

COMPARAÇÃO DA PERDA DE PRESSÃO CALCULADA PELO
CODIGO RELAP4/MOD5 COM RESULTADOS DA
EXPERIENCIA DADINE

ROBERTO LONGO FREITAS

RONALDO CELEM BORGES

Departamento de Tecnologia de Reatores
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Comissão Nacional de Energia Nuclear - São Paulo

RESUMO

Este trabalho objetiva avaliar os resultados de medidas de perda de pressão efetuadas na Experiência DADINE com o Código RELAP4/MOD5, enquadrando-se no contexto de avaliação teórico-experimental de códigos computacionais.

A Instalação DADINE permite medir experimentalmente a perda de pressão numa seção de teste tubular, de diâmetro hidráulico similar aqueles dos canais de refrigeração dos reatores nucleares à água leve pressurizada, sujeito as condições de escoamentos bifásicos existentes na fase de remolhamento de um acidente de perda de refrigerante primário por grande ruptura.

Observou-se nesta avaliação que o Código RELAP4/MOD5 subestimou os dados experimentais, provavelmente devido ao cálculo dos termos de perda de pressão por gravidade e atrito em escoamentos bifásicos.

ABSTRACT

The objective of this paper is the evaluation of the DADINE pressure drop experimental data with RELAP4/MOD5 Code, in the context of theoretical/experimental comparison of the computational codes.

The DADINE apparatus allows simulation of pressure drop experiments in the typical PWR cooling channels during the rewetting two-phase phenomena encountered in the LOCA accidents.

The Code underestimated pressure drop due to inadequate evaluation of the two-phase gravity and friction loss terms.

1. Introdução.

Durante a fase de remolhamento do Acidente de Perda de Refrigerante Primário - APRP, sabe-se que os principais parâmetros que influenciam na retirada de calor do núcleo do reator para uma dada potência residual são:

- pressão média no núcleo,
- temperatura inicial dos elementos combustíveis,
- temperatura da água de injeção de emergência na entrada do núcleo,
- e sobretudo, a vazão mássica da água atingindo efetivamente os elementos combustíveis.

A vazão mássica entrando efetivamente no núcleo depende da perda de pressão no circuito primário, da altura da coluna d'água no canal anular do reator e da perda de pressão no núcleo.

O conhecimento da perda de pressão no núcleo do reator é uma componente importante nesta avaliação visto a dependência existente na vazão mássica responsável pela eficiência do resfriamento do reator. Deste modo, o presente trabalho realiza uma comparação teórico-experimental entre os resultados obtidos de perda de pressão total na Experiência DADINE e aqueles do Código RELAP4/MOD5.

2. Circuito Experimental DADINE.

O Circuito Experimental DADINE [1], característico de teste de efeito separado, cujo esquema básico de funcionamento

está mostrado na figura 1, permite medir a evolução da perda de pressão total em condições similares àquelas encontradas na zona molhada de um reator nuclear após um APRP .

Visto que a medida da evolução axial da perda de pressão num tubo com aquecimento direto é afetada pela perturbação local do fluxo de calor e da dificuldade no isolamento elétrico, a seção de testes nesta Experiência é aquecida indiretamente por efeito Joule. Esta seção é vertical, com distribuição axial uniforme de potência, constituída de um tubo de inonel de 12 mm de diâmetro interno e 2 m de comprimento aquecido ao longo do qual foram acoplados 10 tomadas de medidas de pressão.

A tabela 1 apresenta as condições operacionais da Experiência DADINE cujos parâmetros essenciais são mantidos constantes ao longo do transiente.

Tabela 1 - Faixa Operacional da Experiência DADINE.

pressão (bar)	p	=	1-3-6
velocidade mássica ($g/(cm^2.s)$)	G	=	2-5-8-12
fluxo de calor (W/cm^2)	ϕ	=	1-3-5
subsaturação do fluido ($^{\circ}C$)	ΔT_{sub}	=	20-50-80

3. Comparação Teórico-experimental.

A aplicação da equação de conservação de quantidade de movimento para um escoamento bifásico permanente num canal vertical aquecido de seção reta uniforme, mostra que a perda de

