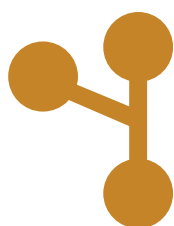


REVISTA TÉCNICO - CIENTÍFICA



robótica®

automação
controlo
instrumentação



ARTIGO CIENTÍFICO

- Karnough Maps Approach to Understanding Control Implementation behind Digital Pneumatics (2.ª Parte)
- Soft motion planning – Managing velocity, acceleration and jerk

VOZES DE MERCADO

- i5.0 – revolução industrial e visão artificial

INSTRUMENTAÇÃO

- Descarregadores para medição de caudais em canais abertos

AUTOMAÇÃO E CONTROLO

- Automatismos programáveis (2.ª Parte)

ELETRÓNICA INDUSTRIAL

- Eletrónica (9.ª Parte)

PORTUGAL 3D

- Impressão 3D de bonecos de teste de colisão tornará os futuros automóveis mais seguros para os seniores

DOSSIER SOBRE MÁQUINAS E LINHAS DE PRODUÇÃO

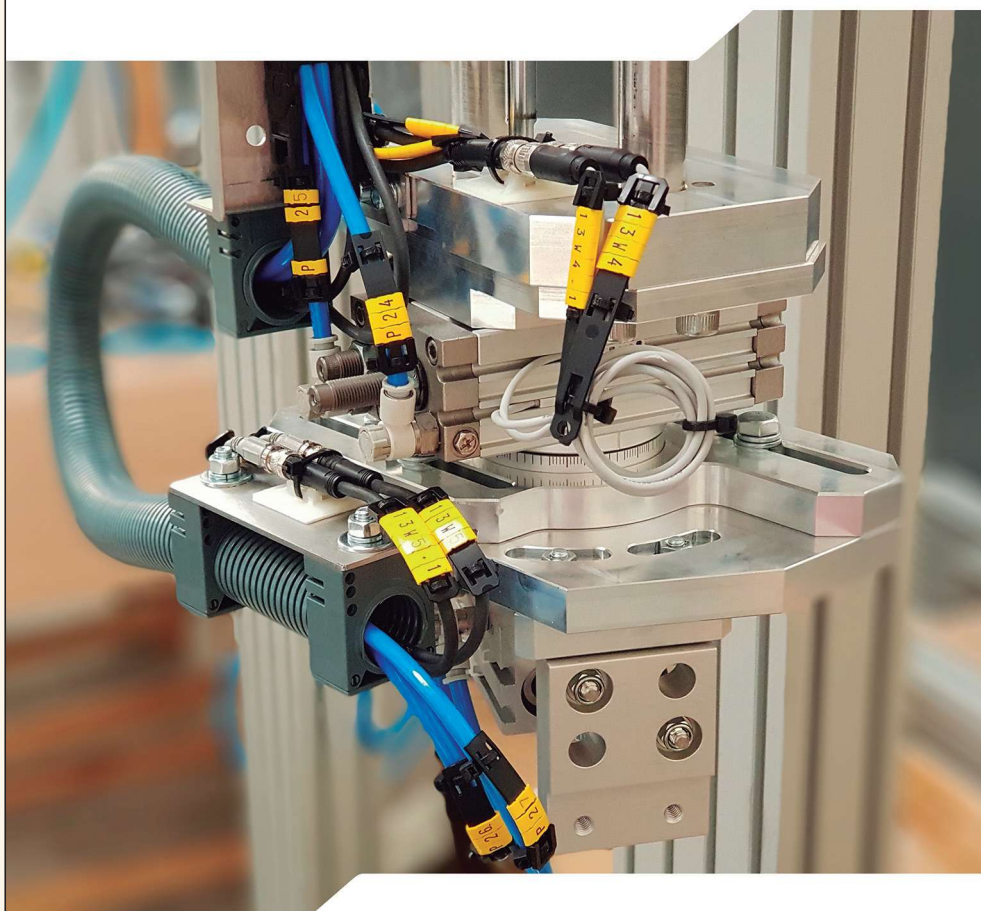
- A utilização de interfaces HMI nas linhas de produção
- Revolução 4.0: como essa revolução já impacta na indústria e na forma como a sociedade ganha dinheiro
- A inovação na lubrificação para o aumento da produtividade
- O papel dos fabricantes de máquinas no contexto atual
- Acionamentos para a produção na indústria das bebidas
- Conetividade na Indústria 4.0

ENTREVISTA

- Antonio Pinheiro, FANUC: "ênfase no cliente e a aposta na excelência técnica, nas tecnologias avançadas"

TROPIMÁTICA®

Robótica e Automação Industrial



**Células Robotizadas
Linhas de Produção
Equipamentos por medida**

Descarregadores para medição de caudais em canais abertos

O descarregador é um elemento primário, utilizado para a medição de caudal em canais abertos. Só pode, portanto, ser utilizado com líquidos, sendo a medição de caudais de água de irrigação e de efluentes industriais de dimensão apreciável a sua utilização mais comum.

