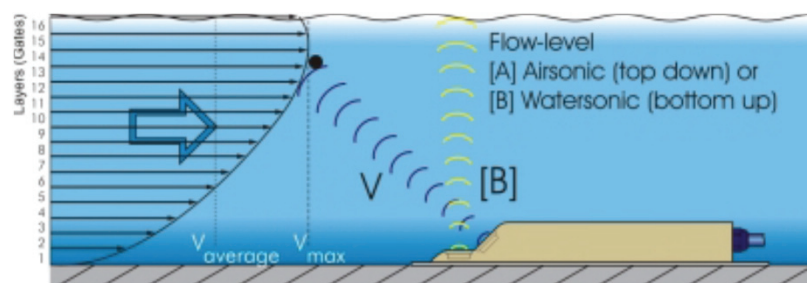
**MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO
 RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO**



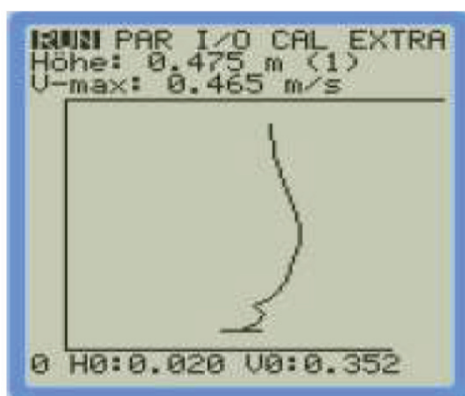
Método de medição por Correlação Cruzada

3

MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO
 RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO



Determinação do perfil de velocidades e respetiva velocidade média do escoamento



RUN PAR I/O CAL EXTRA
 Sensoren
 V-Sensor

▼ ▲ nächster Block
 h[m] v[m/s]

1	0.060	0.210
2	0.120	0.221
3	0.200	0.227
4	0.280	0.228
5	0.360	0.228
6	0.440	0.228
7	0.520	0.229
8	0.600	0.231

RUN PAR I/O CAL EXTRA
 Sensoren
 V-Sensor

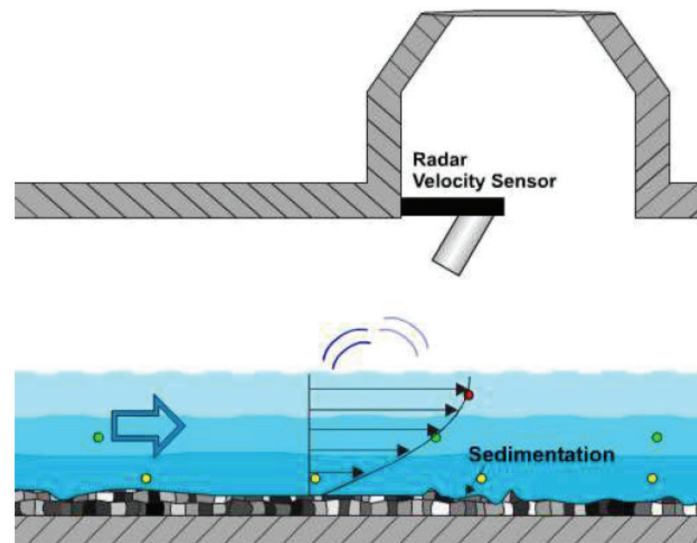
▼ ▲ nächster Block
 h[m] v[m/s]

9	0.680	0.234
10	0.759	0.236
11	0.845	0.227
12	0.922	0.228
13	1.019	0.228
14	1.158	0.228
15	1.269	0.229
16	1.380	0.219

Visualização do perfil de velocidades e níveis dos 16 segmentos
 de medição no display do equipamento

