

IRRADIAÇÃO DE MINIPLACAS COMBUSTÍVEIS NO REATOR IEA-R1

Adolfo Marra Neto* e José Augusto Perrotta**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP)
Divisão de Engenharia do Núcleo (REN)
Caixa Postal 11.049; CEP 05422-970; Pinheiros; São Paulo - SP; Brasil
*e-mail: amneto@net.ipen.br
**e-mail: perrotta@net.ipen.br

RESUMO

O IPEN/CNEN-SP dispõe de um dispositivo para irradiação de miniplacas combustíveis no reator IEA-R1 denominado CICON (Circuito de Irradiação de Combustível Nuclear), constituído por uma cápsula de irradiação estanque, não pressurizada, que permite posicionar uma miniplaca combustível no núcleo do reator. A refrigeração da miniplaca é feita por convecção natural, mas a cápsula também dispõe de um circuito de circulação forçada de água que possibilita a coleta de amostras para a realização de análises radioquímicas. A cápsula do CICON é instrumentada e permite, através de um sistema de aquisição de dados computadorizado, a monitoração contínua do fluxo de nêutrons e das temperaturas próximo à superfície da miniplaca no interior da cápsula.

Este trabalho apresenta informações sobre a operação do CICON e alguns resultados obtidos no primeiro ciclo de irradiação contínua de uma miniplaca combustível realizado no IPEN/CNEN-SP.

INTRODUÇÃO

No processo de desenvolvimento de combustíveis nucleares é necessário elaborar métodos que permitam testar e qualificar os combustíveis para as condições de operação em que serão empregados, antes de utilizá-los em larga escala nos reatores nucleares.

A experiência mundial na qualificação de combustíveis nucleares tem mostrado que a irradiação de amostras que possuam dimensões reduzidas, mas que conservem as principais características do combustível de interesse (como o processo de fabricação, os tipos de materiais utilizados, as dimensões geométricas da seção transversal, etc...) apresentam boas indicações de como será o desempenho geral que o combustível de dimensões reais apresentará sob irradiação.

Com a finalidade de testar e qualificar combustíveis nucleares tipo placa no reator IEA-R1 do IPEN foi desenvolvido pela Divisão de Engenharia do

Núcleo o Circuito de Irradiação de Combustíveis Nucleares (CICON), que permite irradiar pequenas placas combustíveis (denominadas miniplacas) cujo o desempenho sob irradiação deseja-se avaliar. Este sistema foi empregado na irradiação de uma miniplaca combustível de UO_2 .

As principais características do CICON bem como resultados relevantes sobre o seu desempenho, observados durante a irradiação da miniplaca, serão discutidos a seguir.

DESCRIÇÃO GERAL DO CICON

O CICON é contituido pelos seguintes subconjuntos básicos (ver fig. 1): cápsula de irradiação, sistema de aquisição de dados e sistema de circulação e reposição de água.

A cápsula de irradiação do CICON, representada na fig. 2, consiste em um tubo estanque de alumínio, no interior do qual é instalada a miniplaca

combustível. Este tubo, por sua vez, é colocado no interior de um duto cuja aparência externa assemelha-se à de um elemento combustível convencional do reator IEA-R1.

