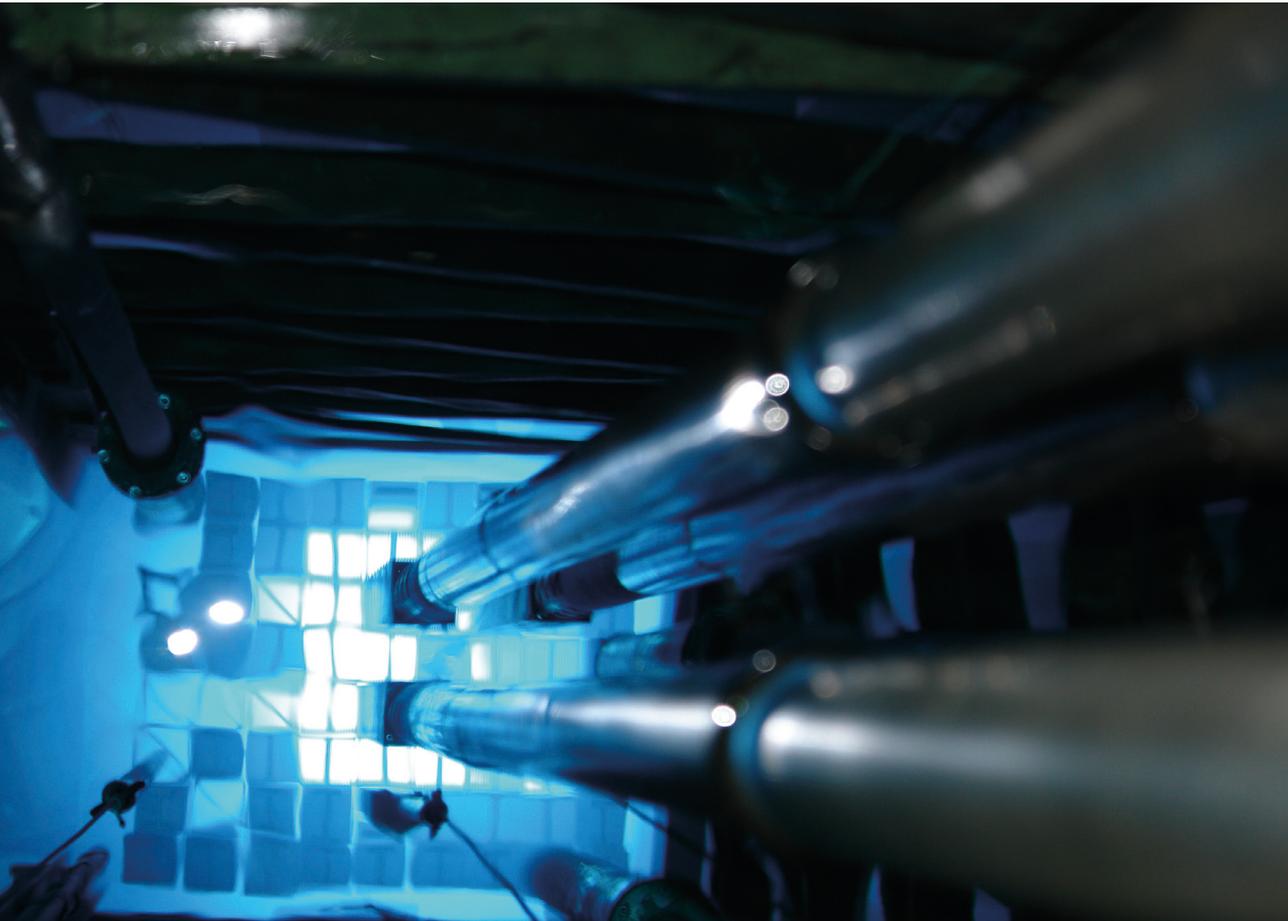


Paulo Sergio Cardoso Da Silva
Guilherme Soares Zahn
Francisco De Assis Souza
organizadores