3

MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO



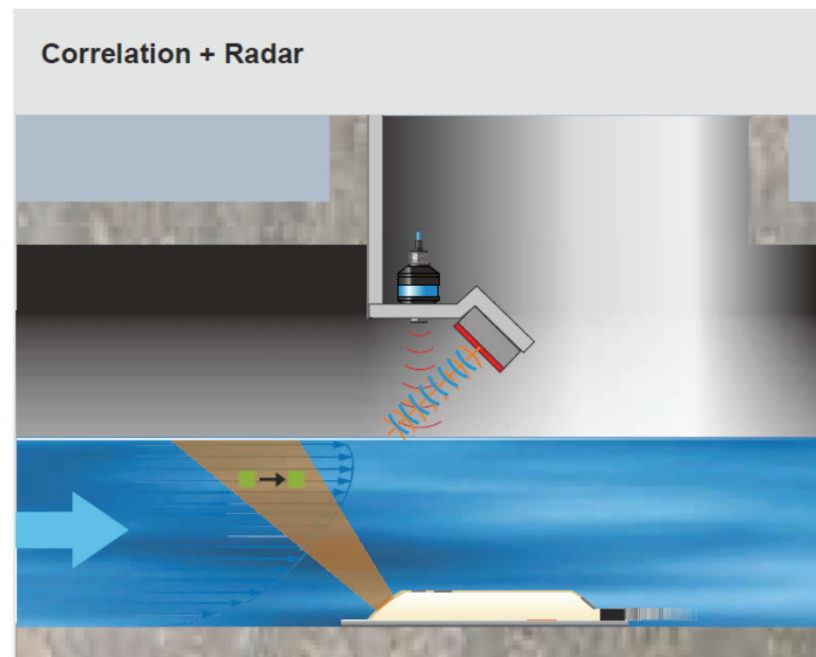
Medição da velocidade superficial do escoamento com tecnologia de Radar

3

MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO

Medições redundantes

Auto calibração



Exemplo de aplicação do
caudalímetro híbrido (Correlação Cruzada + Radar)

3

MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO



Exemplo do display do caudalímetro montado na ribeira de Aldoar

3

MEDIÇÃO DE CAUDAIS EM TEMPO SECO E COM EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO RIBEIRA DE ALDOAR / PORTO

AMPLITUDE DAS MEDIÇÕES

Caudais muito elevados com turbulência e velocidades até 20m/s

Caudais reduzidos com superfície do caudal sem ondulação e velocidades da ordem dos mm/s

Nível muito elevado, mesmos quando o sistema fica em carga

Nível mínimo a partir de “0”

Tempo seco:

Caudal 53m³/h, Velocidade 50mm/s, Nível 60mm

Eventos de precipitação:

Caudal 64.000m³/h, Velocidade 4,4m/s, Nível 800mm

Amplitude superior a 1/1000

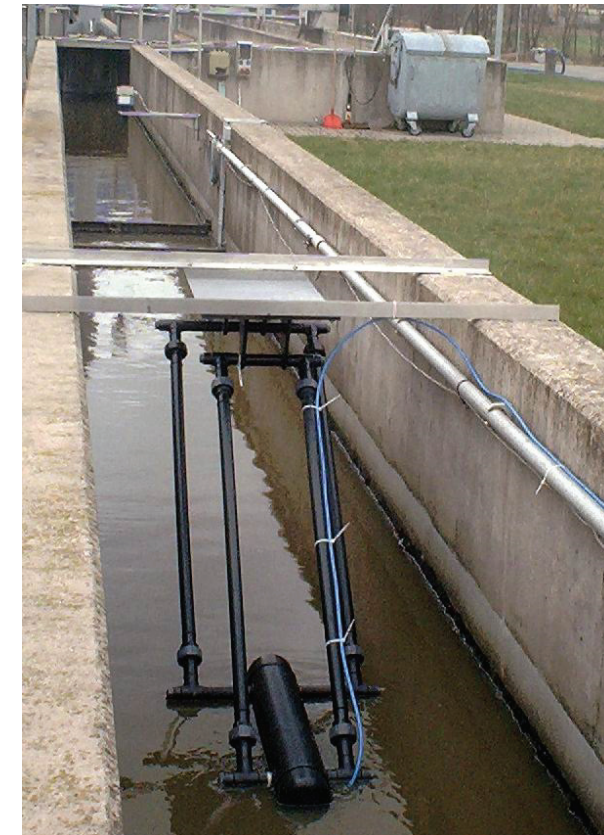
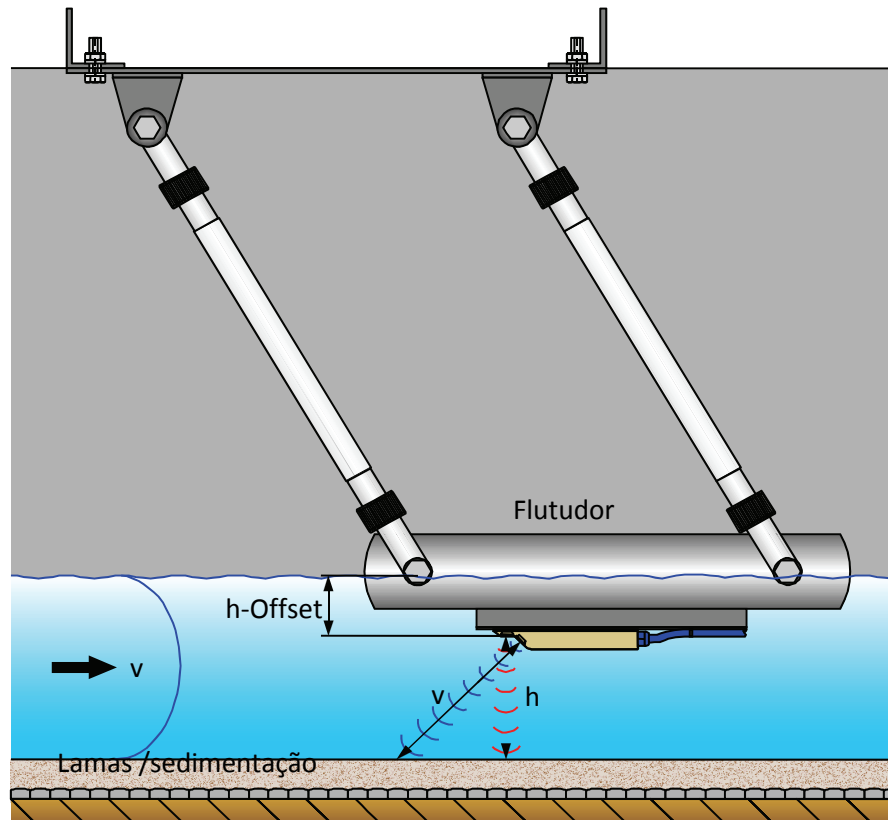
4

