

## RESULTADOS DO TEMA ESPECIAL - VII ENFIR

ROBERTO LONGO FREITAS

Departamento de Tecnologia de Reatores

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Comissão Nacional de Energia Nuclear - São Paulo

### I - INTRODUÇÃO

Atendendo a proposta do TEMA ESPECIAL [1] para o VII ENFIR relativamente a simulação de um problema padrão em termohidráulica, quatro instituições de pesquisa com um total de nove participantes se propuseram a avaliar o exercício de despressurização da experiência CANON.

A realização desse exercício visa avaliar problemas físicos na área nuclear através de metodologias de cálculo diferentes sem que os participantes tenham conhecimento prévio dos resultados experimentais.

Assim, a experiência proposta corresponde a ruptura instantânea e completa de uma das extremidades de uma tubulação horizontal cheia de água, onde são efetuadas medidas de pressão, temperatura e fração de vazio durante a evolução do transiente.

## II - DEFINIÇÃO DO PROBLEMA PADRÃO.

.2.

### II-1: Descrição da Experiência CANON.

A experiência CANON visa basicamente estudar a fase de depressurização de um Acidente de Perda de Refrigerante Primário em reatores refrigerados a água leve pressurizada, através do rompimento de uma membrana colocada em uma das extremidades de um tubo horizontal cheio de água, para o ambiente com condições atmosféricas, onde são colocados diafragmas com aberturas variáveis de 30, 50, 70 e 100 mm.

A figura 1 mostra o esquema de montagem da experiência CANON, que consiste em uma seção de testes em aço inoxidável de 4,389 m de comprimento e 100 mm de diâmetro interno, pressurizada a 32 e 150 bar e com temperatura da água variando entre 200 e 300°C.

Durante o transiente são efetuadas medidas de pressão e temperatura em diversos pontos do tubo, e fração de vazio a 1,5 m da extremidade fechada pelo método de difusão neutrônica.

### II-2: Condições Iniciais.

A experiência CANON permite medir a evolução temporal da pressão, temperatura e fração de vazio durante o transiente de depressurização conforme indicado na figura 1.

As condições iniciais para a avaliação do problema padrão são as seguintes:

caso 1: pressão inicial: 32 bar

temperatura inicial: 230°C

diâmetro da ruptura: 100 mm

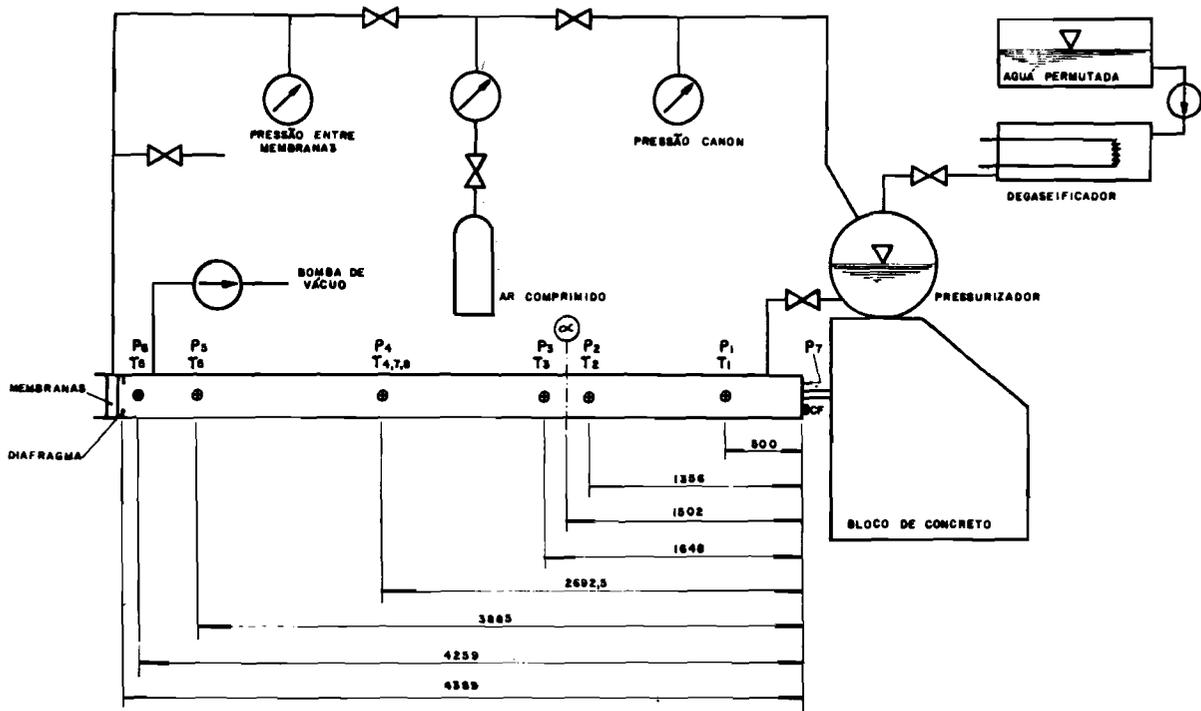


Fig.1- Esquema da Experiência CANON com Pontos de Medidas.

caso 2: pressão inicial: 32 bar .4.  
temperatura inicial: 230°C  
diâmetro da ruptura: 50 mm  
caso 3: pressão inicial: 150 bar  
temperatura inicial: 320°C  
diâmetro da ruptura: 100 mm

Para os três casos propostos na simulação, pede-se o cálculo dos seguintes parâmetros nos pontos de medidas especificados na figura 1.

- evolução temporal da pressão;
- evolução temporal da temperatura;
- evolução temporal da fração de vazio;
- evolução temporal da vazão mássica no ponto de ruptura da seção de testes. Ressalta-se que esta grandeza não foi medida durante o transiente.

### III - PARTICIPANTES E CÓDIGOS UTILIZADOS.

Quatro instituições de pesquisa participaram do TEMA ESPECIAL, cujos programas de cálculo utilizados estão citados abaixo:

<u>Instituição</u>	<u>Programa de Cálculo</u>
DR/CNEN/RJ	TRAC/PF1
IPEN/RT-CNEN/SP	RELAP4/MOD5*
DTR/CDTN/MG	TRAC/PF1
IPEN/RT-CNEN/SP	RELAP5/MOD1/C18
IPEN/RT-CNEN/SP	RELAP4/MOD3*

IPEN/RT-CNEN/SP

RELAP4/MOD5\*

.5.

IPEN/RT-CNEN/SP

TRAC/PD2/MOD1

DTR/CDTN/MG

RELAP5/MOD1/C29

DEN/UFPe/PE

RELAP5/MOD1/C18

\* versão original

#### IV - COMPARAÇÃO TEÓRICA-EXPERIMENTAL.

Apoiado nos resultados teóricos apresentados nas referências [2-10], foram selecionadas, para cada caso proposto, medidas representativas de pressão, temperatura e fração de vazio durante o transiente e comparadas com os resultados experimentais [11-13]. Deve-se ressaltar que o objetivo primeiro dessa comparação é apresentar os dados experimentais, visto que o desenvolvimento teórico de cada trabalho encontra-se detalhado nas referências [2-10] e que a avaliação dos mesmos será feita entre os autores na seção específica do TEMA ESPECIAL.

As figuras 2 a 7, 8 a 13 e 14 a 19 apresentam, respectivamente, para o caso 1, 2 e 3, o resultado da comparação relativamente a evolução temporal de pressão, temperatura e fração de vazio. Conforme citado na referência [1], a variação da vazão mássica durante o transiente não foi medida sendo os resultados aqui apresentados proveniente dos cálculos efetuados entre códigos. Relativamente aos dados de temperatura para as condições operacionais do caso 3, a comparação será feita também entre códigos, visto que não foi possível ter acesso aos dados experimentais.