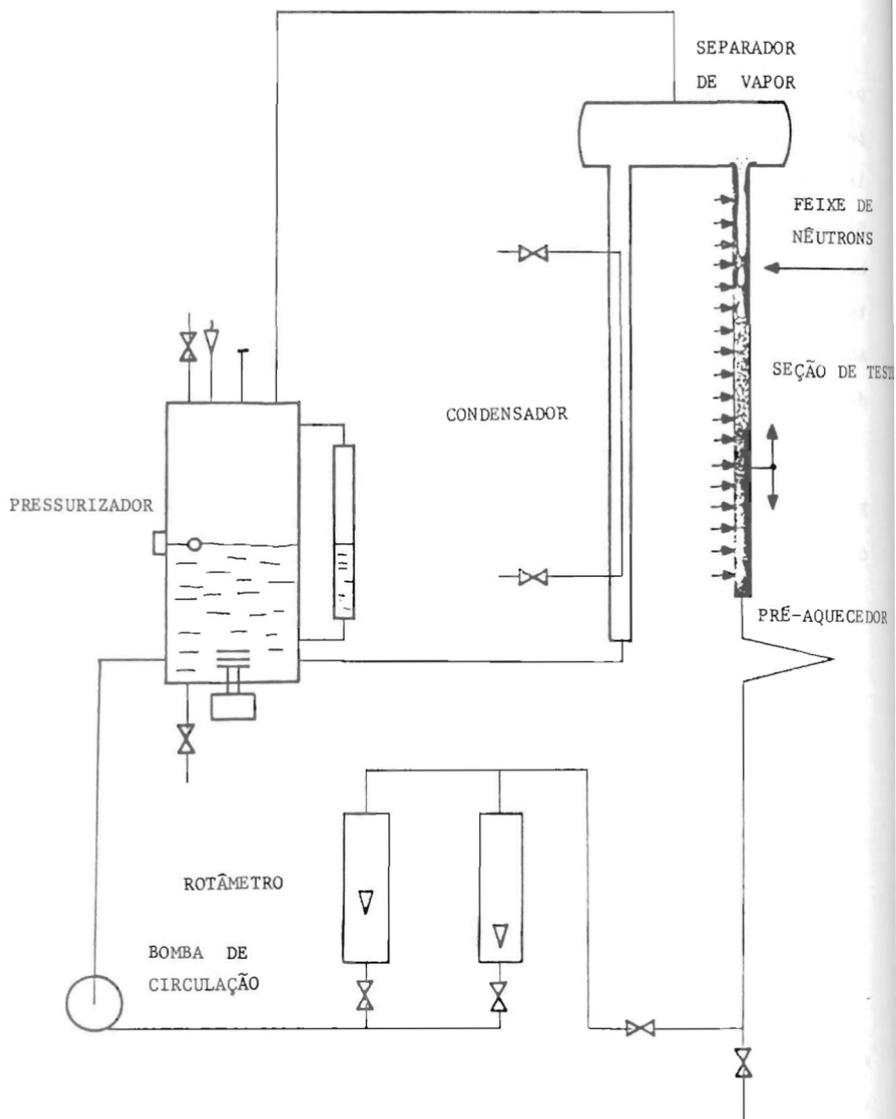


Figura 1 - Princípio de funcionamento do Circuito Experimental DADINE.

pressão total é a soma dos gradientes de pressão por atrito, gravidade e aceleração, que por sua vez são fortemente dependentes da fração de vazio.

Os resultados de perda de pressão total obtidos com o Código RELAP4/MOD5 [2] foram comparados com os da Experiência DADINE para as condições mostradas na tabela 2.

Tabela 2 - Condições operacionais para as medidas de fração de vazio na Experiência DADINE.