SEDIMENTAÇÃO – ETAR DE FROSSOS - BRAGA



5

MEDIÇÃO DE CAUDAL EM CANAL COM NÍVEL DE SEDIMENTOS VARIÁVEL



Canal rectangular com sensor "flutuante".

Largura=1 m ; Altura=1.2 m ; Sedimentação até 0.13 m

6

CASO DE ESTUDO – SOLVAY PORTUGAL - PÓVOA DE SANTA IRIA

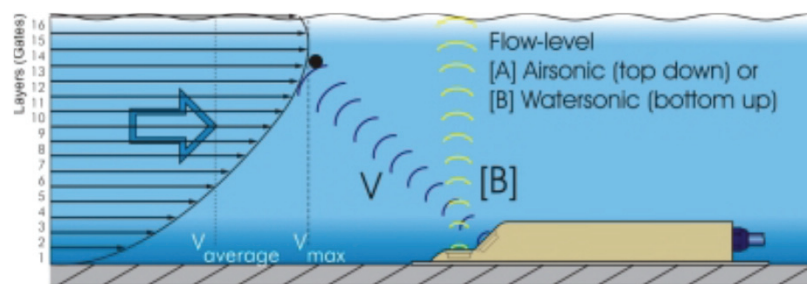


Medição da descarga para o Rio Tejo - Influência da maré

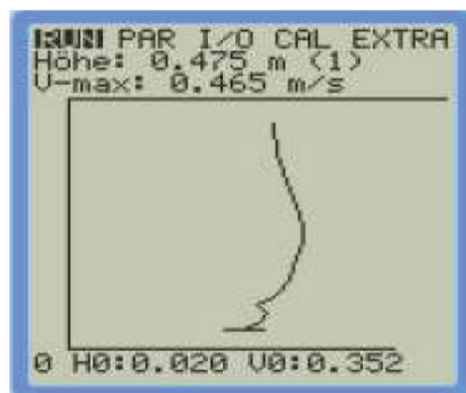
6

CASO DE ESTUDO – SOLVAY PORTUGAL - PÓVOA DE SANTA IRIA

Correlação cruzada



Determinação do perfil de velocidades e respetiva velocidade média do escoamento



RUN PAR I/O CAL EXTRA		
Sensoren V-Sensor		
▼ ▲ nächster Block		
	h[m]	v[m/s]
1	0.060	0.210
2	0.120	0.221
3	0.200	0.227
4	0.280	0.228
5	0.360	0.228
6	0.440	0.228
7	0.520	0.229
8	0.600	0.231