Consiste numa obstrução (parede) colocada perpendicularmente ao canal, com secção bem definida, como mostra a Figura 1.

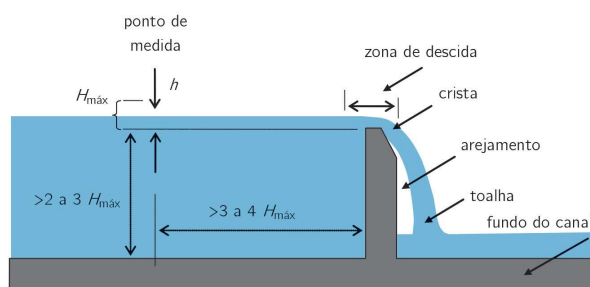


Figura 1. Secção longitudinal de um descarregador para medição de caudal.

O caudal, através de uma abertura, pode ser obtido recorrendo à Lei de Torricelli

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

em que:

v – velocidade do líquido;

g – aceleração da gravidade ($g=9,80 \text{ m s}^{-2}$);

h – altura do líquido acima da abertura.

A Lei de Torricelli é um teorema da dinâmica de fluidos que relaciona a velocidade v de escoamento de um líquido, através de uma abertura na parede de um reservatório atmosférico, com a altura h desse líquido, acima da referida abertura.

Particularizando a Lei de Torricelli para os descarregadores, considera-se h como sendo a altura do líquido acima da crista do descarregador e a equação (2) vem afetada de um coeficiente empírico de descarga C_d , função da configuração geométrica do descarregador.

Face ao exposto e considerando que o caudal volumétrico q de um líquido resulta do produto entre a sua velocidade v e a secção transversal A atravessada por esse mesmo fluido, obtém-se

$$q = C_d A \sqrt{2gh} \quad (2)$$

As principais configurações geométricas de descarregadores, cujos caudais são obtidos a partir da aplicação da expressão (2) são as que a seguir se apresentam.

1. DESCARREGADOR DE SECÇÃO RECTANGULAR, SEM CONTRACÇÃO DA VEIA LÍQUIDA

Considere-se o descarregador de secção rectangular, sem contracção da veia líquida, representado na Figura 2 e para o qual se tem

$$q = \frac{2}{3} C_{d1} \sqrt{2g} L h^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

em que:

q – caudal através do descarregador, em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

C_{d1} – coeficiente de descarga, adimensional;

g – aceleração da gravidade ($g=9,80 \text{ m s}^{-2}$);

L – largura do descarregador, em m;

h – altura do líquido acima da crista do descarregador, em m.

$$\begin{cases} C_{d1} = 0,4 + 0,05 \frac{h}{P_h} & ; \frac{h}{P_h} \leq 10 \\ C_{d1} = 0,745 & ; \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

Na Figura 2, $H_{máx}$ representa a altura máxima do líquido, acima da crista do descarregador, e P_h representa a altura da parede do descarregador.

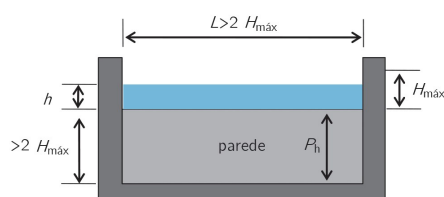


Figura 2. Secção transversal de um descarregador rectangular, sem contracção da veia líquida.

2. DESCARREGADOR DE SECÇÃO RECTANGULAR, COM CONTRACÇÃO DA VEIA LÍQUIDA

Considere-se o descarregador de secção rectangular, com contracção da veia líquida, representado na Figura 3 e para o qual se tem

$$q = \frac{2}{3} C_{d1} \sqrt{2g} (L - 0,2h) h^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

em que as variáveis e constantes têm o mesmo significado que para a equação (3) e o coeficiente de descarga C_{d1} é o apresentado na equação (4).