Caso	$p(\text{bar})$	$G(\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s}))$	$\phi(\text{W}/\text{cm}^2)$	$\Delta T_{\text{sub}}(\text{°C})$
1	1	2	1	20
2	1	2	5	20
3	1	8	3	20
4	1	8	5	20
5	3	2	1	20
6	3	2	5	50
7	3	8	3	20
8	3	8	5	20
9	6	2	1	20
10	6	5	3	20
11	6	8	5	20
12	6	12	5	20

As comparações entre as perdas de pressão calculada e medida, para cada classe de pressão, estão mostradas nas figuras 2 à 4, e agrupadas na figura 5. Os seguintes itens podem ser

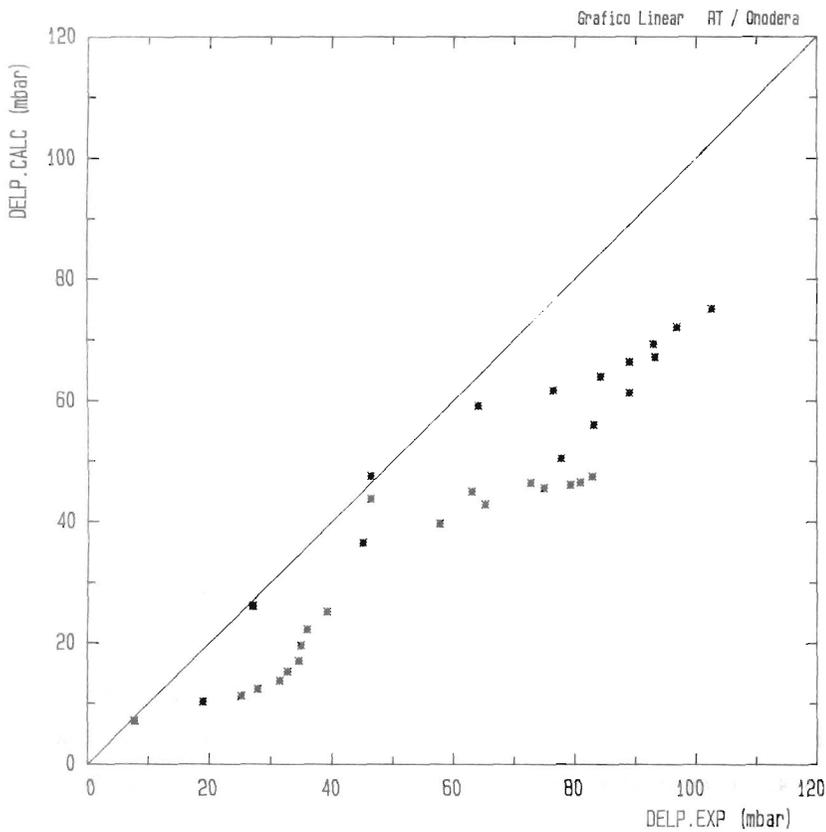


Figura 2 - Comparação teórico - experimental da perda de pressão para $p = 1$ bar.