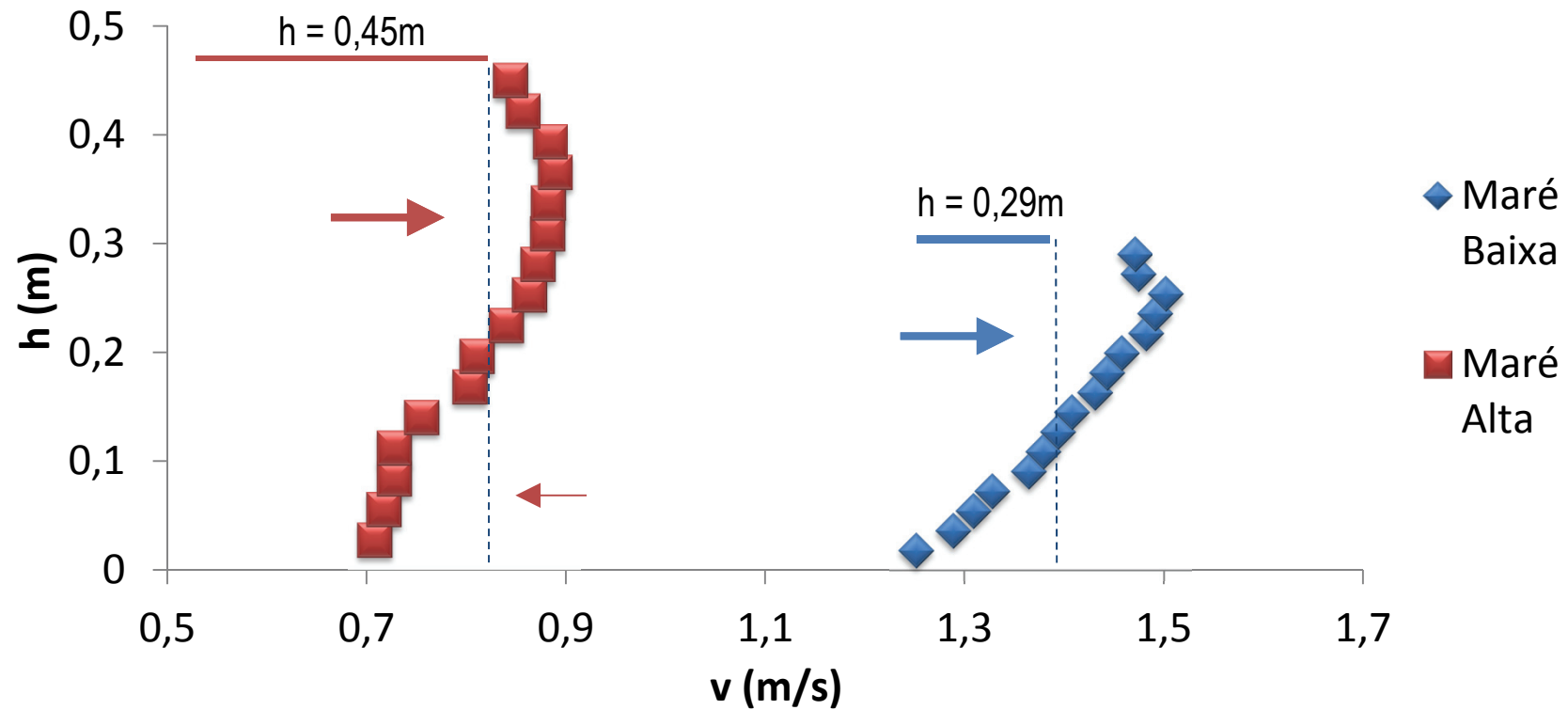
RUN PAR I/O CAL EXTRA		
Sensoren V-Sensor		
▼ ▲ nächster Block		
	h[m]	v[m/s]
9	0.680	0.234
10	0.759	0.236
11	0.845	0.227
12	0.922	0.228
13	1.019	0.228
14	1.158	0.228
15	1.269	0.229
16	1.380	0.219

Visualização do perfil de velocidades e níveis dos 16 segmentos de medição no display do equipamento