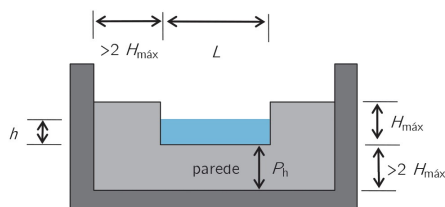


Figura 3. Secção transversal de um descarregador rectangular, com contracção da veia líquida.

3. DESCARREGADOR DE SECÇÃO TRIANGULAR

Considere-se o descarregador de secção triangular, representado na Figura 4 e para o qual se tem

$$q = \frac{8}{15} C_{d2} \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) h^{\frac{5}{2}} \quad (6)$$

em que as variáveis e constantes têm o mesmo significado que para a equação (3).

O ângulo α do descarregador pode variar entre os 20° e os 100° e o valor do coeficiente de descarga C_{d2} é dado pela seguinte expressão

$$C_{d2} = 0,607165052 - 0,000874466963\alpha + 6,10393334 \times 10^{-6} \alpha^2 \quad (7)$$

podendo variar entre o valor mínimo $C_{d2}=0,5759$ (quando $\alpha=75^\circ$) e máximo $C_{d2}=0,5921$ (quando $\alpha=20^\circ$).

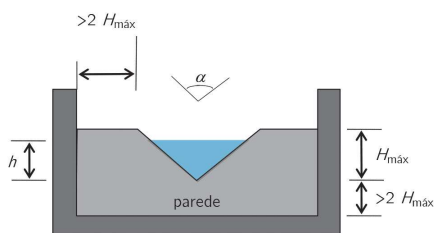


Figura 4. Secção transversal de um descarregador triangular.

4. DESCARREGADOR DE SECÇÃO TRAPEZOIDAL

O escoamento através de um descarregador trapezoidal é equivalente à soma do escoamento através de um descarregador de

secção rectangular, com o escoamento através de um descarregador triangular.

Considere-se o descarregador de secção trapezoidal, representado na Figura 5 e para o qual se tem

$$q = \frac{2}{3} C_{d1} \sqrt{2g} L h^{\frac{3}{2}} + \frac{8}{15} C_{d2} \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) h^{\frac{5}{2}} \quad (8)$$

em que as variáveis e constantes têm o mesmo significado que para as equações (3) e (6) e os coeficientes de descarga C_{d1} e C_{d2} são os apresentados nas equações (4) e (7).

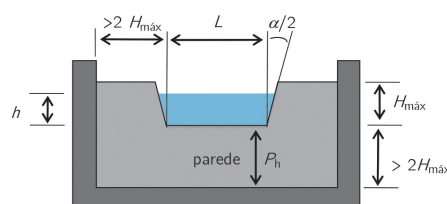


Figura 5. Secção transversal de um descarregador trapezoidal.

5. DESCARREGADOR CIPOLLETTI

O descarregador Cipolletti¹ é um caso particular do descarregador de secção trapezoidal, em que a inclinação das paredes laterais tem uma razão de 4:1 entre a vertical e a horizontal, isto é tem-se $\alpha/2=14^\circ$, na Figura 5. Para este descarregador, o caudal q é dado por

$$q = 3,367 L h^{\frac{3}{2}} \quad (9)$$

De realçar que, neste caso particular, o coeficiente de descarga é $C_d=3,367$, constante e independente dos parâmetros geométricos L e P_h .

6. CARACTERÍSTICAS DOS DESCARREGADORES, VANTAGENS E INCONVENIENTES

- **Precisão do descarregador** – Conseguem-se valores de 2% do caudal máximo de projecto, para uma instalação cuidada.
- **Calibração** – Apenas é necessário efectuar o ajuste de zero. É importante que o elemento secundário, o indicador da cota h , tenha uma precisão maior ou igual à do descarregador.
- **Vantagens** – Para a medição de caudais elevados em canais abertos, são os de mais simples construção. São fáceis de instalar e baratos. Os descarregadores triangulares utilizam-se, de um modo geral, para caudais menores do que os retangulares.
- **Inconvenientes** – Dão origem ao aparecimento, no canal, de depósitos de materiais como areias, pedras e detritos diversos. ⚠

¹ Cesare Cipolletti, engenheiro hidráulico italiano, 1843–1908.