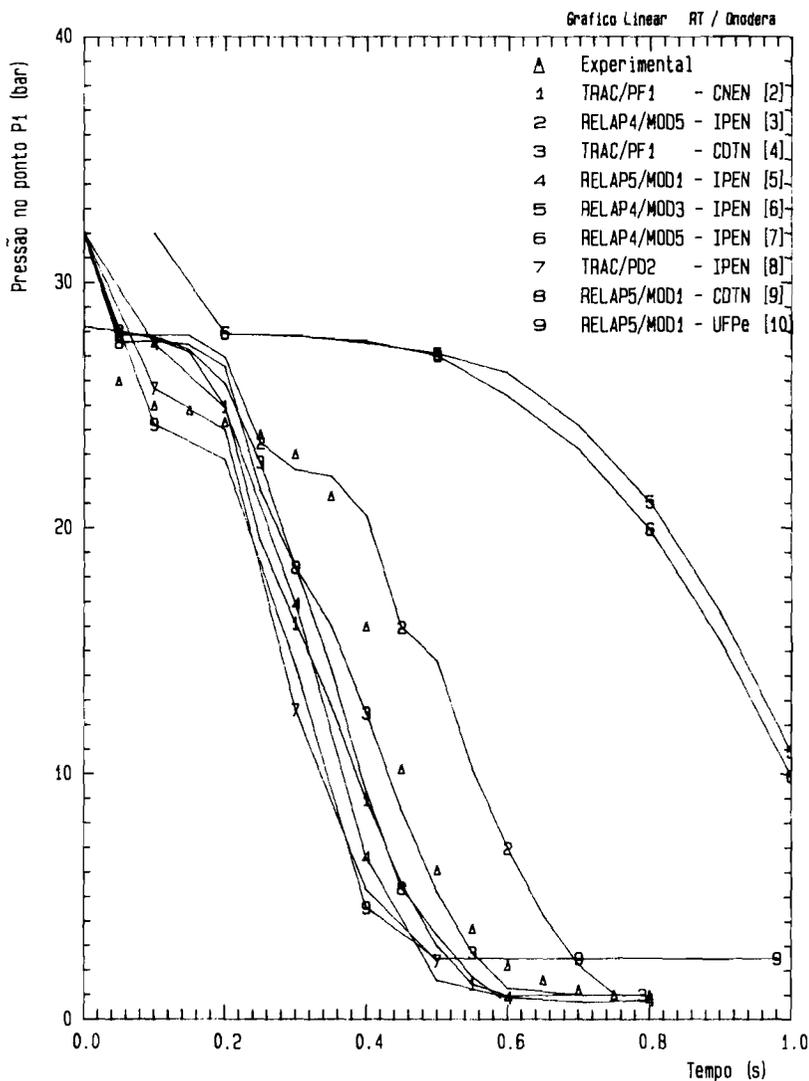


Fig.2 - Evolução Temporal da Pressão no Ponto P1 - caso 1

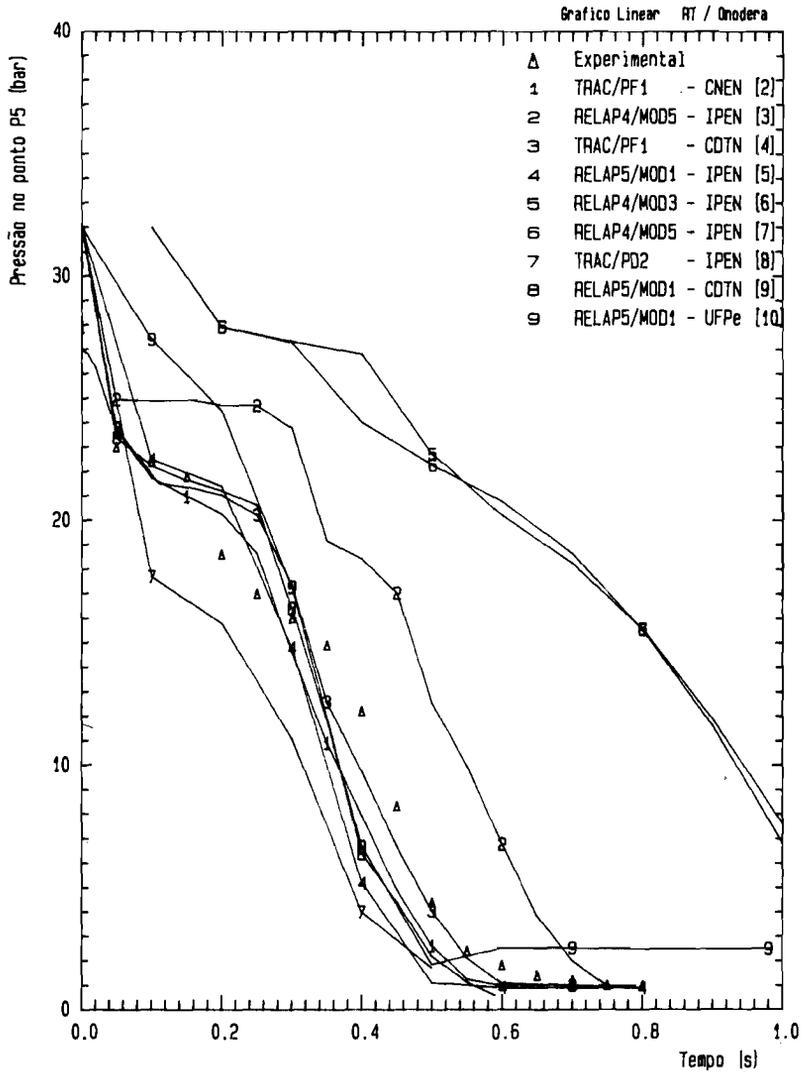


Fig.3 - Evolução Temporal da Pressão no Ponto P5 - caso 1

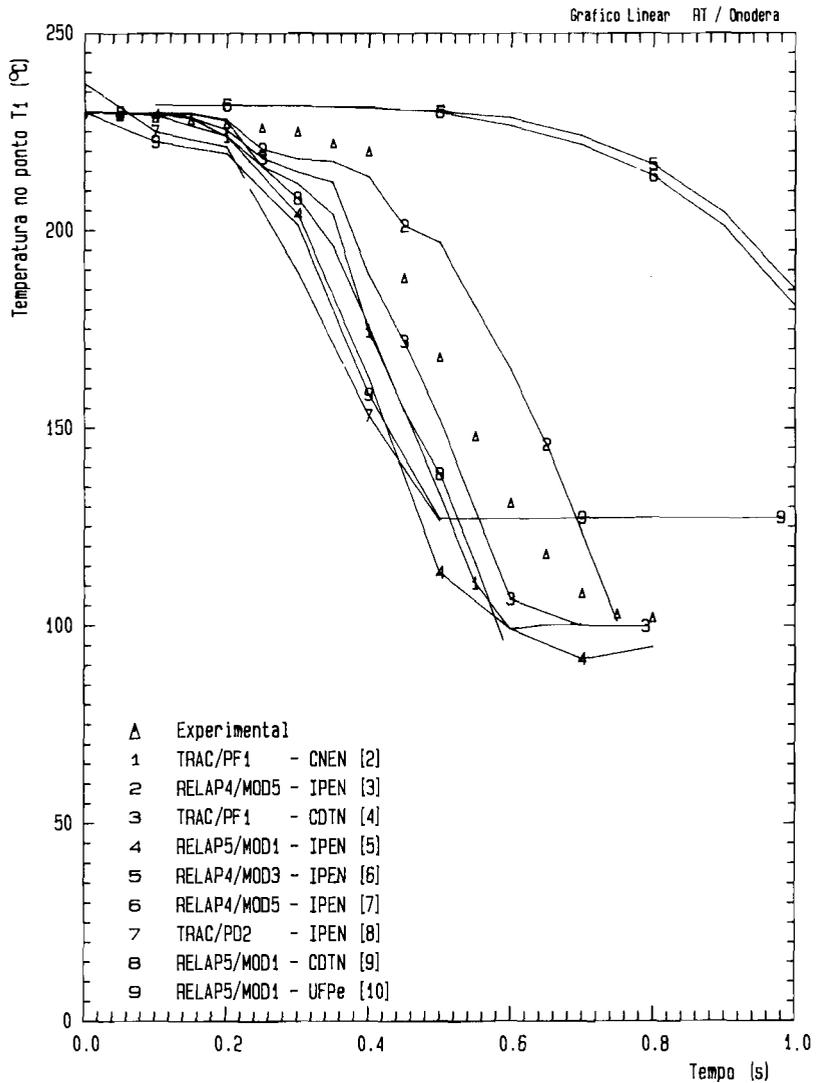


Fig.4 - Evolução Temporal da Temperatura no Ponto T1 - caso 1

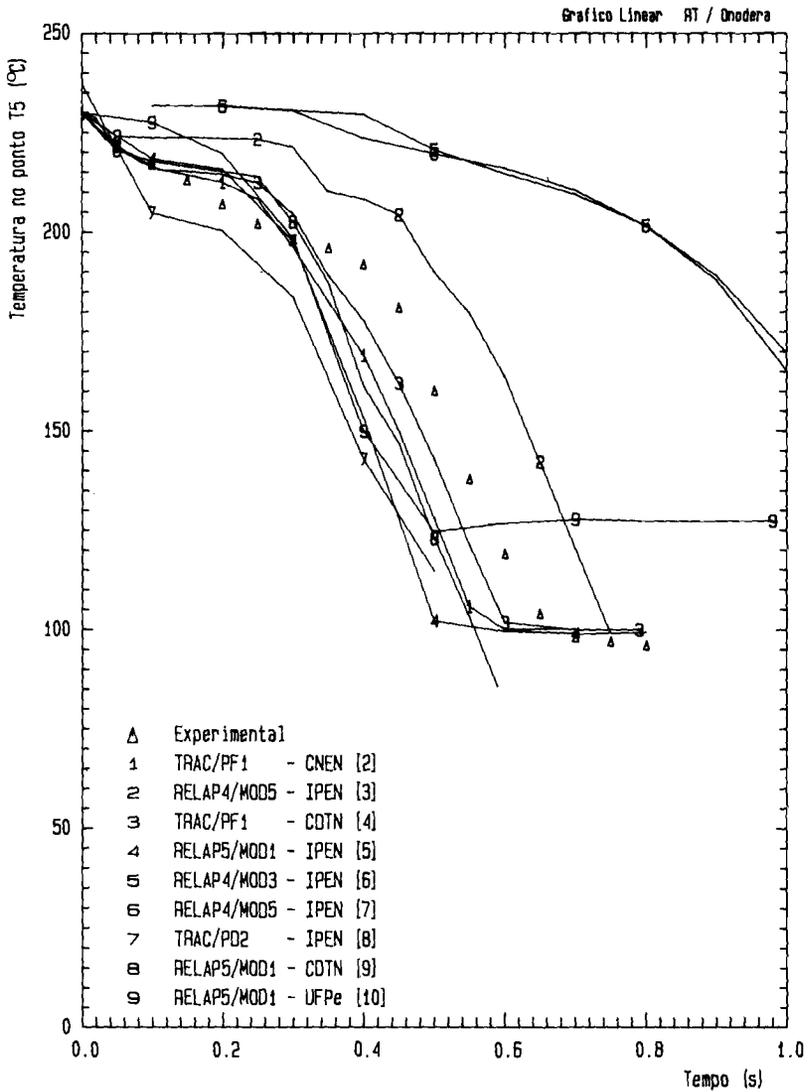


Fig.5 - Evolução Temporal da Temperatura no Ponto T5 - caso

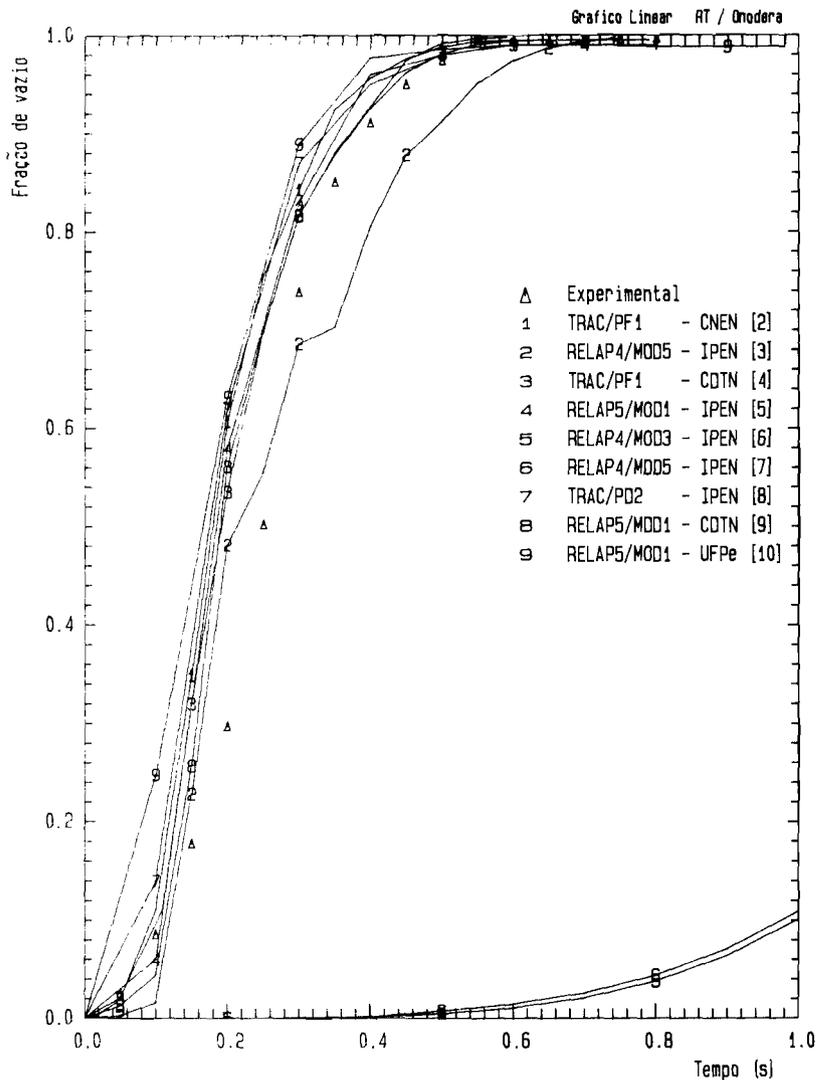


Fig.6 - Evolução Temporal da Fração de Vazio - caso 1

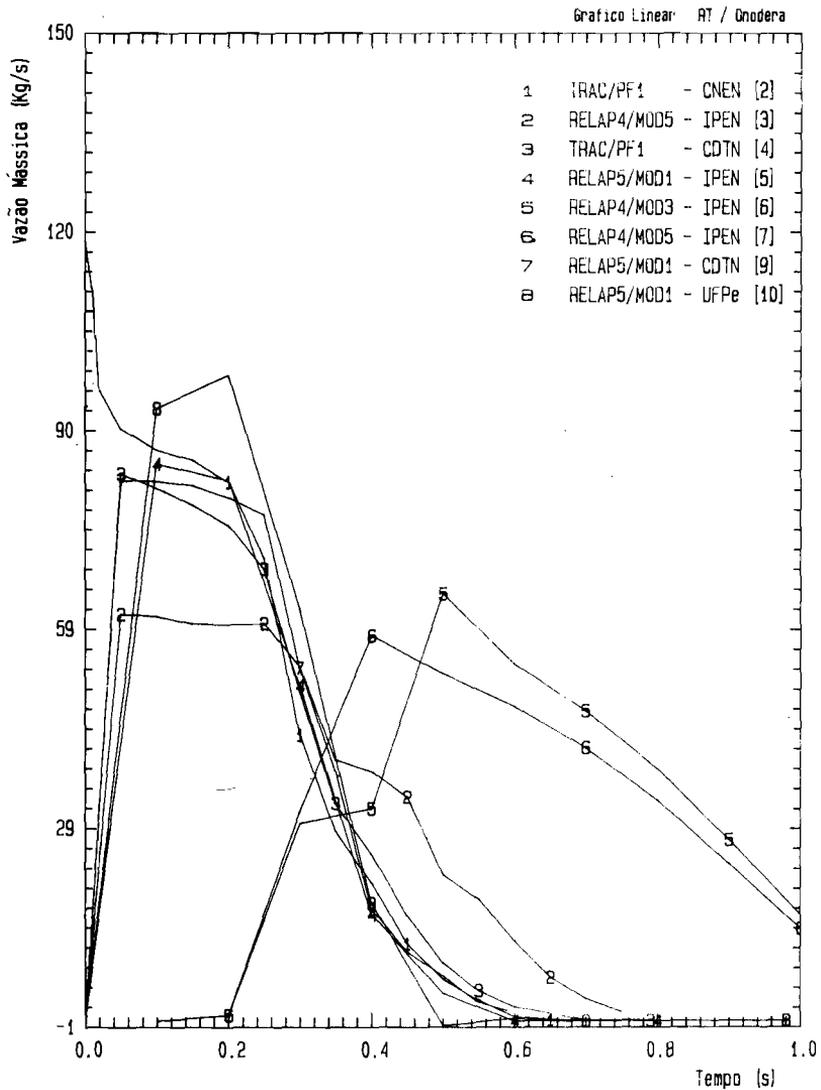


Fig.7 - Evolução Temporal da Vazão Mássica - caso 1

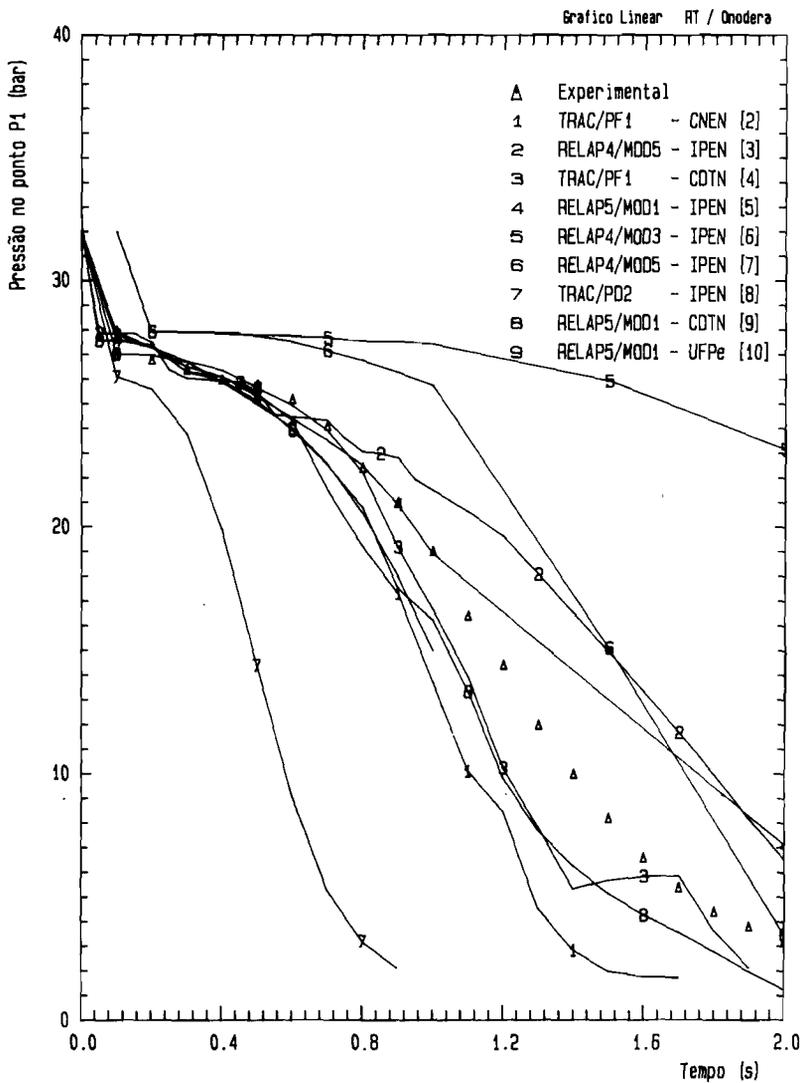


Fig.8 - Evolução Temporal da Pressão no Ponto P1 - caso 2

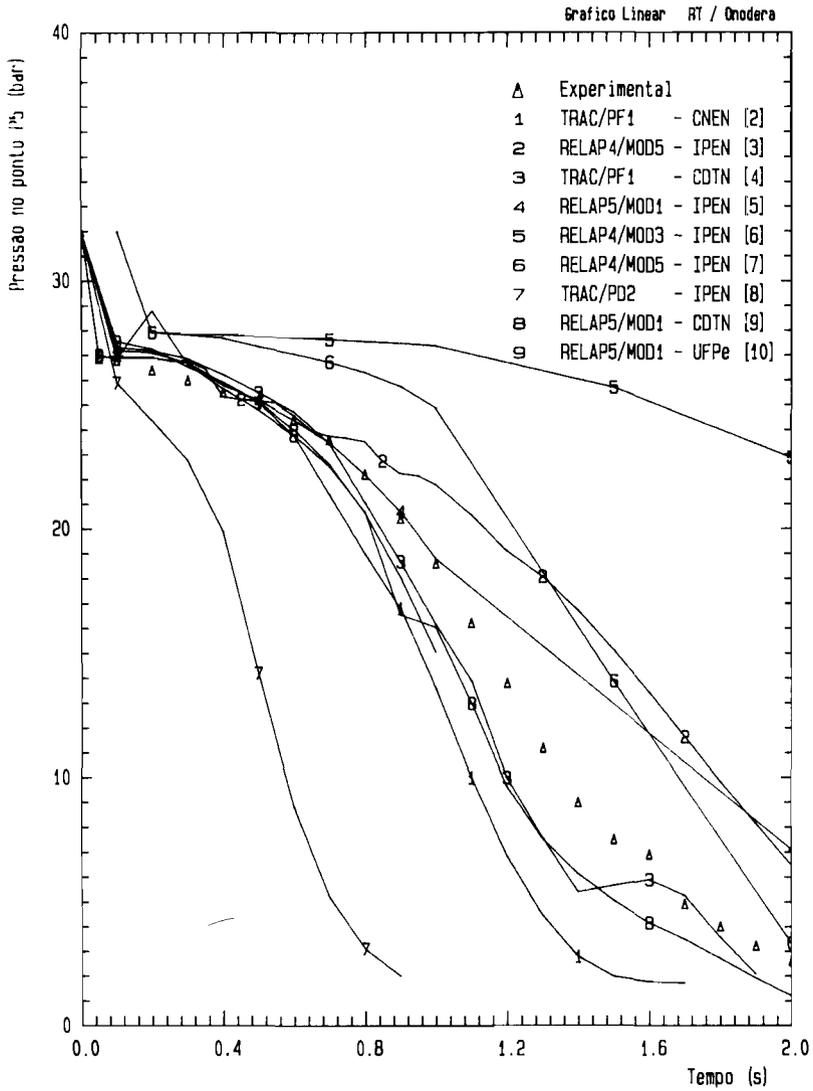


Fig.9 - Evolução Temporal da Pressão no Ponto P5 - caso 2

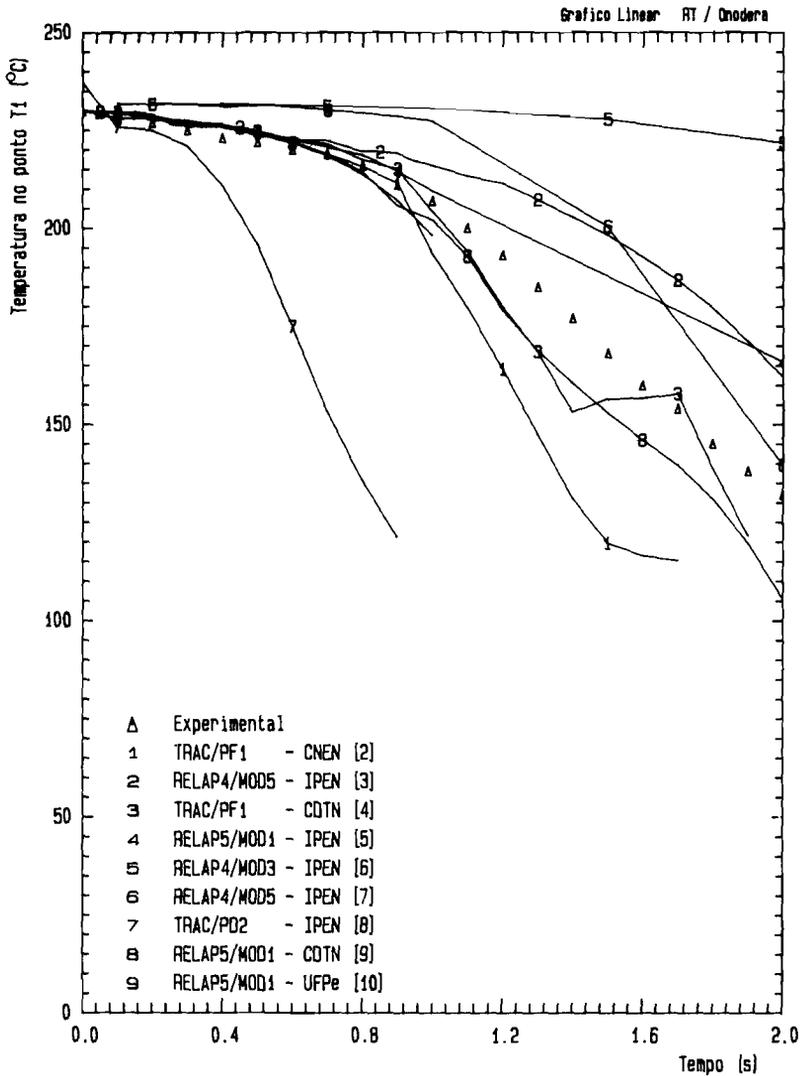


Fig.10 - Evolução Temporal de Temperatura no Ponto T1 - caso 2

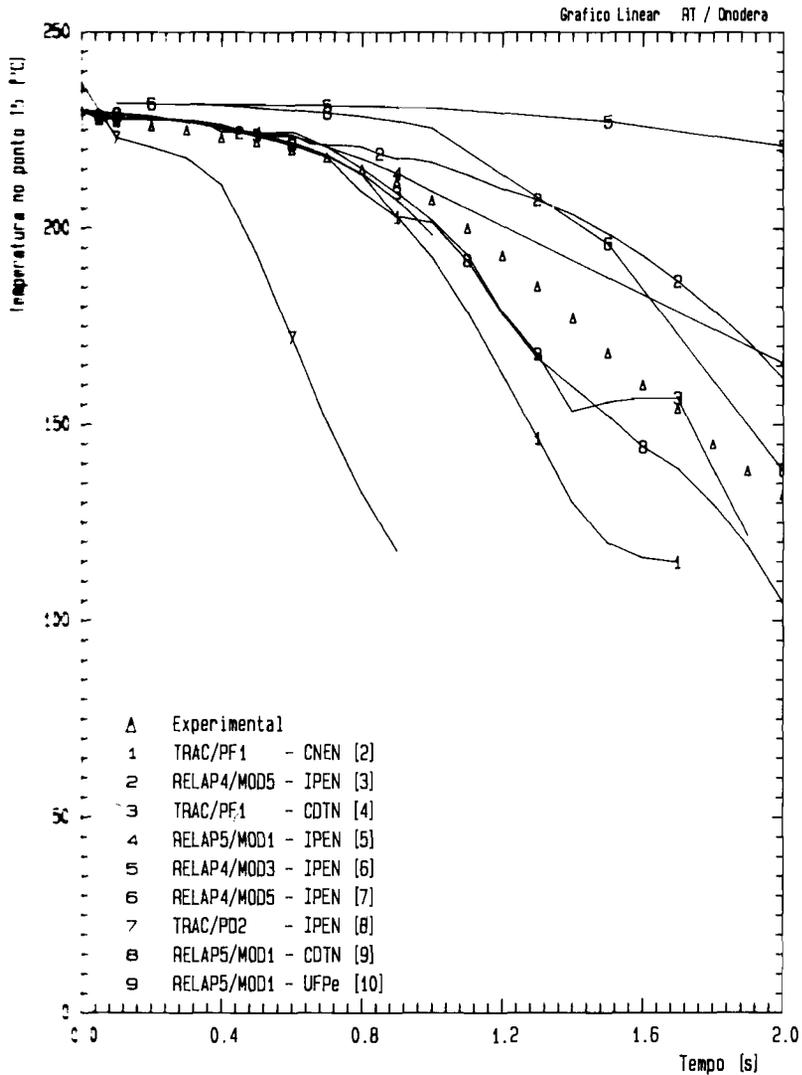


Fig.11 - Evolução Temporal da Temperatura no Ponto T5 - caso 2

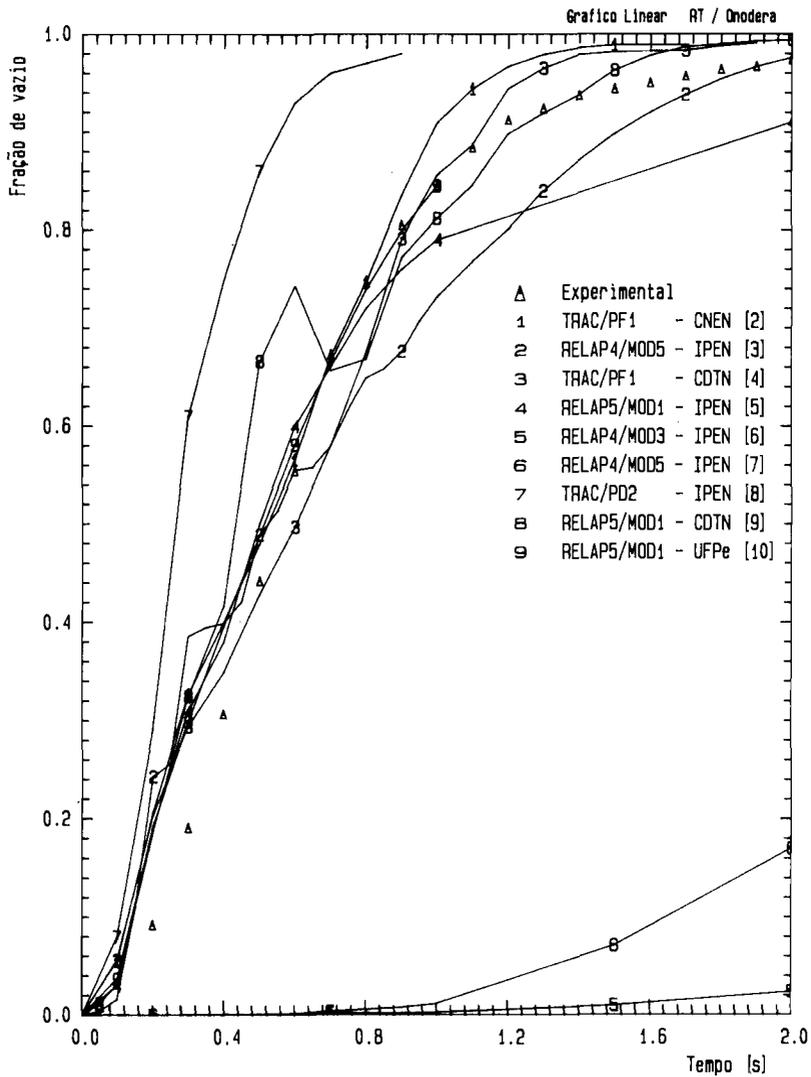


