

# IDENTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE CORROSÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO REATOR IEA-R1m ATRAVÉS DA ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA

## FASE 1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DA PISCINA DO REATOR IEA-R1m

Ligia Aparecida da Aguida, Daniel Kao Sun Ting, Antônio Teixeira e Silva, Edison Sidnei Longo; e Omar C. Filho

IPEN-CNEN/SP  
Caixa Postal 11049  
05508-900, São Paulo, Brasil

### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo identificar os mecanismos de corrosão, erosão e abrasão dos componentes do reator IEA-R1m do IPEN-CNEN/SP. Pretende-se correlacionar tais mecanismos com a especificação da qualidade da água e reavaliar experimentalmente os processos existentes de tratamento da água, visando estender a vida útil dos componentes e redução dos níveis de dose devido à radiação. Para tanto faz-se necessário um estudo do IEA-R1m, observando os materiais de que é constituído e sua condição de operação, pois os processos de corrosão só podem ser avaliados mediante um estudo do material interagindo com o meio nas reais condições de trabalho.

Palavras Chave : identificação, corrosão, ativação, remoção.

### I. INTRODUÇÃO

A água empregada nos diversos tipos de instalações nucleares tem como característica comum um alto grau de pureza, usando-se normalmente desmineralizador para a sua produção, e em muitos sistemas ela é continuamente purificada por desmineralizadores contendo resinas de troca iônica para minimizar os processos de corrosão nos materiais estruturais.

A água da piscina do reator IEA-R1m é empregada com os seguintes propósitos :a) refrigerar o núcleo do reator, b) moderar os nêutrons de alta energia produzidos na reação nuclear de fissão, c) refletir os nêutrons novamente ao núcleo do reator e, d) blindagem biológica contra as radiações [2].

Reatores com partes estruturais de alumínio podem sofrer ataques em pH ao redor de 7,0 ou ligeiramente superior, sendo necessário o controle de acidez ou alcalinidade da água, além disso os processos corrosivos podem ser acelerados devido à presença das radiações pelas partículas alfa, beta, raios gama, prótons, e nêutrons rápidos e lentos

Quando o reator está em operação, parte da água do Sistema de Resfriamento é continuamente desviada para o Sistema de Retratamento da Água, com a finalidade de:- a) remover impurezas, minimizando a geração de materiais radioativos através do processo de ativação nuclear ,

b) controlar o pH devido a presença de íons agressivos que atacam as estruturas metálicas causando processos de corrosão e, c) o controle da condutividade fornece a concentração aproximada de eletrólitos dissolvidos na água, alterações no valor da condutividade fornecem indicações de que está ocorrendo contaminação na água

### II. ABORDAGEM DO PROBLEMA

Os reatores de pesquisa tipo piscina, como o reator IEA-R1m, possuem como uma de suas principais características a grande facilidade de acesso ao seu núcleo para a introdução e retirada de materiais e de equipamentos.

A elevação dos níveis de potência do reator IEA-R1m de 2 MW para 5 MW teve como decorrência maior geração de produtos de ativação, consequentemente o Sistema de Retratamento da água da piscina tem se exaurido mais rapidamente necessitando de regeneração com maior frequência. Além disso, houve um acréscimo dos níveis de radiação na superfície da piscina, acarretando na redução nos tempos disponíveis aos operadores ou pesquisadores para permanência em locais próximos à superfície.

Para que possamos avaliar os níveis de radiação em função das condições de operação do reator é necessário o

conhecimento dos elementos radioativos que elevam os níveis de atividade da água, bem como os mecanismos de ativação destes elementos. Foram realizadas análises químicas da água da piscina, com o objetivo de correlacionar os elementos presentes nestas análises com a composição nominal dos materiais estruturais e verificar quais componentes estão sob processo de corrosão. Também foram realizadas análises radiométricas da água da piscina para a identificação dos elementos presentes na mesma.

O interesse deste trabalho está associado ao estudo do Sistema de Retratamento com a finalidade de avaliar sua eficiência utilizando um circuito experimental, e propor uma nova configuração visando uma melhor remoção de impurezas presentes na água.