6

CASO DE ESTUDO – SOLVAY PORTUGAL - PÓVOA DE SANTA IRIA

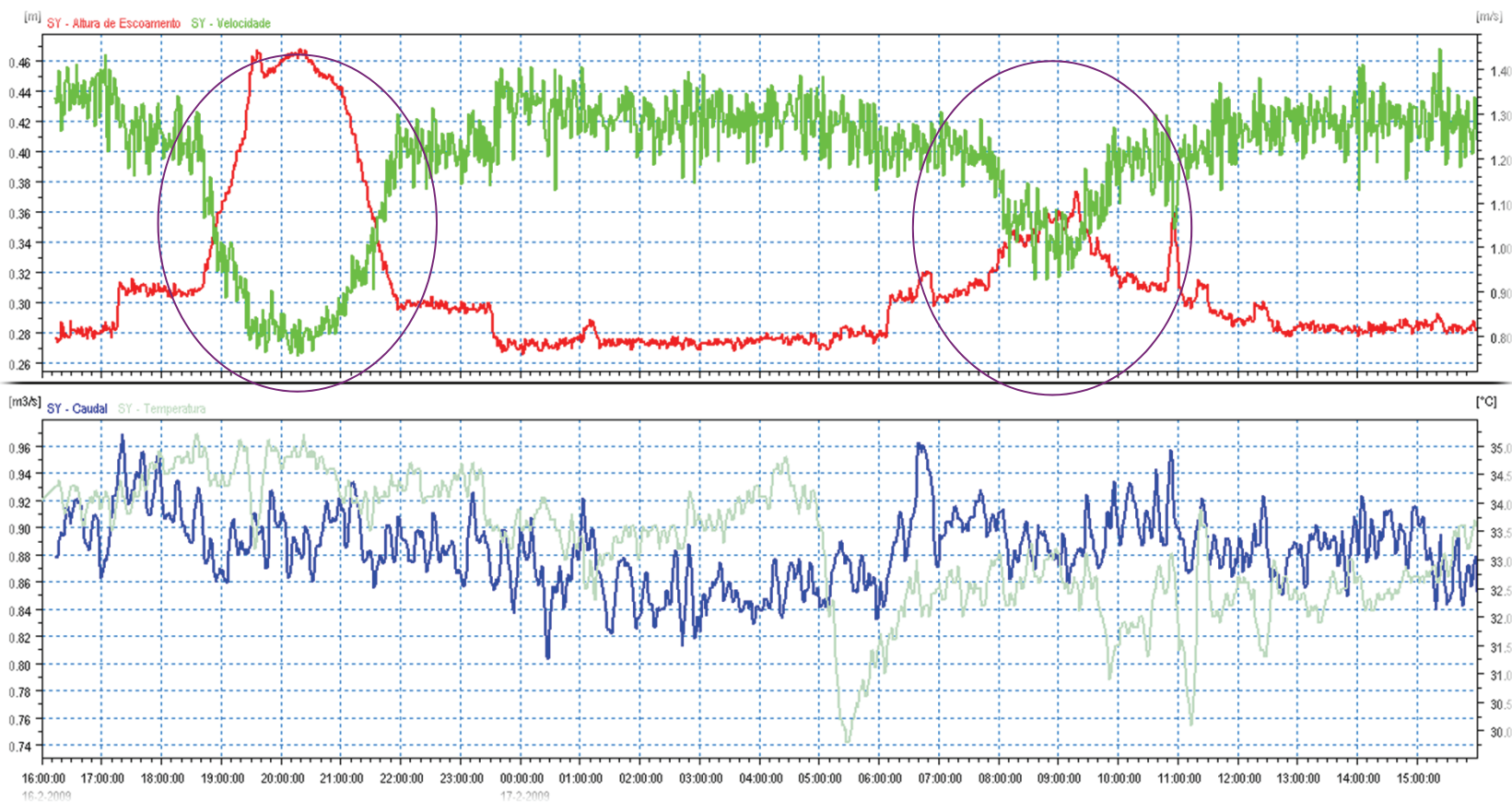
Influência da maré para caudal aprox. constante
 $Q = 900 \text{ l/s}$