Fig.12 - Evolução Temporal da Fração de Vazio - caso 2

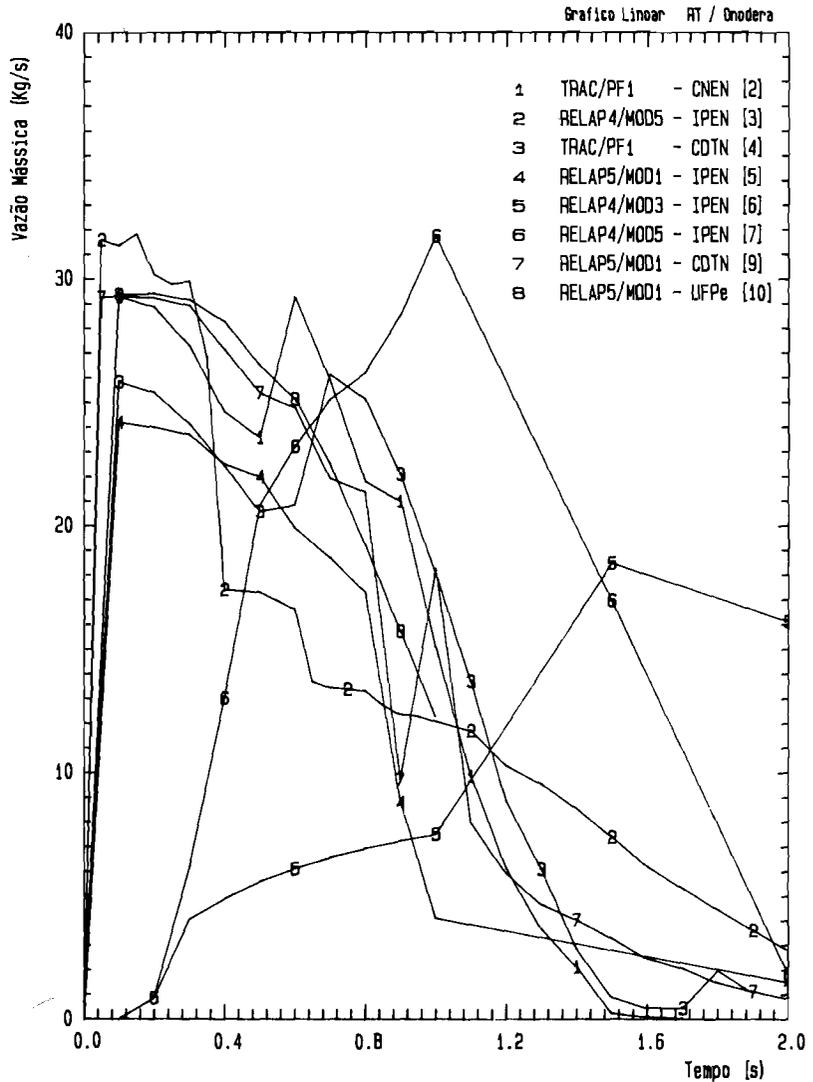


Fig.13 - Evolução Temporal de Vazão Mássica - caso 2

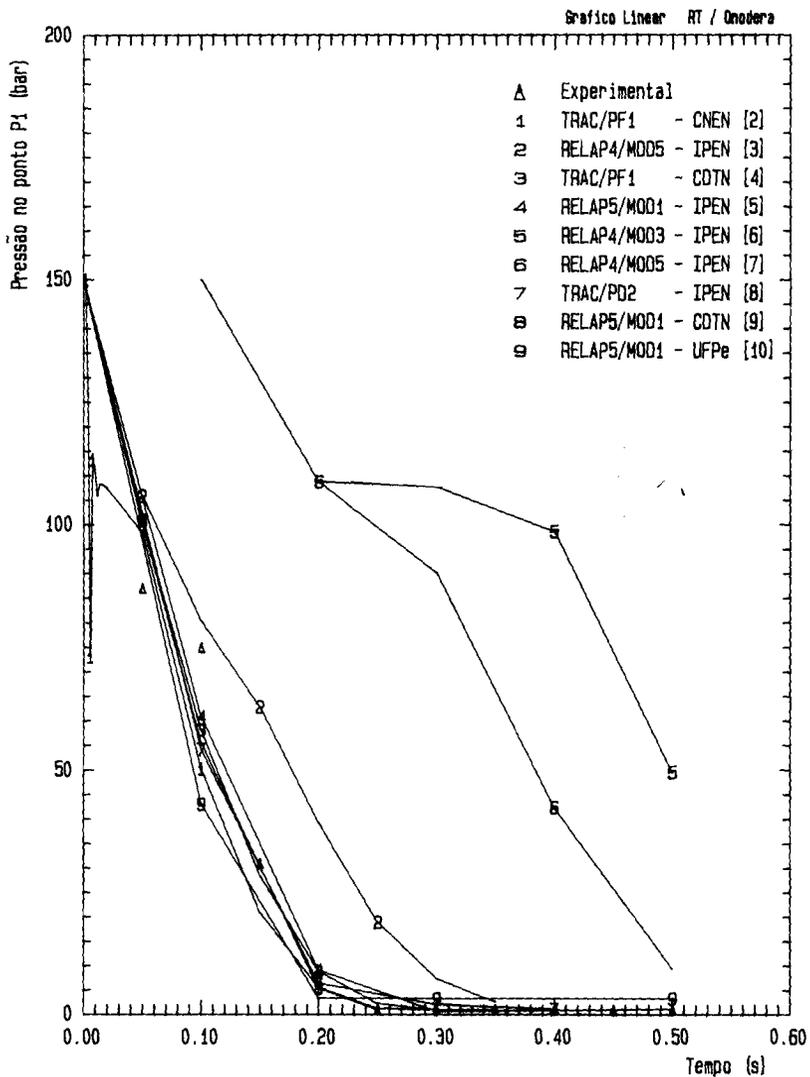


Fig.14 - Evolução Temporal de Pressão no Ponto P1 - caso 3

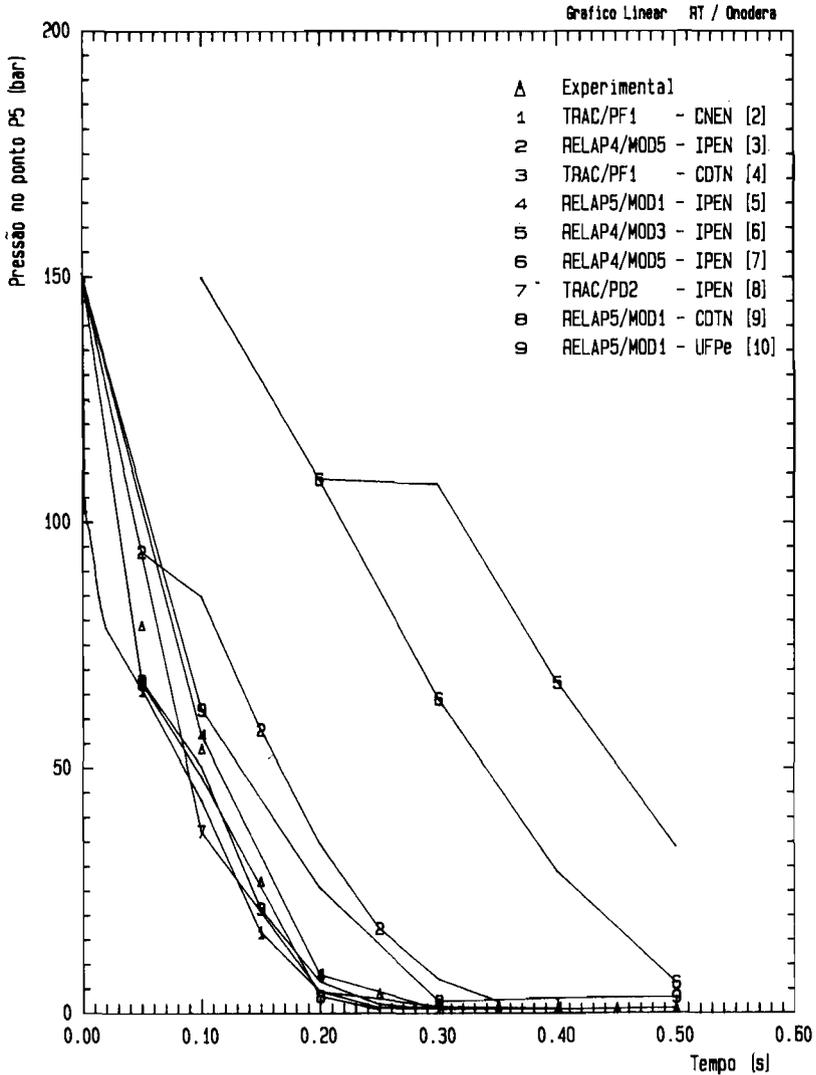


Fig.15 - Evolução Temporal de Pressão no Ponto P5 - caso 3

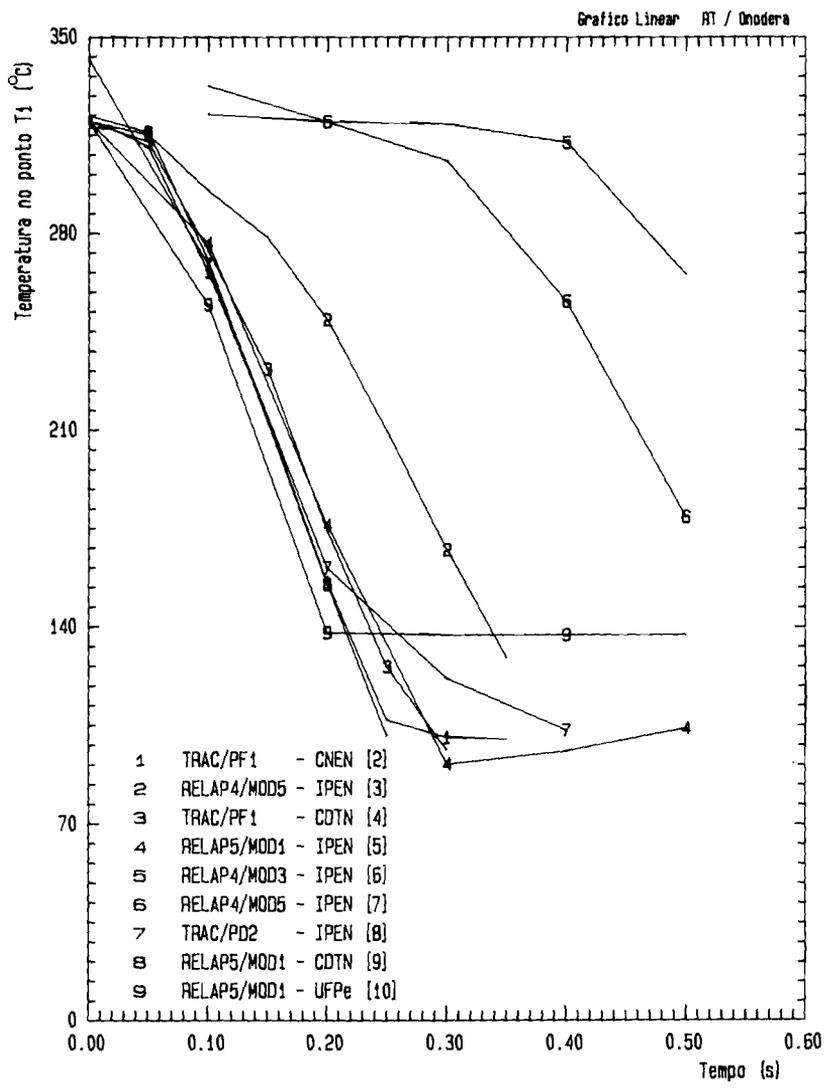


Fig.16 - Evolução Temporal de Temperatura no Ponto T1 - caso 3

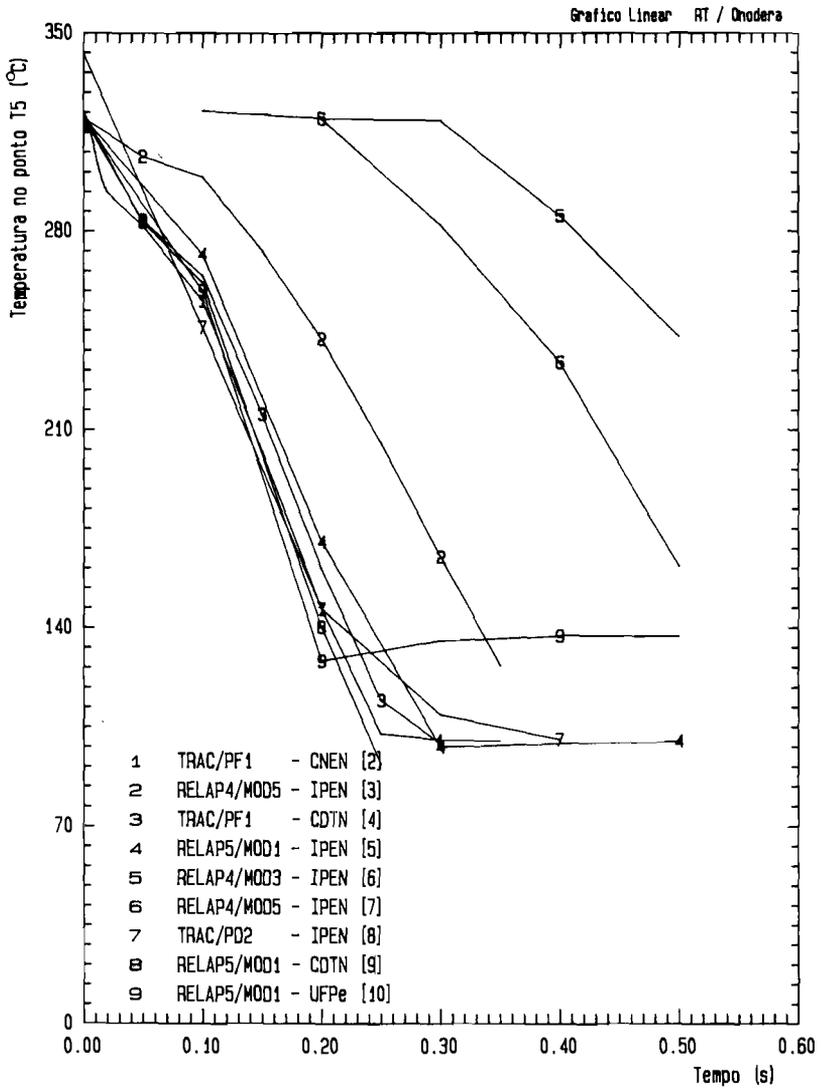


Fig.17 - Evolução Temporal de Temperatura no Ponto T5 - caso 3

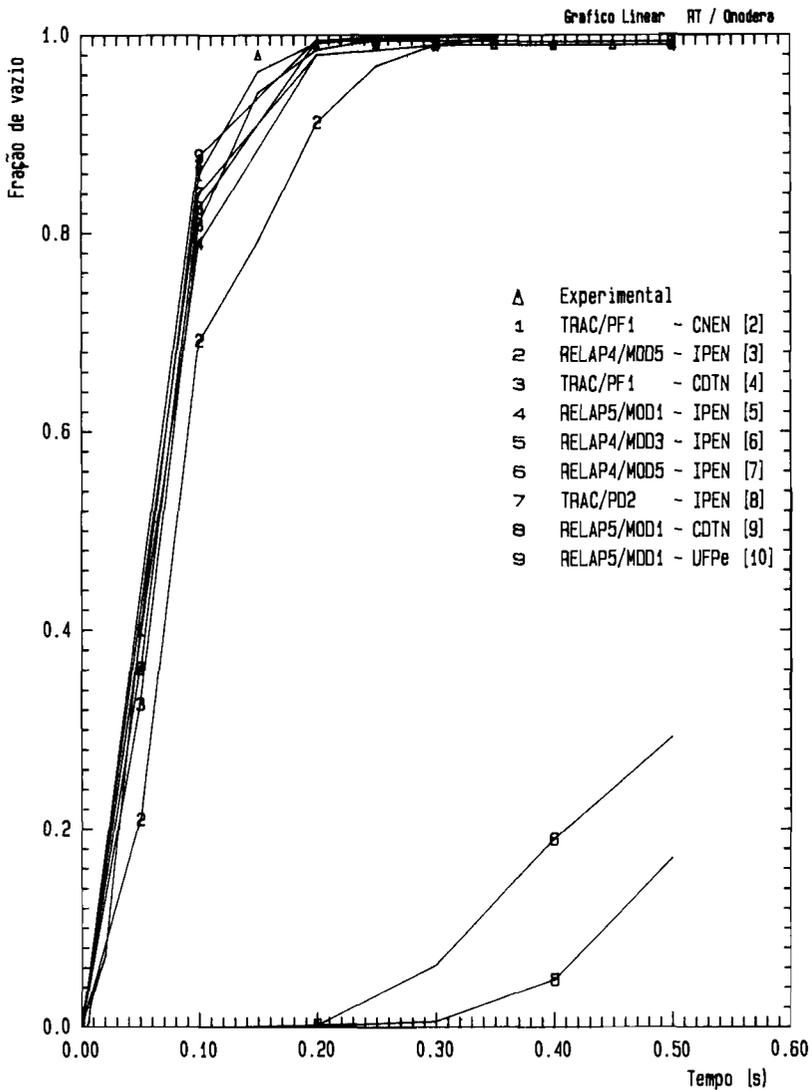


Fig.18 - Evolução Temporal da Fração de Vazio - caso 3

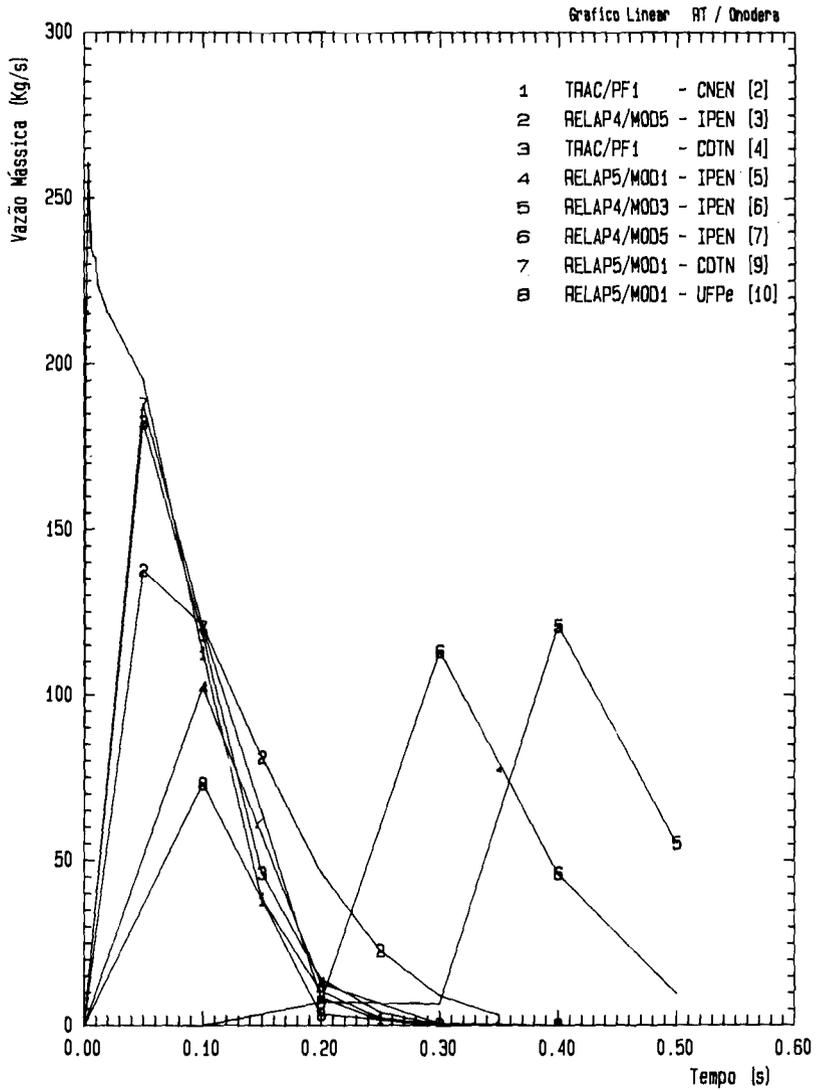


Fig.19 - Evolução Temporal de Vazão Mássica - caso 3

Dos trabalhos apresentados, verifica-se que três famílias de códigos foram utilizadas para esta análise, a saber: códigos da linha TRAC(PF1-PD2), RELAP4(MOD3-MOD5) e RELAP5(MOD1), onde as seguintes observações podem ser feitas:

- os resultados teóricos apresentados nas figuras 2 a 19 foram compilados diretamente das tabelas anexas aos trabalhos em questão |2-10|;