### III. CARACTERÍSTICAS DO IEA-R1m

O reator IEA-R1m está operante desde 1957, é um reator de pesquisa tipo piscina, heterogêneo e utiliza água leve desmineralizada de alta pureza. Esta água é obtida por processo de troca iônica em Sistemas de Abrandamento e Desmineralizador. Em 1997, este reator passou por reformas visando o aumento de potência de 2 MW para 5 MW e operações contínuas de aproximadamente 64 horas semanais.

A piscina do reator é construída em concreto e teve seu revestimento interno de cerâmicas brancas substituído por aço inoxidável entre 1977/1978 com a finalidade de sanar os problemas de infiltrações e desprendimento das cerâmicas. Esta substituição influenciou a composição química da água da piscina, eliminando a introdução da sílica proveniente da lixiviação do rejunte entre as cerâmicas e dos locais onde havia desprendimento das mesmas.

O IEA-R1m utiliza como combustível  $U^{235}$ , as placas dos elementos combustíveis são constituídas por uma liga de urânio e alumínio totalmente revestida de alumínio puro.

O núcleo tem formato de paralelepípedo, é constituído por um conjunto de 25 elementos combustíveis tipo MTR (Material Testing Reactor), elementos refletores e elementos de irradiação, encaixados verticalmente na placa matriz, submerso na piscina, suspenso por meio de uma estrutura metálica vertical presa a ponte rolante. O material estrutural deste conjunto é o alumínio, assim o padrão de pureza da água desmineralizada está diretamente relacionado com a prevenção de corrosão do alumínio.

O controle da reatividade do reator é realizado por quatro barras de controle/segurança constituídas por elementos absorvedores de nêutrons (liga de Ag, In, Cd).

A blindagem na parte superior ao núcleo do IEA-R1m é constituída por uma camada de 6,7 m de água. Este projeto de blindagem é baseado na seguinte especificação: "a dose total de radiação (nêutron e gama) não deve exceder a 4 mR/h sobre a superfície livre da piscina do

reator, quando o reator estiver operando com nível de potência de 5 MW", entretanto os níveis de radiação podem exceder aos níveis recomendados pela especificação do projeto pois são influenciados pelos seguintes fatores: a)- potência de funcionamento do reator; b)- taxa de impurezas existentes na água da piscina; e c)- condições de circulação da água no interior da piscina. A água da piscina do reator IEA-R1m possui as características apresentadas na Tabela 1 [11].

**Tabela 1 - Características da Água da Piscina do IEA-R1m**

Parâmetro	Valor
Condutividade	< 2,0 $\mu$ S/cm
pH	5,5 a 6,5
Alumínio	0,02 mg/l
Ferro	0,01 mg/l
Sódio	0,4 mg /l
Cálcio+Magnésio	0,6 mg/l
Cloreto	< 0,2mg/l

**Sistema de Tratamento da Água** - O Sistema de Tratamento da Água [1] tem por função tratar a água que abastece o prédio do reator proveniente da rede de abastecimento público, abastecendo com água desmineralizada as seguintes linhas: a)- piscina do reator, completa o seu nível quando necessário devido a perdas por gotejamento através das gaxetas das bombas hidráulicas e evaporação superficial, b)- sistema de drenagem dos tubos de irradiação e, c)- linhas de água desmineralizadas dos laboratórios da Área de Radioquímica.

A água percola o seguinte caminho, passa inicialmente pelo filtro CUNO, segue para o tanque de abrandamento, é então encaminhada para o filtro de carvão ativado seguindo para um dos dois tanques de resina, passando pela piscina segue para o tanque de decaimento de  $N^{16}$  e após um determinado tempo de retenção é retratada pelo Sistema de Retratamento da água, completando o ciclo.

**Sistema de Retratamento da Água** - Este sistema tem por finalidade a manutenção da qualidade da água da piscina, pois a mesma está sujeita a diferentes tipos de contaminações, tais como: a)- partícula de poeira, através da superfície livre da piscina, b) elementos radioativos formados por reações nucleares no alumínio estruturas dos elementos combustíveis; c)- contaminações acidentais, por ruptura de cápsulas, contendo materiais a serem irradiados; e d)- contaminação por produtos de fissão, devido a ruptura ou difusão através das placas dos elementos combustíveis.