CONTRIBUIÇÕES DO REATOR IEA-R1 PARA A PESQUISA NUCLEAR

WARP2: II Workshop Anual do Reator de Pesquisas



CONTRIBUIÇÕES DO
REATOR IEA-R1 PARA A
PESQUISA NUCLEAR

Conselho editorial

André Costa e Silva

Cecilia Consolo

Dijon de Moraes

Jarbas Vargas Nascimento

Luis Barbosa Cortez

Marco Aurélio Cremasco

Rogerio Lerner

Blucher Open Access

PAULO SERGIO CARDOSO DA SILVA
GUILHERME SOARES ZAHN
FRANCISCO DE ASSIS SOUZA
(organizadores)

CONTRIBUIÇÕES DO
REATOR IEA-R1 PARA A
PESQUISA NUCLEAR
WARP2: II Workshop Anual do
Reator de Pesquisas

21 e 22 de novembro de 2019
Centro do Reator de Pesquisas
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

2022

Contribuições do Reator IEA-R1 para a Pesquisa Nuclear

WARP2: II Workshop Anual do Reator de Pesquisas

© 2022 Paulo Sergio Cardoso da Silva, Guilherme Soares Zahn e Francisco de Assis Souza

Editora Edgard Blücher Ltda.

Publisher Edgard Blücher

Editor Eduardo Blücher

Coordenação editorial Jonatas Eliakim

Produção editorial Thaís Costa

Diagramação Taís do Lago

Capa Laércio Flenic

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-934 – São Paulo – SP – Brasil
Tel 55 11 3078-5366
contato@blucher.com.br
www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios, sem autorização escrita da Editora.

Todos os direitos reservados pela Editora
Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Workshop anual do reator de pesquisas (2. : 2019 :
São Paulo)

Contribuições do reator IEA-R1 para a pesquisa
nuclear WARP 2 / organizado por Paulo Sergio Cardoso
da Silva, Guilherme Soares Zahn, Francisco de Assis
Souza. -- São Paulo : Blucher, 2022.

478 p : il.

21 e 22 de novembro de 2019 - Centro do Reator de
Pesquisas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Bibliografia

ISBN 978-65-5550-147-6 (impresso)

ISBN 978-65-5550-148-3 (eletrônico)

1. Pesquisa nuclear 2. Física nuclear I. Título II. Silva,
Paulo Sergio Cardoso da III. Zahn, Guilherme Soares IV.
Souza, Francisco de Assis IV. IPEN

21-5617

CDD 539.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Pesquisa nuclear

COMITÊ ORGANIZADOR

Paulo Sergio Cardoso da Silva

Guilherme Soares Zahn

Francisco de Assis Souza

COMITÊ CIENTÍFICO

Paulo Sergio Cardoso da Silva

Guilherme Soares Zahn

Francisco de Assis Souza

Frederico Antônio Genezini

APOIO

O Comitê Organizador agradece o apoio do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), do Departamento de Ensino do IPEN e da Marinha do Brasil, para a realização do II Workshop Anual do Reator de Pesquisas.



MEDIDA DE DISTRIBUIÇÃO DE VAZÃO NO NÚCLEO DO REATOR IEA-R1 USANDO O ELEMENTO DMPV-01

Walmir M. Torres, Pedro E. Umbehaun, Delvonei A. Andrade

Centro de Engenharia Nuclear – IPEN-CNEN/SP

Av. Professor Lineu Prestes, 2242

05508-000 São Paulo – SP

wmtorres@ipen.br

RESUMO

O elemento *dummy* instrumentado DMPV-01 foi usado para medir a vazão em algumas posições do núcleo do reator IEA-R1 ocupadas por elementos combustíveis (EC). A vazão foi medida nas posições dos EC nº 152, 153, 169 e 170 referentes à configuração nº 210a de operação do reator. Com base nas medidas efetuadas pode-se concluir que uma parcela considerável de vazão não passa através dos EC e, portanto, não contribui para o seu resfriamento. Os valores de vazão medidos foram muito menores que os valores médios teóricos estimados, os quais estavam sendo usados como dados de entrada nas análises termo-hidráulicas do núcleo. Isso significa que pode estar havendo um desvio de vazão do núcleo muito maior do que