- em geral, os códigos avaliaram de forma satisfatória os dados experimentais, a exceção daqueles apresentados pelos Códigos RELAP4/MOD3 |6| e RELAP4/MOD5 |7|;
- os Códigos RELAP4/MOD3 |6| e RELAP4/MOD5 |3,7| superestimam sistematicamente os dados experimentais de pressão e temperatura enquanto que os Códigos TRAC/PF1 |2,4|, TRAC/PD2 |8| e RELAP5/MOD1 |5,9,10| subestimaram essas mesmas variáveis;
- a evolução temporal da fração de vazio para todos os casos propostos foi mal simulada pelos Códigos RELAP4/MOD3 |6| e RELAP4/MOD5 |7|, visto que os autores utilizaram inadequadamente os dados do título mássico no lugar da fração de vazio;
- para o caso 2, o Código TRAC/PD2 |8| subestimou significativamente os dados experimentais, lembrando também que não foi apresentado por este código os resultados da evolução temporal da vazão mássica para as três condições iniciais;
- observa-se das figuras 7, 13 e 19 que há uma grande discrepância entre os dados teóricos fornecidos para todos os códigos |2-10|, e particularmente para os códigos de

mesma linha, como por exemplo, entre os resultados<sup>.25.</sup> do TRAC/PF1 |2,4|, do RELAP4/MOD5 |3,7| e RELAP5/MOD1 |5,9,10|.

#### V - CONCLUSÕES.

A importância do desenvolvimento do exercício do TEMA ESPECIAL no VII ENFIR é de fundamental importância no que tange o conhecimento dos problemas existentes na área de termohidráulica.

Apesar dos resultados da comparação teórica - experimental mostrarem a capacidade dos códigos de avaliar experiências desta natureza, observa-se, de maneira global, que um aprofundamento mais detalhado da fenomenologia do problema deve ser feito associado a influência do usuário do código na predição dos resultados.

Assim sendo, este TEMA ESPECIAL certamente contribuirá para um entendimento mais aprimorado do problema padrão analisado a nível de código e de usuário bem como servirá de alerta quando de futuras avaliações.

Tendo em vista a aceitação na comunidade científica do TEMA ESPECIAL na área de termohidráulica e a qualidade dos trabalhos apresentados e em função da contribuição que este exercício proporcionará aos seus participantes, propõe-se a continuidade deste trabalho para os próximos encontros, assim como a sua extensão para outras áreas do domínio nuclear.