Em decorrência do aparecimento [3] de elementos radioativos dissolvidos na água da piscina, os níveis de radiação podem aumentar após a passagem da água pelo

núcleo do reator resultante dos seguintes fatores:- a)- ativação da própria água e de gases nela dissolvidos, b)- ativação de impurezas dissolvidas na água provenientes da água de alimentação e da corrosão de materiais imersos na piscina, c) - reações nucleares de recuo nos materiais que se encontram no núcleo do reator e que estão submetidos ao fluxo de nêutrons rápidos, d)- elementos provenientes de desprendimento por corrosão de radionuclídeos já formados nos materiais constituintes do núcleo e, e)- produtos de fissão provenientes dos elementos combustíveis através de processos de difusão.

O Sistema de Retratamento da Água é constituído por duas unidades de retratamento, cada unidade é composta por um filtro de carvão ativado, um tanque de resinas de leito misto. Este sistema possui um subsistema para regeneração da resinas constituído por um tanque contendo solução de ácido sulfúrico e o outro tanque com hidróxido de sódio.

A regeneração das resinas é necessária quando a condutividade da água que está saindo da unidade estiver acima de  $2\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os Sistemas de Tratamento e Retratamento estão instalados no subsolo do prédio do reator. Para permitir o acesso para a manutenção, o sistema de retratamento é blindado por uma parede de tijolos de chumbo com espessura de 10 cm, devido ao elevado nível de atividade quando o reator está operante, o acesso ao porão só é permitido quando o reator está desligado.

**Principais Contaminantes da Água da Piscina** - Os contaminantes que eventualmente estejam presentes na água da piscina [2, 4] podem ter origem na falha do sistema de tratamento ou são produtos de corrosão dos materiais estruturais. Estas impurezas podem ser ativadas por reações do tipo  $(n,\gamma)$  com nêutrons lentos, resultando na elevação dos níveis de radiação na água, e devido as correntes hidráulicas, elevam os níveis de radiação na superfície livre da piscina [5], podendo prejudicar ou tornar mais difíceis as operações e o uso do reator.

Os principais radionuclídeos encontrados nos reatores tipo piscina, como o IEA-R1m são:-  $^{16}\text{N}$ ,  $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{27}\text{Mg}$  e  $^{28}\text{Al}$ .

O  $^{16}\text{N}$  é formado pela reação do oxigênio da água com nêutrons rápidos. O decaimento deste radionuclídeo é muito rápido ( $T_{1/2} = 7,35$  s). O processo adotado para diminuir sua concentração é reter a água de refrigeração em um tanque de decaimento por um período de 74 s. Este tempo é equivalente a 10 vezes a sua meia-vida, sendo suficiente para reduzir praticamente a zero sua concentração.

O  $^{41}\text{Ar}$  tem sua origem na reação de nêutrons térmicos com o  $^{40}\text{Ar}$  existente no ar atmosférico dissolvido na água,  $^{40}\text{Ar}(n,\gamma)^{41}\text{Ar}$ . Sendo um gás nobre, o  $^{41}\text{Ar}$  é eliminado através da exaustão adequada do saguão da piscina.

O  $^{24}\text{Na}$  e o  $^{27}\text{Mg}$  podem ter duas origens distintas:-

a) pela ativação com nêutrons térmicos dos elementos  $^{23}\text{Na}$  e do  $^{26}\text{Mg}$ , existentes como impurezas na água da piscina, b) através da reação de recuo do  $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$  e  $^{27}\text{Al}(n,p)^{27}\text{Mg}$  que ocorre no alumínio estrutural dos elementos combustíveis.

Com relação ao  $^{24}\text{Na}$  observa-se que apenas 2 % de sua concentração na água é decorrente da ativação do  $^{23}\text{Na}$  e 98 % é decorrente da reação de recuo nos materiais do núcleo. Para o  $^{27}\text{Mg}$  a contribuição das reações de recuo pode atingir 99,98 %.

O  $^{28}\text{Al}$  é formado pela reação do  $^{27}\text{Al}$  com nêutrons térmicos, no entanto a concentração em  $^{28}\text{Al}$  na água não é muito elevada ( $T_{1/2} = 2,24$  min).

A presença dos produtos de fissão e de ativação na água de refrigeração pode ser detectada pela análise de amostras de resinas do sistema de retratamento ou também pela análise radiométrica da água da piscina do reator.