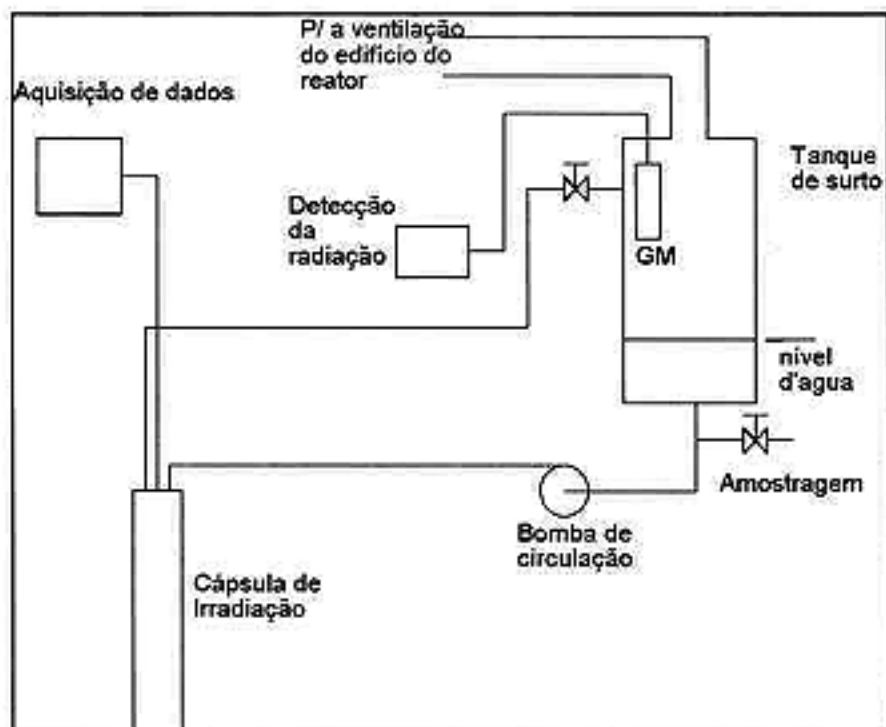


Figura 1. Representação Esquemática do CICON

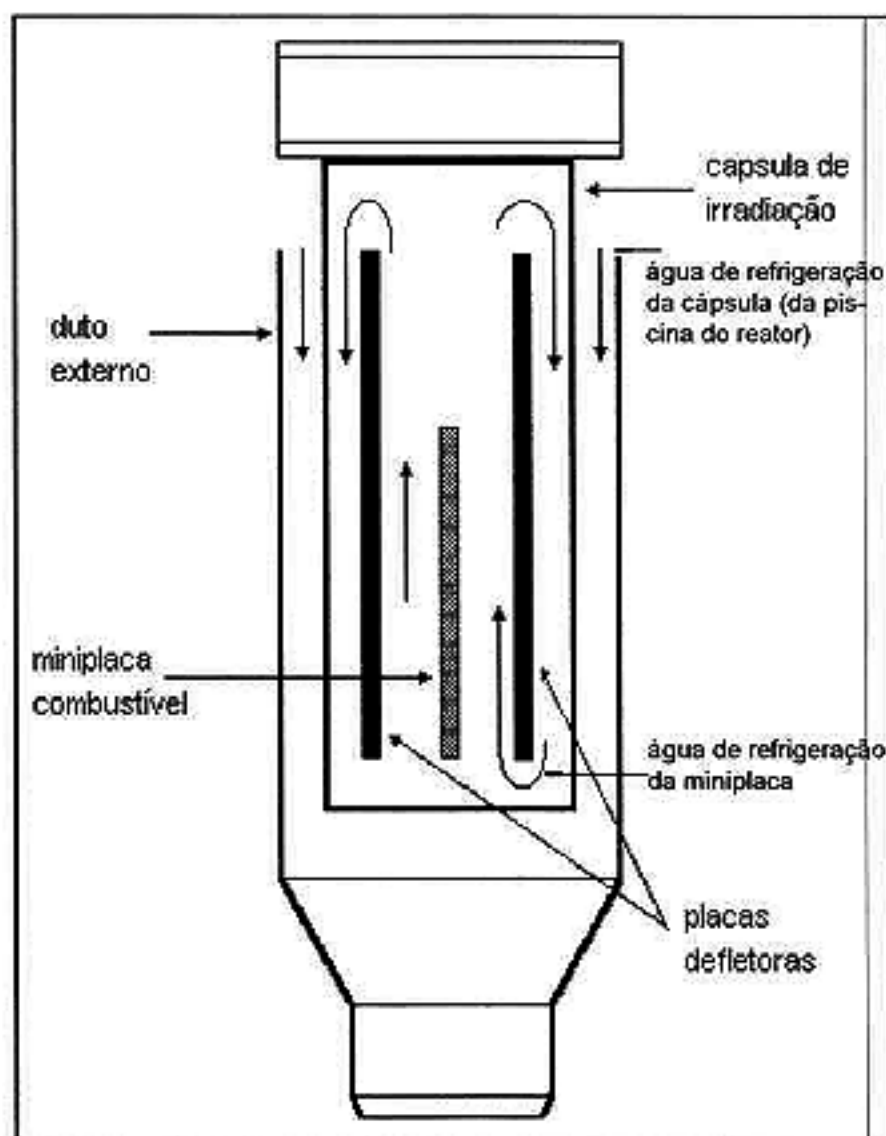


Figura 2. Cápsula de Irradiação do CICON

A cápsula do CICON foi projetada para exercer as seguintes funções:

i)- Posicionar a miniplaca combustível no núcleo do reator IEA-R1;

ii)- Garantir a refrigeração da miniplaca por convecção natural durante a operação do reator, sem permitir o contato entre a água de refrigeração da miniplaca e a água de refrigeração do núcleo do reator, evitando assim que eventuais liberações de produtos de fissão da miniplaca contribuam na contaminação da piscina do reator. O sentido do fluxo de água que refrigera a miniplaca é orientado por placas defletoras projetadas especificamente para garantir as condições adequadas para a circulação natural. A refrigeração da cápsula é feita pela circulação descendente da água de refrigeração do reator pelo duto de posicionamento da cápsula no núcleo do reator. A potência nominal máxima para dissipação no CICON é de 2100 W, potência esta determinada em análises teóricas e testes operacionais com placas aquecedoras em circuito experimental, de forma a não ocorrer ONB na superfície da miniplaca^{[1][2]}.

iii)- Permitir a monitoração do fluxo de nêutrons térmicos e das temperaturas atingidas na superfície da miniplaca, durante a irradiação, através de um detector tipo SPND^[3] ("Self Power Neutron Detector") e 8 termopares instalados em diversas posições no interior do circuito, como ilustrado na fig. 3.