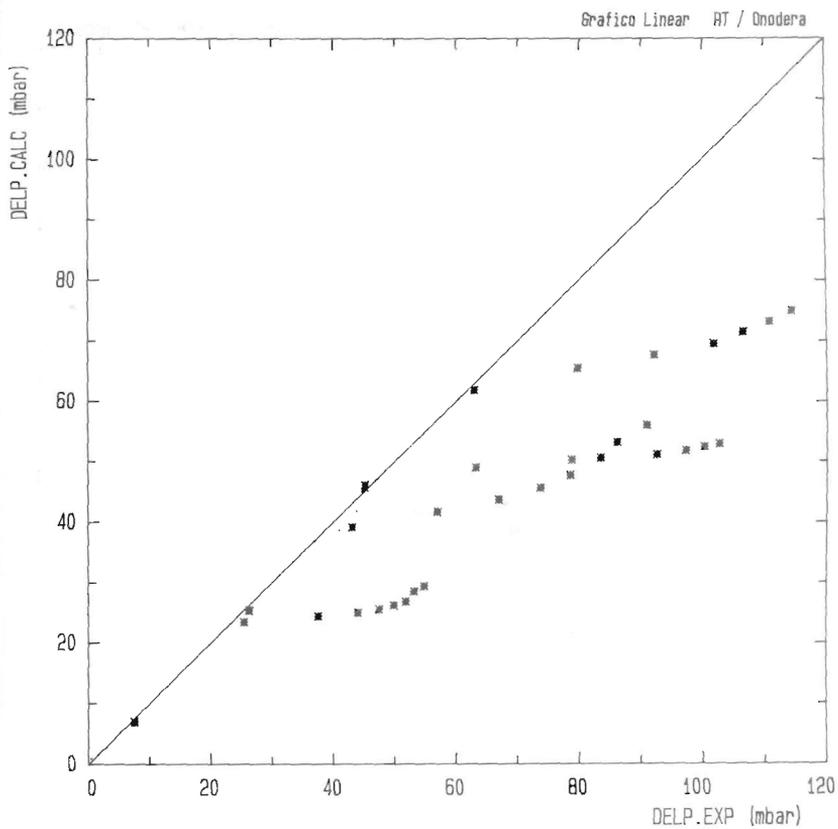


Figura 3 - Comparação teórico - experimental da perda de pressão para $p = 3$ bar.

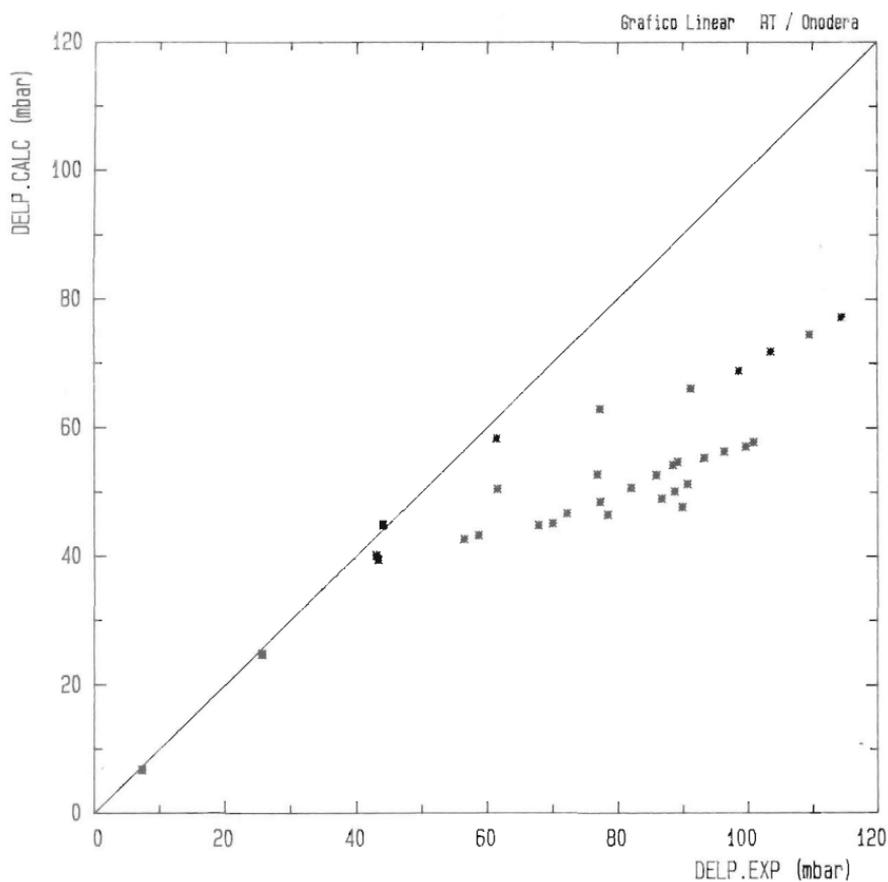


Figura 4 - Comparação teórico - experimental da perda de pressão para $p = 6$ bar.

