

# MEDIDAS DE VAZÃO PELAS TÉCNICAS DE TRANSIENTE DE TEMPO E “CROSS-CORRELATION”

William Luna Salgado e Luis Eduardo Barreira Brandão  
Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

## INTRODUÇÃO

Em muitos processos industriais, é necessário conhecer a grandeza vazão com a finalidade de controlar de forma eficiente o transporte de fluidos. A maioria dos medidores industriais mede a vazão volumétrica a partir da medida da velocidade do fluxo e da área da seção transversal do tubo.

O método de medida de vazão com radiotraçadores possibilita o monitoramento externo e alta sensibilidade. Empregando a metodologia de transiente de tempo [1] pode-se determinar a vazão de um fluido a partir da diferença entre os sinais registrados por dois detectores, posicionados na parede de um tubo, quando o radiotraçador passar por eles. O intervalo de tempo entre os registros da nuvem radioativa também pode ser avaliado pelo método da medida de *cross-correlation* [2] entre os dois sinais. Esta metodologia permite avaliar o transiente de tempo mesmo para sinais que apresentem flutuações devido a problemas na injeção ou possíveis perturbações no deslocamento do fluido no interior do duto.

## OBJETIVO

Comparar a precisão das medidas de vazão em dutos pelas técnicas de Transiente de Tempo e *Cross-Correlation*.

## METODOLOGIA

O radiotraçador (solução aquosa de KBr contendo Bromo-82) é injetado numa tubulação, totalmente preenchida com água, constituída de Policloreto de Vinila

com  $\frac{3}{4}$  polegada de diâmetro interno. O processo de injeção do traçador deve ser o mais próximo possível de um pulso instantâneo.

Foram posicionados dois detectores cintiladores NaI(Tl) 2"x2" colimados a uma distância de 7,35 cm em relação ao centro do tubo. Os detectores foram envolvidos com uma blindagem de chumbo com paredes de 5 cm de espessura visando minimizar a radiação de fundo, foi utilizado como colimador um bloco de chumbo com abertura de 2,5 cm de diâmetro. O segundo detector foi posicionado a uma distância de 29,85 m em relação ao primeiro detector.

A partir daí, estabeleceram-se dois valores de vazões, 1,0 e 2,0 gpm, medidos por sensor convencional, após isto, se injetou 2 ml do radiotraçador com o auxílio de uma seringa.

Com os dados experimentais corrigidos pelo programa “TRAÇADORES” [3], são realizados os cálculos do primeiro momento ( $\tau$ ), tempo médio de residência e o segundo momento ( $\sigma\tau^2$ ), sua incerteza associada.

O deslocamento do traçador na região de detecção de cada detector é muito rápido, para uma melhor precisão nos resultados finais, o intervalo de tempo entre duas contagens sucessivas selecionado pelo sistema de aquisição foi de 10 ms.

Os resultados também foram analisados pelo programa CORRELATION que fornece a função *cross correlation*. O ponto de máximo da função corresponde ao valor do tempo médio entre os dois sinais.

## RESULTADOS

Foram realizados três ensaios para cada uma das vazões e os resultados são

apresentados nas TABELAS 1 e 2.

**Tabela 1** - Dados da medida de vazão pela técnica do transiente de tempo.

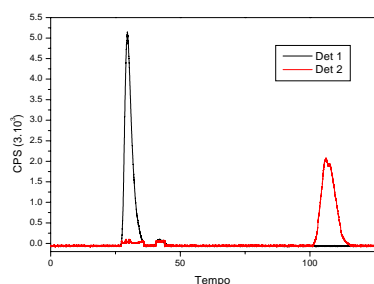
Experimentos	$\tau_1$ (s)	$\tau_2$ (s)	Vazão Teórica	Vazão Experimental	Vazão Média*
			(GPM)		
1	$59,64 \pm 2,11$	$212,49 \pm 2,71$		$0,97 \pm 0,06$	
2	$56,50 \pm 2,92$	$210,21 \pm 6,35$	$1,0 \pm 0,2$	$0,97 \pm 0,11$	$0,97 \pm 0,03$
3	$57,05 \pm 3,06$	$209,69 \pm 6,09$		$0,97 \pm 0,11$	
1	$30,27 \pm 1,46$	$107,21 \pm 2,30$		$1,93 \pm 0,05$	
2	$80,91 \pm 1,42$	$157,54 \pm 2,44$	$2,0 \pm 0,2$	$1,94 \pm 0,05$	$1,94 \pm 0,07$
3	$48,26 \pm 1,43$	$124,62 \pm 2,25$		$1,95 \pm 0,05$	

**Tabela 2** - Dados da medida de vazão pela técnica de Correlação.

Experimentos	$\tau$ (s)	Vazão Teórica	Vazão Experimental	Vazão Média*
		(GPM)		
1	$152,670 \pm 0,022$		$0,9700 \pm 0,0006$	
2	$151,670 \pm 0,023$	$1,0 \pm 0,2$	$0,9800 \pm 0,0006$	$0,98 \pm 0,05$
3	$151,220 \pm 0,022$		$0,9800 \pm 0,0006$	
1	$76,540 \pm 0,018$		$1,940 \pm 0,001$	
2	$76,120 \pm 0,016$	$2,0 \pm 0,2$	$1,950 \pm 0,001$	$1,95 \pm 0,08$
3	$75,920 \pm 0,014$		$1,960 \pm 0,001$	

\*Ponderada pela estatística de Student para 99%.

Todos os espectros registrados pelos detectores são semelhantes aos mostrados na Figura 1.



**Figura 1.** Espectros para medida experimental de vazão.

## CONCLUSÕES

Os métodos podem ser usado para a calibração e a aferição de medidores de vazão.

O resultado da técnica de transiente de tempo conduziu a resultados com erro percentual médio de 2,9% e incerteza

relativa média de 3,5%, enquanto que a técnica de *cross-correlation* conduziu a resultados com erro percentual médio de 2,4% e incerteza relativa média de 4,5%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Clayton, C. G., "The measurement of flow of liquids using radioactive isotopes" *Isotopes and Rad and Tech*, Vol.4, nº 2, 1967.
- [2] Zintny, R. Sestak
- [3] Brandão, L.E.B., "Otimização de Unidade de Tratamento de Águas Residuais Urbanas e Industriais Empregando-se Traçadores Radioativos." Tese de D.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq PIBIC.