

COMPARAÇÃO DE MEDIDA DE VAZÃO DE FLUIDOS PELA TÉCNICA DE TRANSIENTE DE TEMPO E PELA TÉCNICA DO AJUSTE DE MODELOS DE DISPERSÃO AXIAL USANDO MOMENTOS ESTATÍSTICOS

Carolina Latini Cova - Luís Eduardo Barreira Brandão
Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

O emprego de traçadores radioativos em medidas de vazão e outros parâmetros de fluxo vem sendo amplamente explorado por apresentar algumas vantagens em detrimento a outras técnicas convencionais. Entre elas: a alta sensibilidade do sistema de detecção, o método não invasivo de medida e a grande variedade e disponibilidade de radioisótopos. [1]

As técnicas utilizadas permitem determinar a velocidade do fluido pela passagem da nuvem radioativa ao longo da tubulação. Para isso, dois detectores são posicionados próximos à parede do tubo e ligados a um registrador de dois canais. Injeta-se o traçador na tubulação e sua passagem pelos detectores determinarão, no registrador, duas curvas características de intensidade de radiação por tempo. [2]

Conhecendo-se o volume, a vazão pode ser calculada a partir do transiente de tempo entre os dois sinais de um pulso do traçador ou pelo ajuste de modelos de dispersão axial usando momentos estatísticos. Os resultados obtidos são tão melhores quanto maiores forem as distâncias entre a injeção e os detectores para garantir que o radioisótopo esteja distribuído uniformemente por toda a seção medida.

OBJETIVO

Comparar o resultado da vazão de água em dutos medidos pela técnica do ajuste do modelo de dispersão axial empregando-se momentos estatísticos de ordem zero e Transiente de Tempo e analisar a precisão dessa medida.

METODOLOGIA

Para o cálculo da vazão da água foi utilizada solução aquosa de KBr marcado por ⁸²Br. Injetou-se 2mL (≈ 40μCi) da solução, por pulso rápido, em um duto com diâmetro interno de (2,00 +/- 0,05)cm. Foram utilizados dois detectores de NaI 2x2, colimados, com abertura de 2" e blindagem lateral com 5cm de chumbo. Realizaram-se medidas com intervalo de tempo de 0,001s. Obtiveram-se, então, as curvas RTD (distribuição do tempo de residência) para os experimentos.

Pelo método do Transiente de Tempo, obtemos os valores do primeiro momento em torno da origem (μ - média de distribuição) e o segundo momento em torno da média (σ^2 - variância), utilizando as formulas:

$$\mu = \frac{\int_0^{\infty} x f(x) dx}{\int_0^{\infty} f(x) dx} \quad \sigma^2 = \frac{\int_0^{\infty} (x-\mu)^2 f(x) dx}{\int_0^{\infty} f(x) dx} \quad [1]$$

$\mu(D_i) = \tau_i$ = primeiro momento em torno da origem na posição D_i do detector i .

Para a técnica de modelos estatísticos:

$$H(S) = \frac{Y(S)}{X(S)} = \frac{C_{out}(S)}{C_{in}(S)} = \frac{M_{out}^0(S)}{M_{in}^0(S)}$$

$C_{in}(S)$ - Curva detetor 1 no espaço de Laplace

$C_{out}(S)$ - Curva detetor 2 no espaço de Laplace

Ajuste Fluxo Pistão: $H(s) = e^{-Ts}$

Ajuste Dispersão Axial:

$$H(s) = \exp \left[\left(\frac{P}{z} \right) \left(1 - \sqrt{1 + \frac{4Ts}{P}} \right) \right]$$

Assim, a vazão (Q) pode ser calculada pela seguinte formula:

$$Q = \frac{\text{volume do fluido entre D1 e D2}}{\text{transiente de tempo entre os sinais}} = \frac{AL}{\tau_2 - \tau_1}$$

E sua incerteza por [3]:

$$\left(\frac{\Delta Q}{Q}\right)^2 = \left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2$$

A = área da seção reta do duto

L = distância entre os detectores

$$T = \tau_2 - \tau_1$$

τ_1

RESULTADOS

A curva abaixo é um exemplo de uma curva RTD obtida no registrador após a passagem da nuvem radioativa.

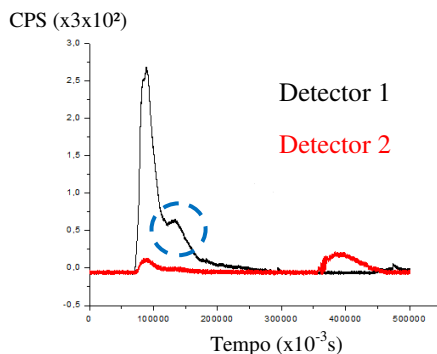


Figura 1. Vazão de 0,5 GPM.

O efeito assinalado é o efeito de cauda. A atividade da nuvem radioativa que passa por uma parte da tubulação localizada próxima ao detector um tempo após passar pelo ponto de detecção é ainda registrada pelo sistema. Isso pode ser atribuído à ausência de colimação.

Os dados a seguir correspondem ao experimento de 1,0 GPM sem e com colimador, respectivamente, para os quais são apresentados os valores do intervalo de confiança a partir da estatística T de Student.

τ_1	58.9915	τ_1	59.7734
σ_1^2	5.86240	σ_1^2	5.28354
τ_2	200.204	τ_2	212.985
σ_2^2	43.9122	σ_2^2	14.3292
Q(gpm)	1.05298	Q(gpm)	0.97051
ΔQ	0.07443	ΔQ	0.05605
T99%	0.13551	T99%	0.04801

Interv. (99%) s/ colimação:

$$0.9844 < Q < 1.1409 \text{ gpm}$$

Interv. (99%) colimado: $0.9421 < Q < 0.9975$
gpm

Interv. $0.9421 < Q$
(99%) < 0.9975

Observa-se que os valores de σ^2 são os que mais contribuem no valor da incerteza.

No caso colimado, o sinal registrado pelo primeiro detector não é influenciado pelo efeito de cauda, pois sua sensibilidade é reduzida a uma seção menor do duto (diminui o ângulo sólido). Logo, o resultado é mais preciso.

Os efeitos citados são fontes de erro no cálculo da vazão e da incerteza. Sendo assim, além de subtrair a radiação de fundo [3], foram necessários alguns cálculos e escolha adequada dos limites de integração para que esses efeitos fossem minimizados.

A partir do método dos momentos estatísticos, obteve-se, para vazão de 1,0 GPM, (0.999 ± 0.003) GPM e pelo transiente de tempo (1.002 ± 0.004) GPM. Sendo assim, este pode ser aplicado com boa precisão nesse caso, o que não seria verdade caso houvesse um efeito de dispersão considerável.

CONCLUSÕES

A vazão de água e sua incerteza foram calculadas, notando a importância da colimação e da blindagem na obtenção de melhores curvas. Comparando com o método dos momentos estatísticos, observou-se que técnica do transiente de tempo permitiu a obtenção de bons resultados, com precisão em torno de 3%, para os casos estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Levenspiel, O. – Chemical Reaction Engineering – Chicago
- [2] Aun, M. R. – Emprego de Traçadores Radioativos em Medidas de Vazão – Belo Horizonte. Maio 1973
- [3] Brandão, Luis E. B. – Otimização de unidades de tratamento de águas residuais urbanas e industriais empregando-se traçadores radioativos – Tese de Doutorado – COPPE/UFRJ. Julho 2002

APOIO FINANCEIRO

CNPq, PROBIC.