6

CASO DE ESTUDO – SOLVAY PORTUGAL - PÓVOA DE SANTA IRIA

PERÍODO DE MEDIÇÃO – 24 HORAS



7

CAUDAIS MÍNIMOS

ELEMENTO RESTRITOR



7

CAUDAIS MÍNIMOS

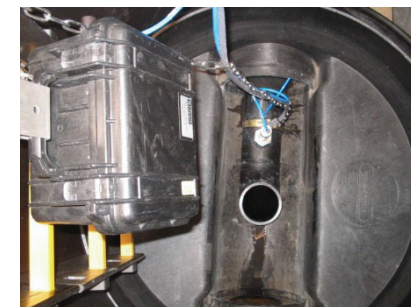
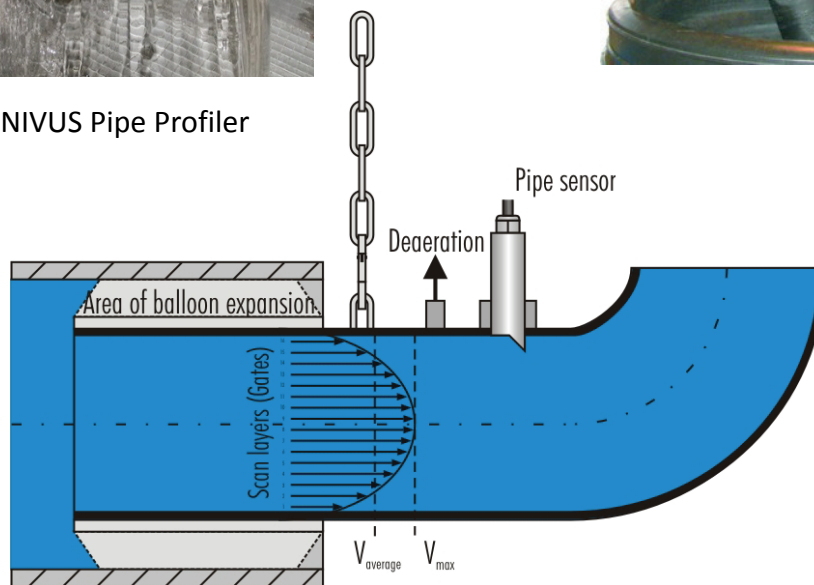
CACHIMBO



NPP – NIVUS Pipe Profiler



NPP – Instalação numa caixa de visita

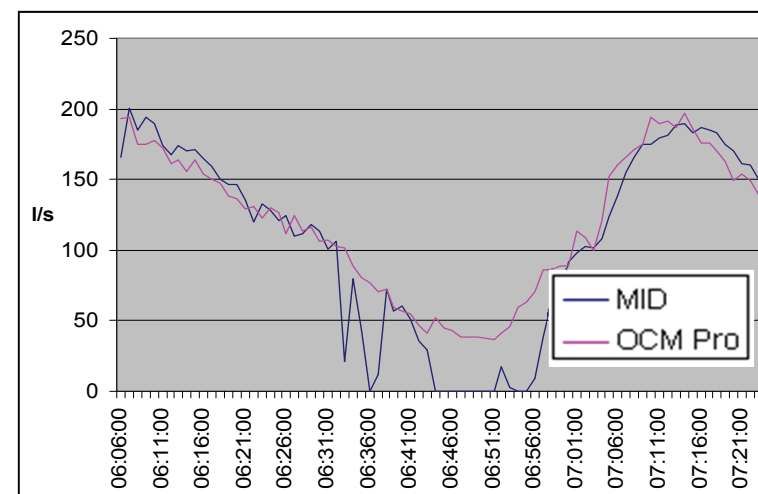


Medição de caudal numa tubagem permanentemente cheia (NPP) com PCM Pro

7

CAUDAIS MÍNIMOS

CAUDALÍMETRO ELECTROMAGNÉTICO / CORRELAÇÃO CRUZADA



Medição com um caudalimetro electromagnetico (1200mm) na descarga de uma ETAR com a construção de um sifão

Problema:

Durante os períodos nocturnos verificam-se caudais de → 50...80 l/s com velocidades de 0,04 ... 0,06m/s.