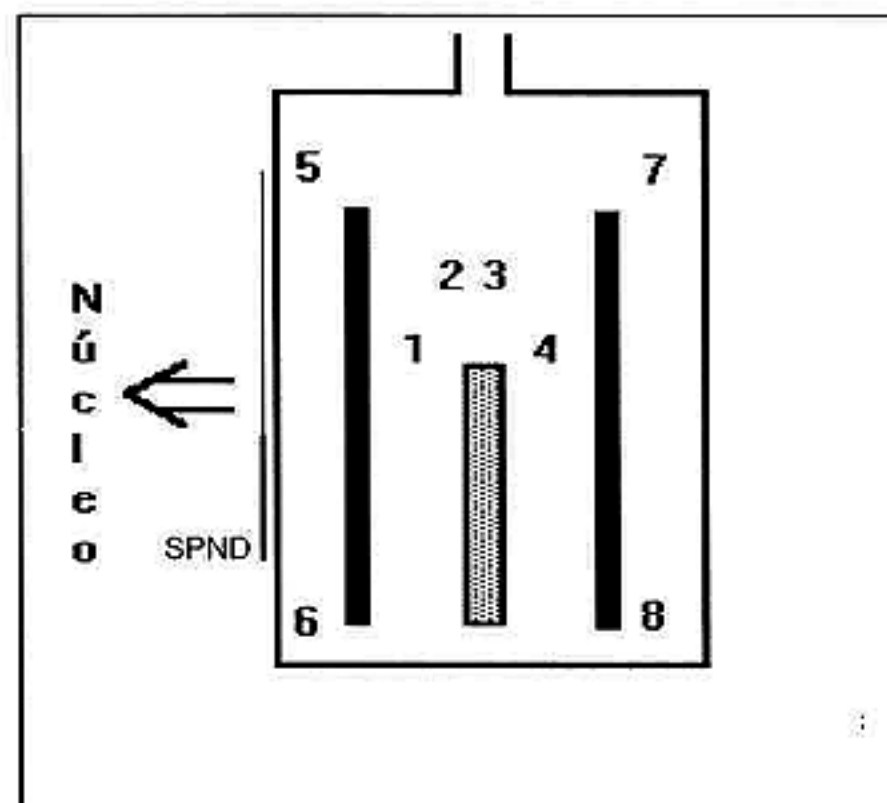


Figura 3. Localização dos Termopares e SPND na Cápsula de Irradiação do CICON

Os termopares e o detector de fluxo de nêutrons instalados na cápsula de irradiação são acoplados via cabo ao sistema de aquisição de dados. Este sistema é constituído por um "Fluke Data Logger" que digitaliza os sinais analógicos fornecidos por estes dispositivos, e um microcomputador que efetua o armazenamento contínuo e automático dos dados

coletados durante todo o período de irradiação da miniplaca.

O sistema de circulação de água do CICON é constituído por uma bomba hidráulica e um reservatório de água (tanque de surto). Esse sistema permite a renovação da água que refrigera a miniplaca, bem como a coleta de amostras da água para a realização de análises radioquímicas. A atividade do tanque de surto é permanentemente monitorada por um contador GM. Produtos radioativos gasosos que migram através do circuito são coletados integralmente pelo sistema de ventilação do prédio do reator.

IRRADIAÇÃO DE UMA MINIPLACA COMBUSTÍVEL UTILIZANDO O CICON

Instalação da Cápsula do CICON no Núcleo do IEA-R1 e Condições de Operação. Uma miniplaca combustível de UO_2 foi irradiada no IEA-R1 com a utilização do CICON. A miniplaca permaneceu no núcleo durante aproximadamente três meses, tendo sido submetida a ciclos de oito horas diárias de irradiação.

A cápsula de irradiação do CICON, contendo a miniplaca, foi instalada na posição 26 da placa matriz do núcleo do IEA-R1 (na periferia do núcleo), como ilustra a fig. 4. Nesta posição e para a configuração de núcleo utilizada, os cálculos neutrônicos previram uma inserção de reatividade de aproximadamente 189 pcm, fluxos térmicos sobre a miniplaca da ordem de $1,39 \cdot 10^{13}$ n/cm².s e potência dissipada na miniplaca da ordem de 2000 W^[4].