## AGRADECIMENTOS.

O Coordenador do TEMA ESPECIAL do VII ENFIR deseja expressar seu agradecimento ao Dr. Gilberto Gomes de Andrade e ao Dr. José Messias de Oliveira Neto chefes, respectivamente, do Departamento de Tecnologia de Reatores e da Divisão de Engenharia de Segurança do IPEN-CNEN/SP, pelas facilidades proporcionadas durante a execução deste trabalho bem como aos pesquisadores Claudio Onodera e Gilberto Alves dos Santos pelas valiosas sugestões.

## VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- |1| - FREITAS, R.L.; "Proposta do TEMA ESPECIAL - Simulação de experiência de despressurização através de códigos computacionais."; VII ENFIR, 26 - 28 / abril / 1989, Recife, Pe.
- |2| - MADEIRA, A.A.; GALETTI, M .R.S.; PONTEDEIRO, A.C.; "Validação de códigos de termo-hidráulica através da comparação de resultados experimentais com simulações computacionais." ;TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26 - 28 / abril / 1989, Recife, Pe.
- |3| - BORGES, R.C.; "Simulação da experiência Canon com o Código RELAP4/MOD5." ; TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26 - 28 / abril / 1989, Recife, Pe.
- |4| - FIGUEIREDO, M.E.; ARONE, I.D.; "Simulação de experiências de despressurização através de códigos computacionais - Recálculo do experimento CANON com TRAC-PF1."; TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26 -28 / abril / 1989, Recife, Pe.

- .27.
- 15) - CONTI, T.N.; SABUNDJIAN, G.; "Utilização do Código RELAP5/MOD1 para simulação da experiência CANON."; TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26 - 28 / abril / 1989, Recife, Pe.
- 16) - CONTI, T.N.; SABUNDJIAN, G.; "Utilização do Código RELAP4/MOD3 para simulação da experiência CANON."; TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26 - 28 / abril / 1989, Recife, Pe.
- 17) - CONTI, T.N.; SABUNDJIAN, G.; "Utilização do Código RELAP4/MOD5 para simulação da experiência CANON."; TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26 - 28 / abril / 1989, Recife, Pe.