o esperado e desejado ou, que a vazão medida no circuito primário esteja incorreta. Também foram realizados testes para verificar a influência dos irradiadores presentes na configuração 210a, ou seja, o EIS (Elemento de Irradiação de Silício), os EIRA (Elemento de Irradiação Resfriado a Água) e a GI (Guia de Irradiação), na distribuição de vazão. Foi verificada também a influência da presença dos tubos porta-amostra nos orifícios do EIBE (Elemento de Irradiação de Berílio).

1. INTRODUÇÃO

Reatores de pesquisa do tipo piscina aberta, como o IEA-R1, geralmente utilizam elementos combustíveis do tipo placa plana conhecidos como MTR (Materials Testing Reactors). A segurança desses reatores está relacionada com a capacidade de resfriamento desses elementos combustíveis em qualquer estado de operação do reator. O sistema de resfriamento primário é projetado para fornecer vazão suficiente para manter a temperatura das placas combustíveis e do fluido de resfriamento abaixo de limites previamente estabelecidos.

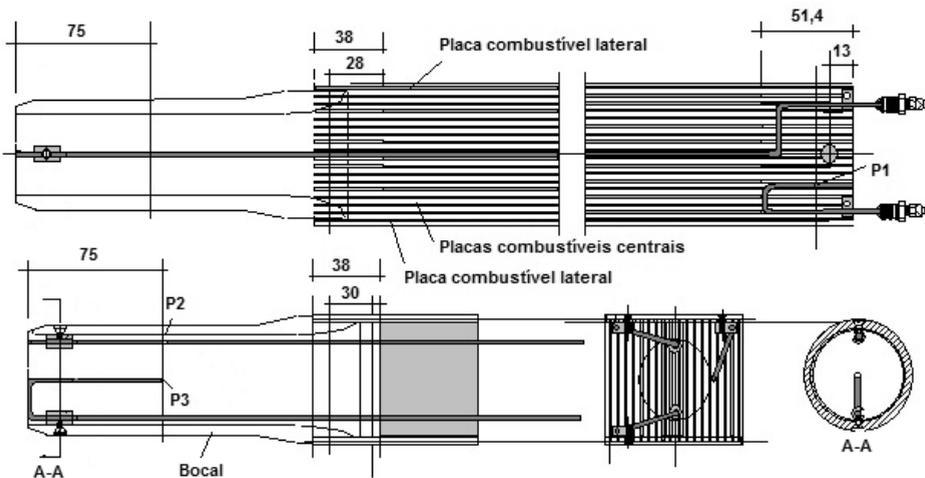
O IEA-R1 é um reator de pesquisas projetado para operar a 5 MW e é usado principalmente para pesquisas e produção de radioisótopos. Durante muitos anos, o IEA-R1 operou em 2 MW e com um núcleo formado por trinta elementos combustíveis. Para essas condições, as margens de segurança eram bastante grandes. Para possibilitar uma maior capacidade de pesquisas e produção, foi decidido em meados dos anos 1990 pelo aumento da potência de operação para 5 MW e um núcleo de 24 elementos combustíveis com um irradiador central de berílio. Análises termo-hidráulicas foram realizadas para essas novas condições e indicaram que as margens de segurança foram muito diminuídas. Por isso, é muito importante conhecer a vazão de resfriamento através dos elementos combustíveis.