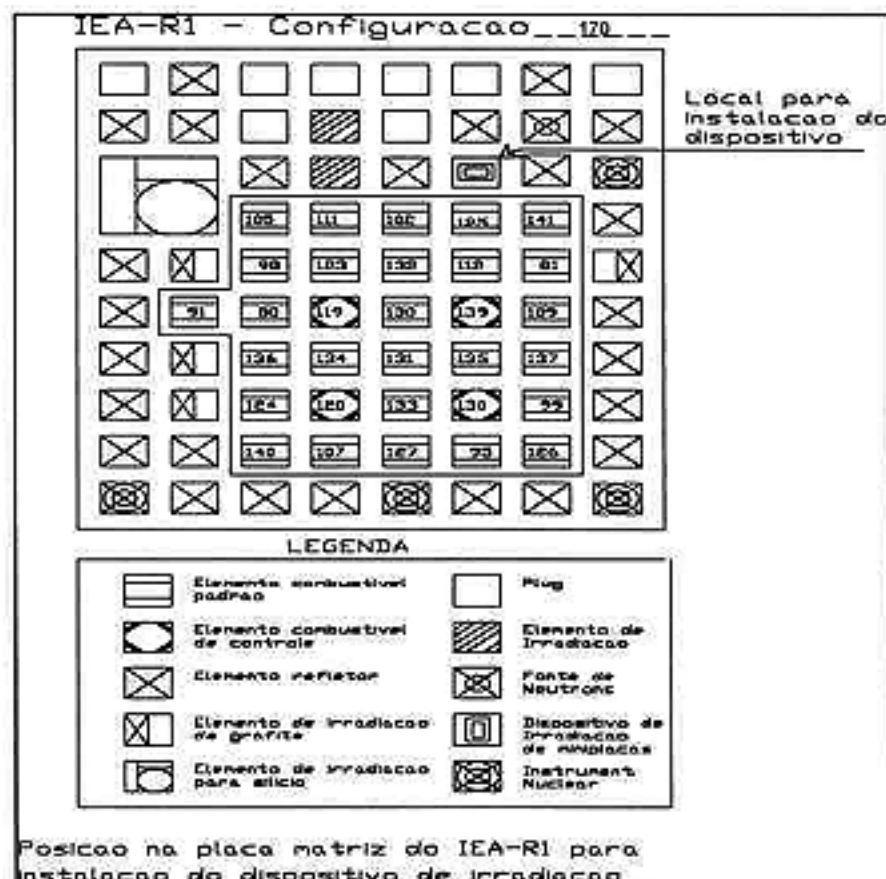


Figura 4. Representação do Local de Instalação da Cápsula do CICON no IEA-R1

Desempenho Global do CICON. Os gráficos exibidos nas figuras 5 a 13 apresentam as informações coletadas pelo sistema de aquisição de dados do CICON para um dia de irradiação da miniplaca^[5].