Grafico Linear AT / Onodera

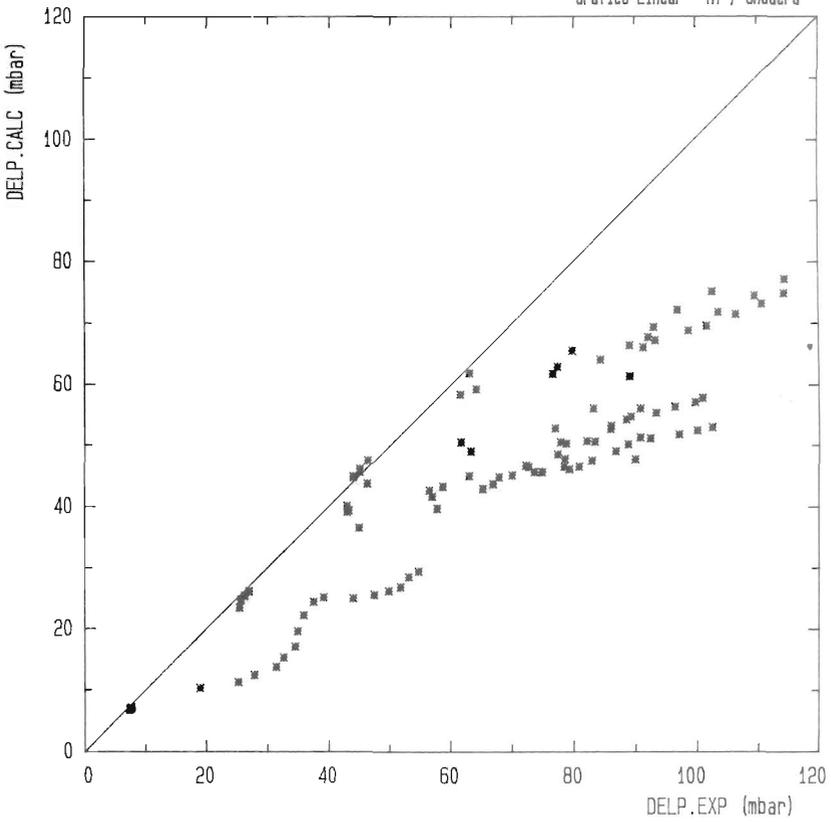


Figura 5 - Comparação teórico - experimental da perda de pressão para $p = 1, 3, 6$ bar.

ressaltados:

- em todos os casos analisados o Código RELAP4/MOD5 subestimou os valores experimentais apresentando desvios médios de 30%;
- foi verificado que a perda de pressão por gravidade representa uma parcela significativa na perda de pressão total, sendo bastante afetada na região bifásica devido a pronunciada variação da massa volumétrica que é função da fração de vazio; enquanto que o termo de aceleração é desprezível;
- a perda de pressão bifásica por atrito é dependente do regime de escoamento e da distribuição de fração de vazio através do multiplicador bifásico, ressaltando que o Código RELAP4/MOD5 não caracteriza a dependência da fração de vazio com regime de escoamento levando, portanto, a uma avaliação não adequada para este termo.

É importante ressaltar que este Código avaliou a transição monofásica-bifásica de forma antecipada, superestimando assim a fração de vazio da Experiência DADINE, como apresentado na referência [3] e portanto, repercutindo no cálculo da perda de pressão.

4. Conclusões.

A comparação entre cálculo e experiência foi realizada a partir de medidas da perda de pressão total efetuadas no Circuito Experimental DADINE através do Código RELAP4/MOD5.

Verificou-se dos resultados encontrados que o Código

subestimou a perda de pressão na faixa de pressão considerada em aproximadamente 30%. Provavelmente, isto é devido ao cálculo dos termos de perda de pressão por gravidade e atrito que estão diretamente relacionados à distribuição axial da fração de vazio, que por sua vez não foi perfeitamente retratada conforme citado na referência [3].

Ressalta-se que os desvios encontrados nesta comparação, que leva em conta testes de efeito separado, não necessariamente comprometem os resultados globais do Código quando de uma avaliação de sistemas característicos de efeitos integrais.

5. Referências Bibliográficas.

- [1] R.L. FREITAS, Hydrodynamique des Ecoulements Eau-vapeur dans la Zone Remouillée d'un Tube Chauffant en Renoyage, Thèse de Docteur Ingénieur, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, Institut National Polytechnique de Grenoble, France (1981).
- [2] Aerojet Nuclear Company, RELAP4/MOD5: A Computer Program for Transient Thermal-hydraulic Analysis of Nuclear Reactors and Related Systems, ANCR-NUREG-1335, Idaho National Engineering Laboratory, Idaho Falls, Idaho (1976).
- [3] R.C. BORGES & R.L. FREITAS, Avaliação das Medidas de Fração de Vazio da Experiência DADINE com o Código RELAP4/MOD5, Trabalho submetido para aprovação no 7º Encontro Nacional de Física de Reatores e Termohidráulica - VII ENFIR, Recife, PE (1989).