2. DESCRIÇÃO DO ELEMENTO DMPV-01

O elemento *dummy* DMPV-01 foi desenvolvido para permitir a medida de vazão individual nos elementos combustíveis dentro do núcleo do reator, [1-2]. Ele tem as mesmas dimensões e quantidade de placas de um elemento combustível padrão utilizado no IEA-R1, exceto as placas combustíveis, que foram substituídas por placas de alumínio. Ele é instrumentado com tomadas de pressão estática (P1 e P2) e dinâmica (P3), que são usadas para medir a vazão que atravessa o elemento combustível, conforme mostra a Figura 1. Para medir as diferenças de pressão (P1-P2) e (P3-P2) foram usados dois transmissores de pressão diferencial (TPD1 e TPD2). Foi desenvolvido um dispositivo (recipiente) para abrigar estes

instrumentos. Este dispositivo tem a função de manter os instrumentos (TPD1 e TPD2) numa posição abaixo do nível da água da piscina, possibilitando com isso, que as linhas de pressão fiquem sempre cheias com água. O dispositivo possui ainda um sistema que permite o enchimento das linhas de pressão com água desmineralizada proveniente do sistema de tratamento de água do IEA-R1 e a expulsão das bolhas de ar dessas linhas. Com isso, evita-se a contaminação dos transmissores de pressão com a água da piscina.

Figura 1 – Desenho simplificado do elemento instrumentado DMPV-01.



2.1. Curva de Calibração do DMPV-01

O DMPV-01 foi instrumentado com tomadas de pressão estática (P1 e P2) e dinâmica (P3) que permitem, por meio de uma curva de calibração, medir a vazão que atravessa o mesmo. Os experimentos para a obtenção de dados para a construção da curva de calibração foram realizados na Bancada de Aferição de Vazão (BAV), conforme ilustra a Figura 2. A Figura 3 mostra a curva de calibração do DMPV-01 em termos de vazão volumétrica (m^3/h) e DP (mBar). A medida da vazão no circuito foi realizada por uma placa de orifício e um transmissor de pressão diferencial, e um termopar do tipo K de 1,5 mm de diâmetro foi usado para medir a temperatura da água durante os experimentos. Maiores detalhes com relação ao experimento de calibração do DMPV-01 podem ser vistos em [2].

Figura 2 – BAV adaptada para calibração do DMPV-01.