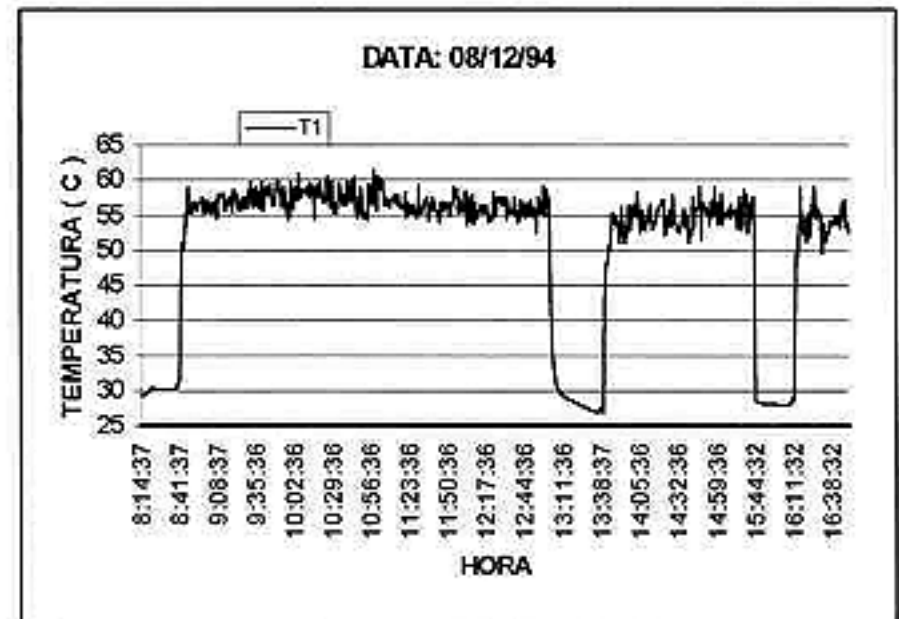


Figura 5. Evolução da Temperatura Registrada pelo Termopar 1

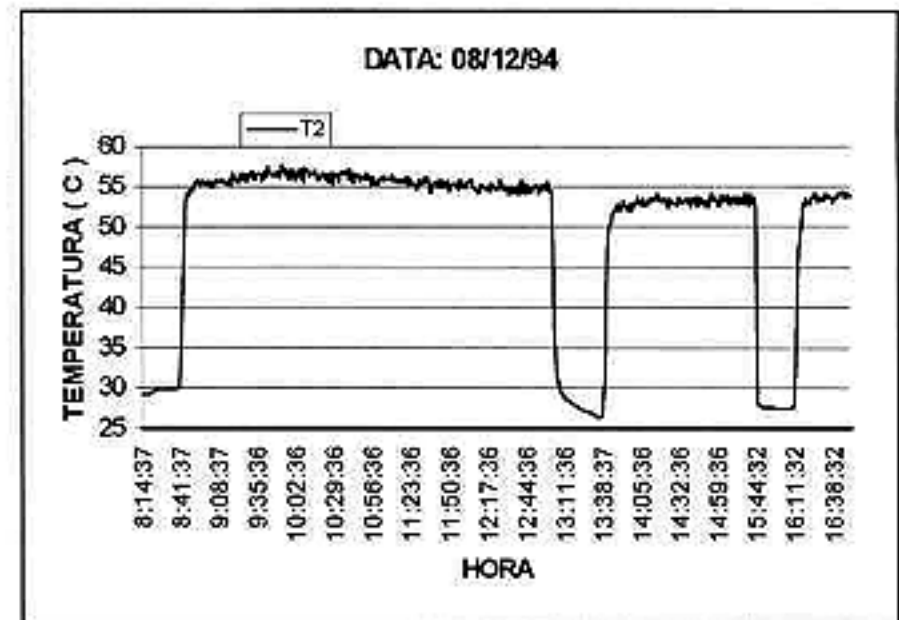


Figura 6. Evolução da Temperatura Registrada pelo Termopar 2

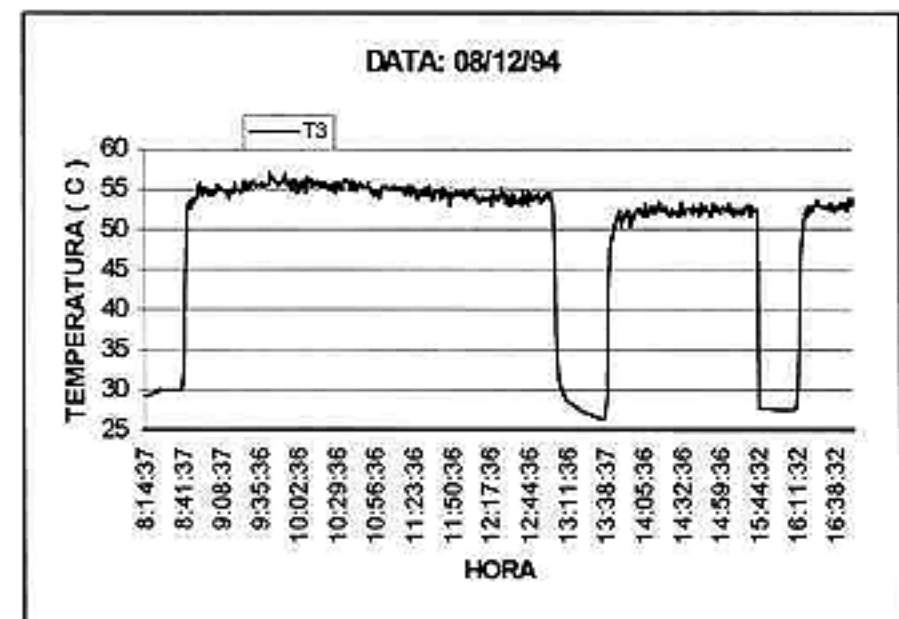


Figura 7. Evolução da Temperatura Registrada pelo Termopar 3

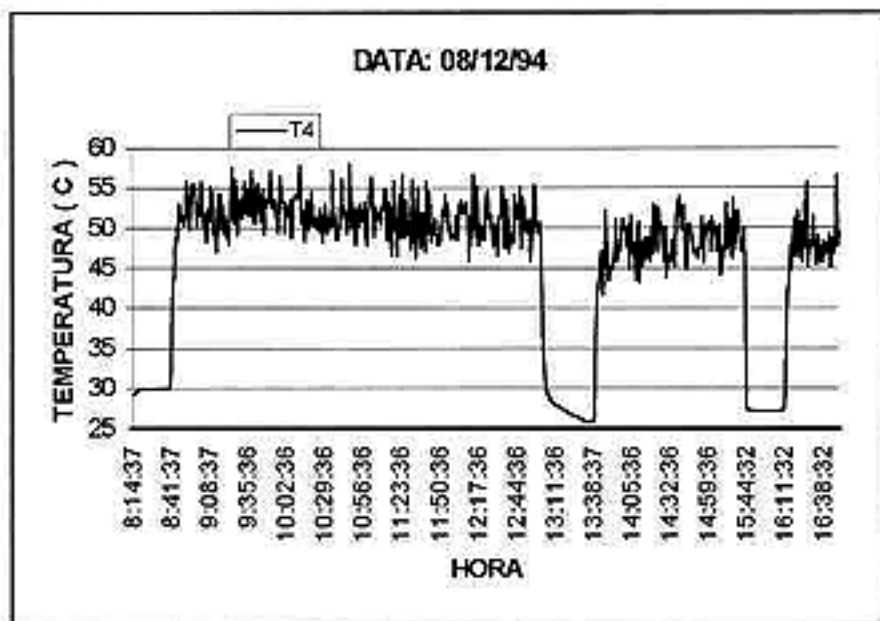


Figura 8. Evolução da Temperatura Registrada pelo Termopar 4

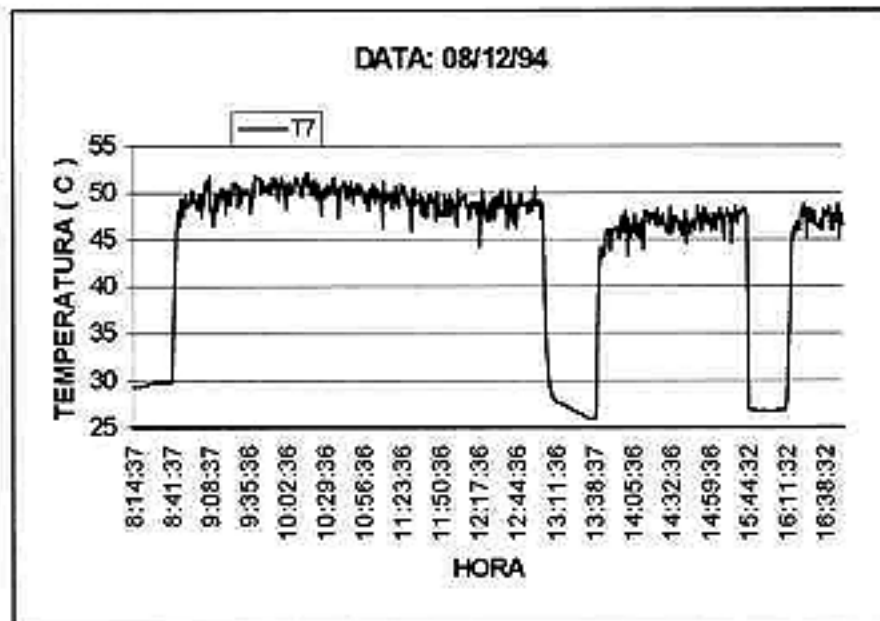


Figura 11. Evolução da Temperatura Registrada pelo Termopar 7