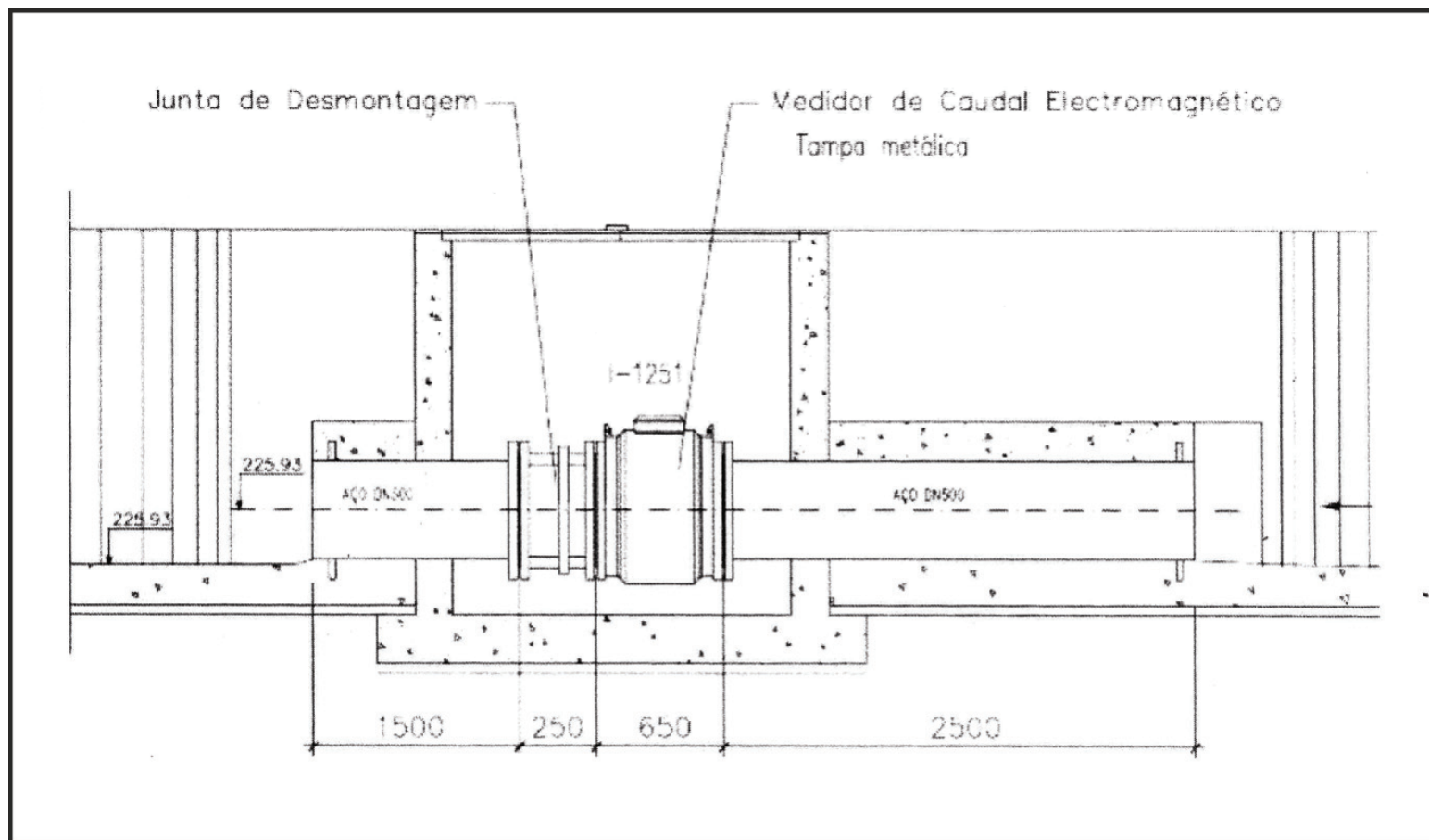
Resultado: deixava de haver indicação

O uso do OCM mudou a situação.

8

ETAR DE ÉVORA – SUBSTITUIÇÃO DO CAUDALIMETRO DE ENTRADA

PROBLEMA



8

ETAR DE ÉVORA – SUBSTITUIÇÃO DO CAUDALIMETRO DE ENTRADA (ELETROMAGNÉTICO DE SECÇÃO PARCIALMENTE CHEIA)



8

ETAR DE ÉVORA – SUBSTITUIÇÃO DO CAUDALIMETRO DE ENTRADA (ELETROMAGNÉTICO DE SECÇÃO PARCIALMENTE CHEIA)



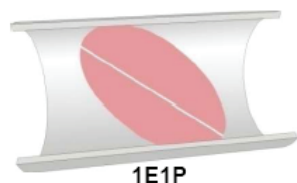
9

SISTEMA DE REGADIO DO ALQUEVA – EDIA

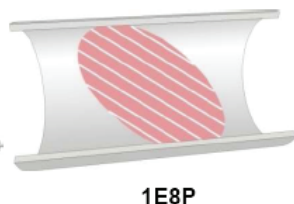
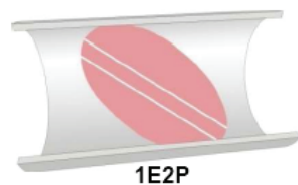
MEDIÇÕES DE ACORDO COMEN ISO 6416:2004