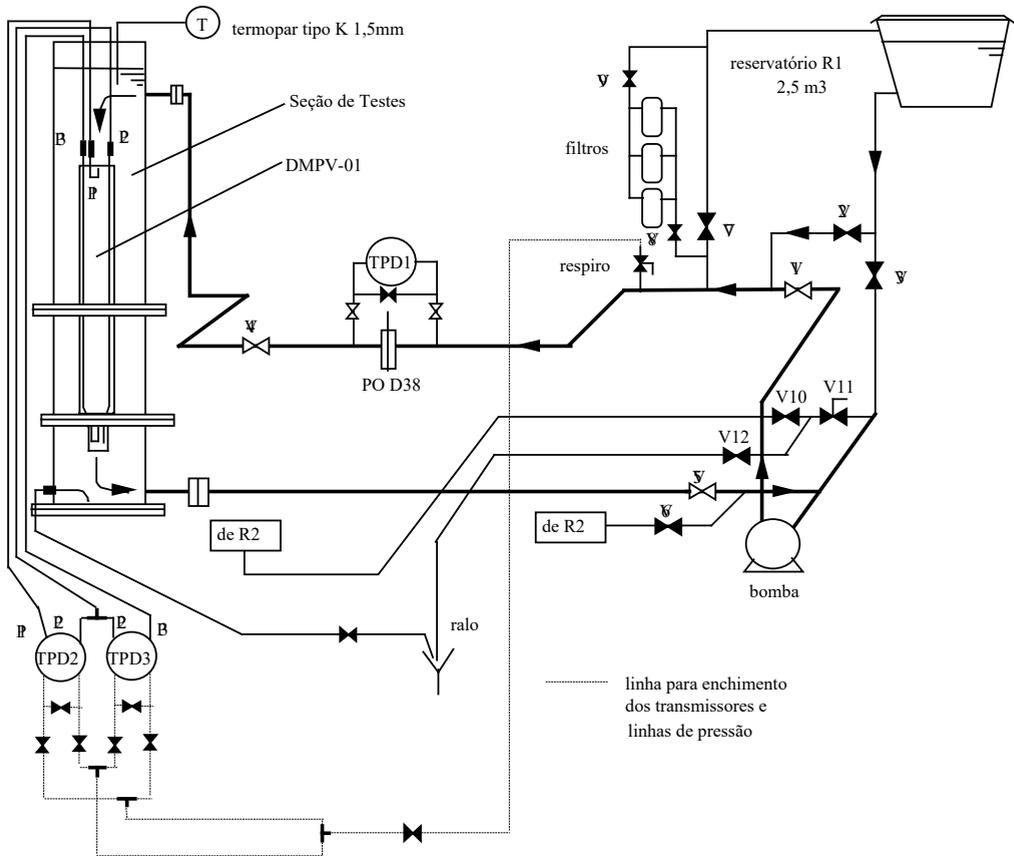
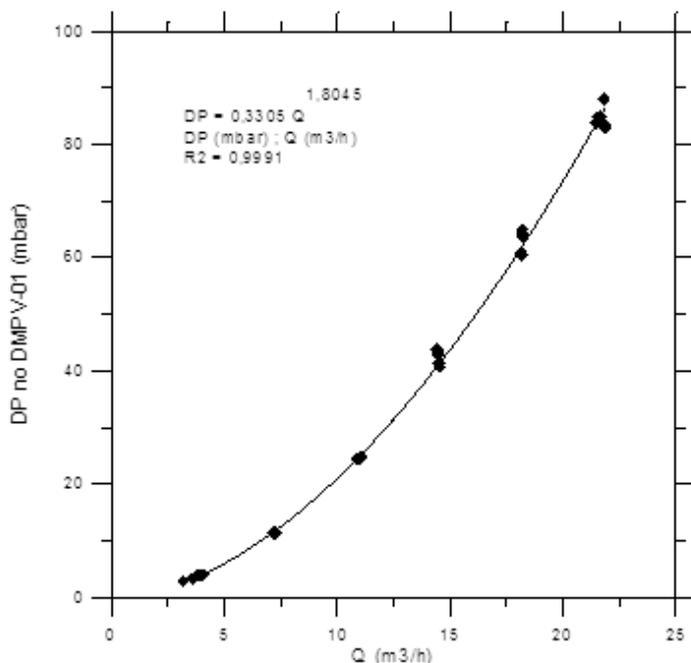


Figura 3 – Curva de calibração do DMPV-01.



2.2. Medida da distribuição de vazão no núcleo

A medida de distribuição de vazão no núcleo foi realizada na configuração 210a de operação com o reator desligado, conforme ilustra a Figura 4. As medidas de vazões correspondem às posições 152, 153, 169 e 170 da configuração 210a e foram realizados dez testes com o reator desligado. A Figura 5 apresenta os resultados.

A vazão teórica por elemento combustível, sem considerar as vazões entre elementos combustíveis e vazões através dos irradiadores, seria igual a vazão do sistema total dividida pela quantidade de elementos combustíveis ($N = 24$), ou seja,