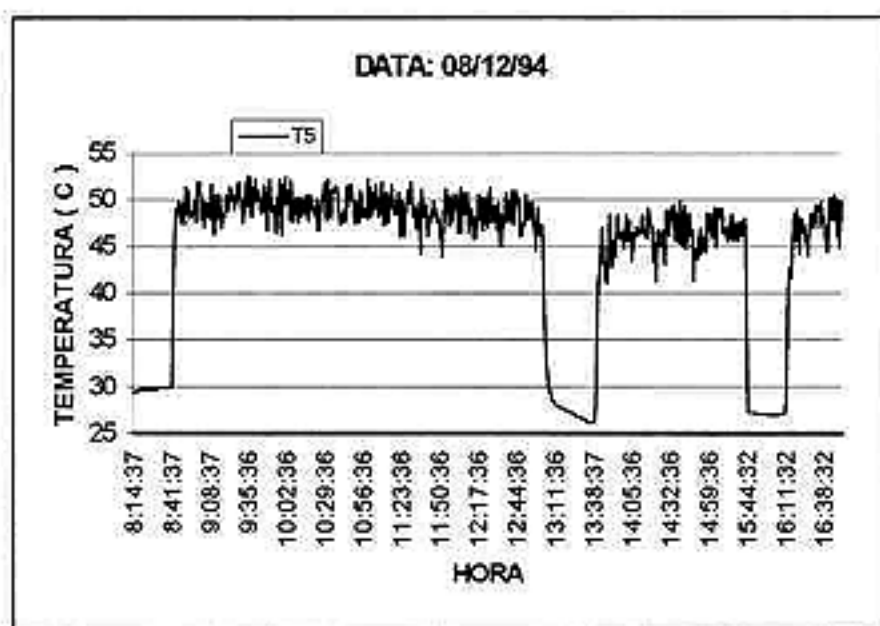


Figura 9. Evolução da Temperatura Registrada pelo Termopar 5

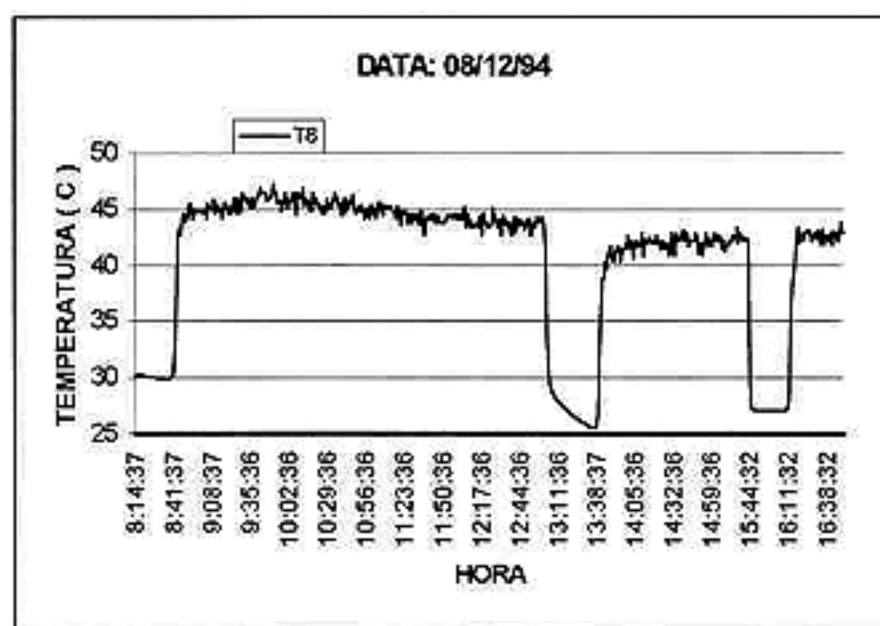


Figura 12. Evolução da Temperatura Registrada pelo Termopar 8

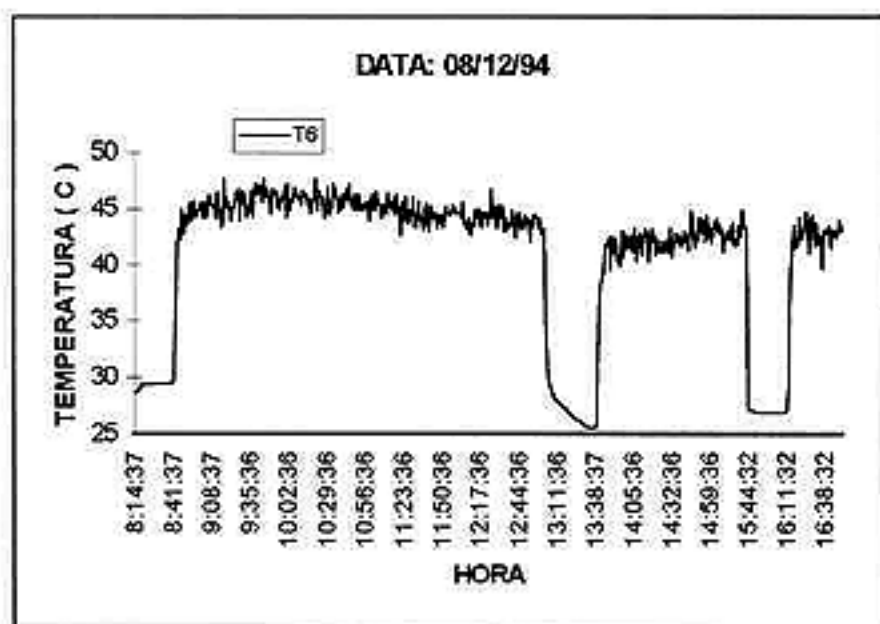


Figura 10. Evolução da Temperatura Registrada pelo Termopar 6

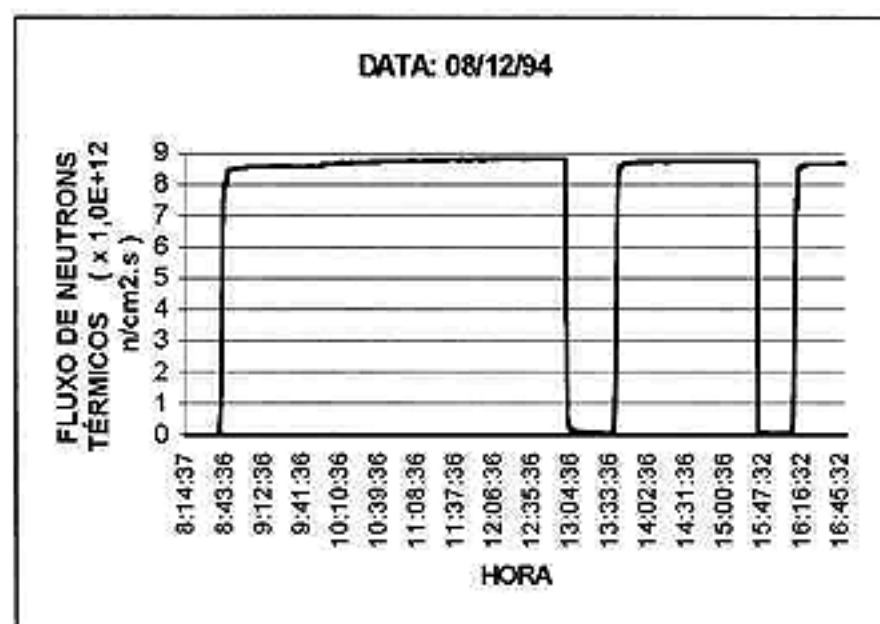


Figura 13. Evolução do Fluxo de Nêutrons Térmicos Registrado pelo SPND

A partir destes gráficos pode-se observar que o CICON comporta-se como um pequeno “reator”, bastante sensível a qualquer mudança que ocorra no núcleo do reator IEA-R1, bem como nas condições de refrigeração do núcleo e da miniplaca ou cápsula de irradiação. Qualquer variação de potência no núcleo é sentida no CICON (tanto por mudança na potência total quanto na variação de posicionamento de barras de controle que causem uma perturbação no fluxo incidente sobre a cápsula).

A leitura do fluxo neutrônico fornecida pelo SPND do CICON mostrou-se bastante estável e fiel ao regime de irradiação imposto pelo controle do reator.