Tempo de trânsito

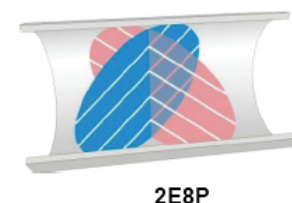
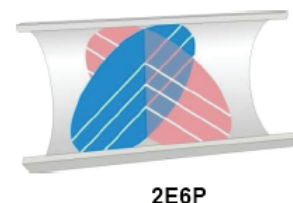
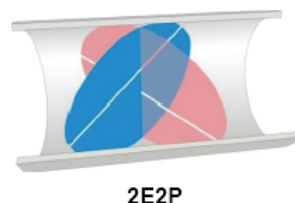
1 Percurso



Multi-Percursos



Percursos cruzados



Superior Accuracy of Transit Time Flow Meters

Flow Rate Measurement Percentage Error of measured flow rate

Configuration	Full Pipe	F.P. calibrated	Open Channel
Single-Path System	± 2%	-	± 4-8%
2-Path System	± 1%	± 0.5%	± 3-5%
4-Path System	± 0.5%	± 0.3%	± 2-3%
8-Path System	± 0.2%	± 0.1%	± 1-2%

9

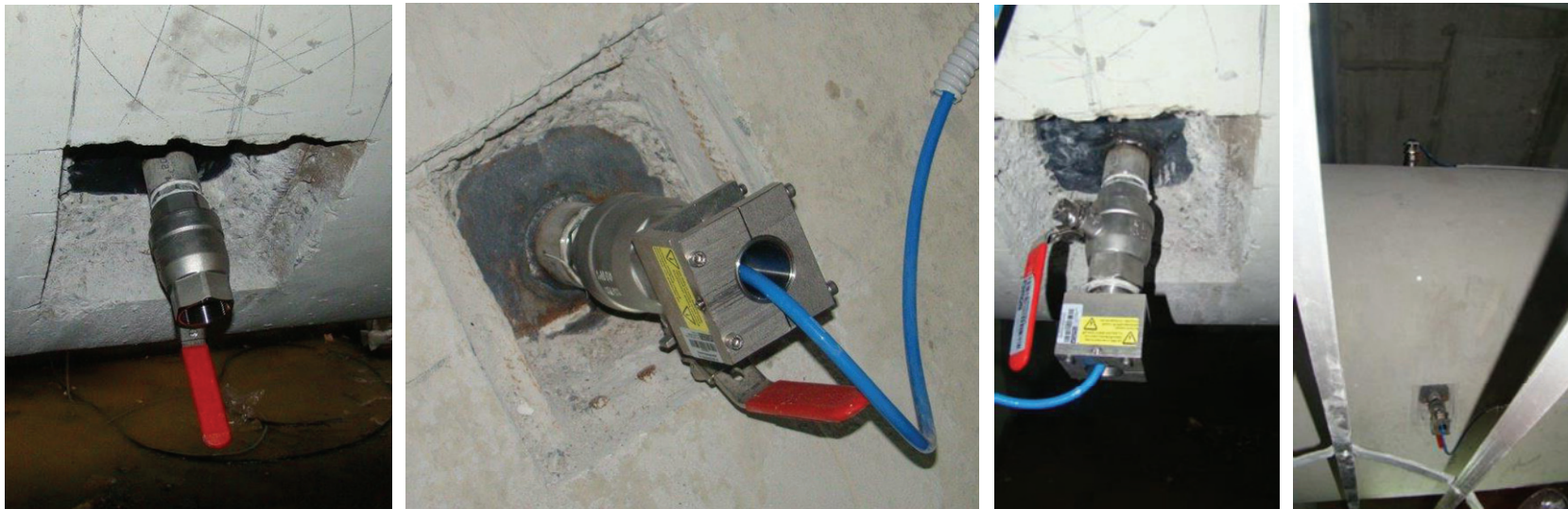
SISTEMA DE REGADIO DO ALQUEVA – EDIA



Instalação em conduta DN 1200, com 2 pares de sensores (2 percursos)

9

SISTEMA DE REGADIO DO ALQUEVA – EDIA



Instalação de sensores em conduta de betão com alma de aço DN 1800

**CASOS PRÁTICOS DE
MEDIÇÃO DE CAUDAL
PROBLEMAS / SOLUÇÕES**

Álvaro Caldas

**OBRIGADO
PELA
ATENÇÃO !**