$$Q = Q_{\text{total}} / N \quad (1)$$

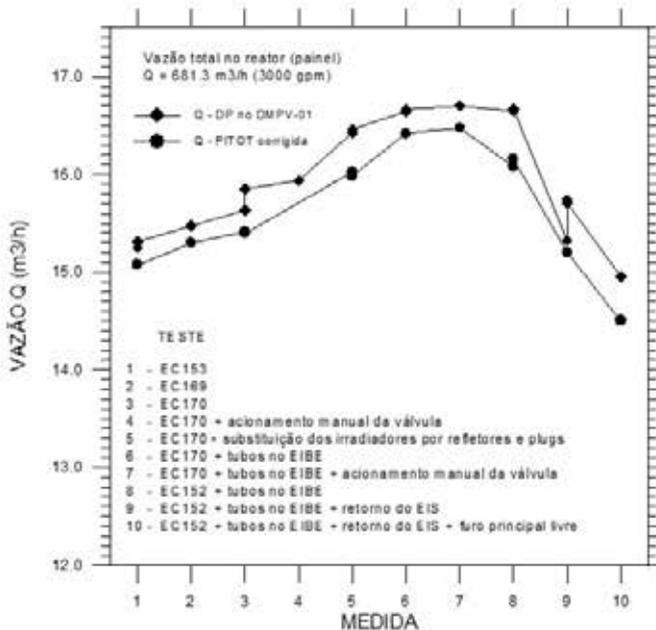
Para uma vazão de operação de 3000 gpm (681,3 m³/h), a vazão média teórica por elemento combustível seria $Q = 28,24$ m³/h. Observando a Figura 5, nota-se que as máximas vazões medidas foram da ordem de 16,80 m³/h (testes 6, 7 e 8). Isso indica que uma parcela considerável da vazão está passando por fora do núcleo e não está sendo eficiente em seu resfriamento, diminuindo assim as

margens de segurança. Estudos, testes e ações foram realizados para identificar, corrigir e diminuir essa vazão de desvio.

Figura 4 – Configuração 210a de operação do núcleo do reator IEA-R1.

ΔP	TD	TD	TD	TD	TD	TD	TS
TS	TS	TS	TS	TS	TS	TS	LIN
R	TS	R	EIRA	R	R	R	R
EIS	EIS	R	EIRA	R	GI	R	CF
EIS	EIS	EC 153	EC 168	EC 156	EC 160	EC 150	R
R	EIGRA I	EC 158	ECT 166	EC 169	ECT 180	EC 171	EIF
R	R	EC 164	EC 161	EIBE	EC 162	EC 163	R
R	EIGRA II	EC 159	ECT 179	EC 170	ECT 167	EC 154	R
S2	R	EC 152	EC 155	EC 157	EC 165	EC 151	S3
R	R	R	R	R	R	R	R

Figura 5 – Medidas de Vazão Volumétrica no Núcleo do Reator IEA-R1.



3. CONCLUSÕES

O elemento *dummy* instrumentado DMPV-01 foi usado para medir a distribuição de vazão no núcleo do reator IEA-R1. As medidas foram realizadas com o reator desligado para a configuração 210a do núcleo. Uma comparação entre os valores de vazão média teórica calculada por EC e os valores máximos medidos pelo DMPV-01 mostrou uma grande diferença entre os valores, indicando que uma parcela considerável de vazão não está passando pelo núcleo e, portanto, não está contribuindo para o seu resfriamento. Estudos e ações posteriores foram realizados visando o aumento da vazão através dos elementos combustíveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Engenharia Nuclear (CEENG), ao Centro do Combustível Nuclear (CECON) e ao Centro do Reator de Pesquisas (CRPq).

REFERÊNCIAS

1. LIMA, R. M.; OLIVEIRA, F. S. *Relatório descritivo de fabricação do elemento DMPV-01*. Relatório Descritivo de Fabricação nº RDF-DMPV-01/01 – R:00. Set. 2000.
2. TORRES, W. M. *Desenvolvimento do elemento DMPV-01 para medida de vazão no núcleo do reator IEA-R1*. Relatório Técnico nº PSE.CENT.IEAR1.001.00 – RELT.003.00. Mar. 2001.
3. UMBEHAUM, P. E.; ANDRADE, D. A. *Reavaliação das condições termo-hidráulicas do núcleo do Reator IEA-R1 para produção de molibdênio*. Relatório Técnico nº PSI.ROI.IEAR1.055 – RELT.001.00. Jul. 1999.