- 18) - CONTI, T.N.; "Utilização do código TRAC-PD2 para simulação da experiência CANON."; TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26 - 28 / abril / 1989, Recife, Pe.
- 19) - LAVORATO, W.R.A.; "Simulação de experiência de depressurização através de códigos computacionais - Recálculo do experimento CANON com RELAP5/MOD1."; TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26-28/ abril / 1989, Recife, Pe.
- 10) - FILHO, E.S.; LIRA, C.A.B.O.; LIMA, F.R.A.; "Simulação de experiência de depressurização através do código computacional RELAP5/MOD1."; TEMA ESPECIAL - VII ENFIR, 26 - 28 / abril / 1989, Recife, Pe.
- 11) - ROUSSEAU, J.C.; CZERNY, J.; RIEGEL, B.; "Void fraction measurements during blowdown by neutron absorption or scattering methods."; European Two - Phase Flow Meeting - Erlangen, 1976.

- .28.
- [12] - ROUSSEAU, J.C.; RIEGEL. B.; "Blowdown experiments in the CANON apparatus."; European Two - Phase Flow Meeting - Haifa, 1975.
- [13] - RIEGEL. B.; "Compte rendu des essais à 150 bar - Experience Super-CANON." TT/SETRE/79-2-B/BR/DTCE-CENG-1979.