As leituras de temperatura fornecidas pelo CICON são satisfatórias, apesar de apresentarem comportamento bastante oscilatório, devido às oscilações de temperatura das correntes de convecção e às vibrações impostas aos termopares pelo fluxo do refrigerante no interior da cápsula. Nota-se que as amplitudes das oscilações de temperatura são maiores nos termopares colocados próximos à parte ativa da miniplaca combustível, indicando que nestas posições existe maior turbulência e linhas de convecção mais acentuadas (maiores gradientes de temperatura).

Amostras da água de refrigeração da miniplaca foram coletadas periodicamente através do sistema de circulação de água do CICON e levadas para o laboratório de análises radioquímicas do IPEN, onde determinava-se a atividade específica de cada radionuclídeo presente na água. Caso ocorresse falha no revestimento da miniplaca durante a irradiação, esta seria acusada pela presença de produtos de fissão nas amostras analisadas.

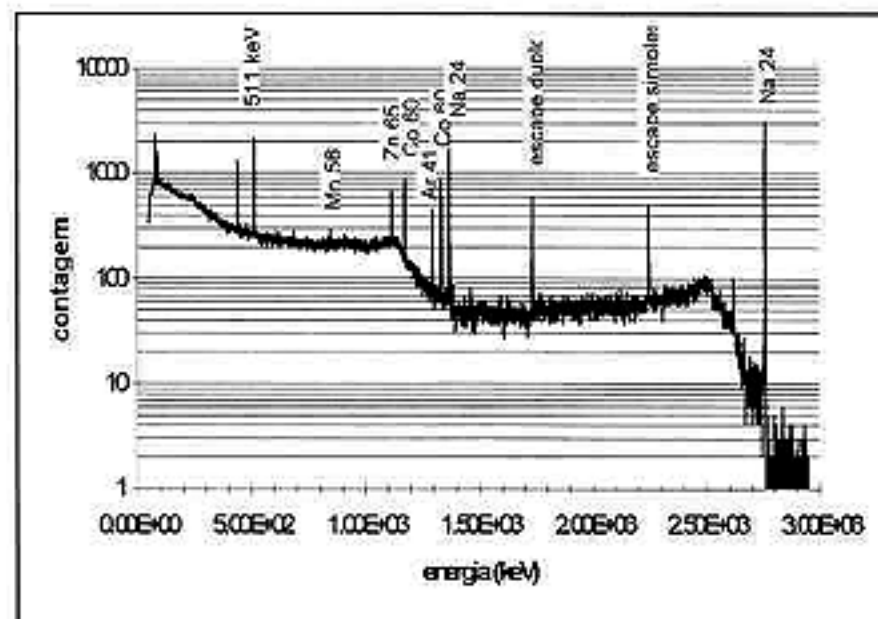


Figura 14. Espectro Gama da Água do CICON Obtido “On line”

Análises qualitativas de espectro gama podem ser obtidas “on line”, acoplado-se um sistema de

deteção gama (HPGe + multicanal) na tubulação de entrada do tanque de surto. A fig. 14 mostra um dos espectros obtidos durante a irradiação da miniplaca, onde pode-se observar a presença de produtos de ativação na água do CICON.

CONCLUSÃO

O dispositivo de irradiação de miniplacas combustíveis (CICON) disponível no reator IEA-R1 do IPEN/CNEN-SP demonstrou ser bastante eficiente na qualificação sob irradiação de combustíveis nucleares. Os resultados obtidos numa primeira irradiação de uma miniplaca indicam que o sistema de refrigeração dimensionado para a miniplaca é eficaz, o sistema de aquisição de dados permite monitoração constante das variáveis fluxo neutrônico e temperatura e o sistema de circulação da água da cápsula permite um “sipping” eficaz (monitoração de produtos radioativos).

Este sistema mostra-se apto para testes de qualificação sob irradiação de combustíveis desenvolvidos pelo IPEN/CNEN-SP.

REFERÊNCIAS

- [1] Coragem, H., **Resultados Preliminares do loop Experimental de Circulação Natural**, Relatório Técnico Interno da Divisão REN, 1994.
- [2] Passos, J., **Análise do Circuito de Irradiação de Miniplacas**, Relatório Técnico Interno da Divisão REN, 1994.
- [3] Survok, W., **Calibração e Instalação do SDNI Experimental para CICON**, Relatório Técnico Interno da Divisão REN, 1995.
- [4] Coragem, H., **Resultados Preliminares da Operação do CICON no IEA-R1**, Relatório Técnico Interno da Divisão REN, 1995.
- [5] Marra Neto, A., **Acompanhamento da Irradiação da Miniplaca Combustível no Reator IEA-R1**, Relatório Técnico Interno da Divisão REN, 1996.

ABSTRACT

This paper reports informations about the operation of the device for nuclear fuel miniplates irradiation in the reactor IEA-R1, named CICON (Circuit for Nuclear Fuels Irradiation). Some results collected with CICON from the first continuous irradiation cycle of a fuel miniplate are presented.