**Considerações Sobre Ligas de Alumínio e Aço Inoxidável** - Os principais fatores que influenciam a taxa de corrosão, são em ordem de importância:- a) pH do meio (água), b) temperatura a que está submetido o material, c) gases dissolvidos na água e, d) velocidade de passagem da água de resfriamento.

O alumínio utilizado na construção dos elementos combustíveis pertence à série 1100 segundo a classificação da ASTM ou 2S segundo a classificação da AICAN. O restante das estruturas utilizam outros tipos de alumínio de maior resistência mecânica. Os principais tipos de alumínio utilizados no reator são da série 1100, 3003, 5052, 5154, e 6061.

Para as condições a que estão submetidas as placas de alumínio dos elementos combustíveis do reator IEA-R1m podemos dizer que a taxa de corrosão varia entre  $0,02\text{ mg}/\text{dm}^2/\text{dia}$  a  $0,2\text{ mg}/\text{dm}^2/\text{dia}$  [5].

Sabe-se que a alta resistência à corrosão do alumínio deve-se à formação de uma fina camada de óxido [6, 7, 8] extremamente aderente na superfície deste metal. Abaixo de  $90^\circ\text{C}$  ocorre a formação do óxido de alumínio tri-hidratado ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) ou alumina  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , e acima de  $100^\circ\text{C}$  tem-se ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

Para as condições atuais de operação do reator IEA-R1m podemos adotar a alumina como o óxido formado sobre as placas dos elementos combustíveis.

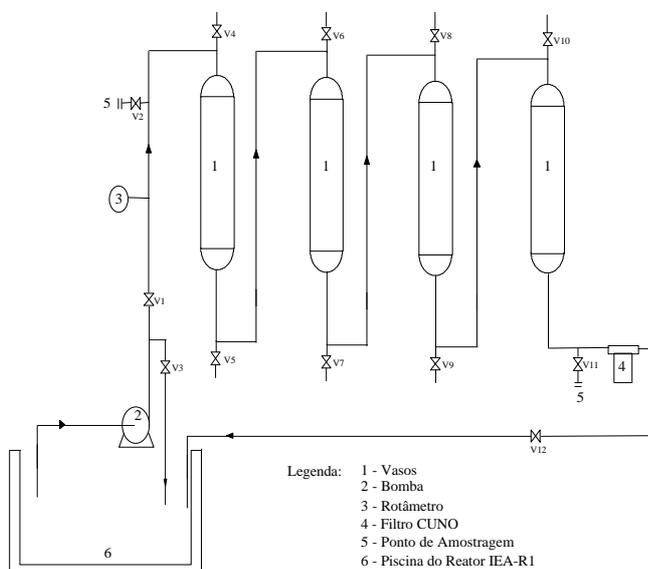
A resistência à corrosão dos aços inoxidáveis está relacionada com a formação de uma película passivadora na superfície do material [6, 9].

A velocidade de corrosão do aço inoxidável [10] sob condições ótimas é cerca de  $5\text{ mg}/\text{dm}^2/\text{mês}$  ou cerca de  $0,03\text{ mm}/\text{ano}$ .

#### IV. CIRCUITO EXPERIMENTAL

O circuito experimental [4,11], permitirá estudar a remoção de impurezas da água da piscina, e cujo fluxograma é apresentado na Fig. 1.

O circuito experimental é constituído basicamente por:- a) quatro vasos, os quais conterão carvão ativo e resinas de troca iônica (catiônica, aniônica e mista). O número de vasos que poderão ser utilizados em cada experimento dependerá do arranjo proposto para cada experimento, b) uma bomba para circular a água da piscina através do circuito experimental, c) válvulas de isolamento para regular a vazão no circuito experimental, d) um filtro tipo CUNO instalado na linha de retorno da água do circuito experimental para a piscina, a fim de evitar a fuga de resinas ou carvão ativo do circuito para a piscina e, e) um rotâmetro, instrumento para monitoração e controle da vazão



**Figura 1 - Fluxograma do Circuito Experimental**

### Resinas de Troca Iônica Utilizadas no Experimento -

Existem basicamente quatro tipos de resinas de troca iônica utilizadas no tratamento de água, a saber:- a) catiônica fortemente ácida, b) catiônica fracamente ácida, c) aniônica fortemente básica e, d) aniônica fracamente básica.

As resinas catiônicas utilizadas no Sistema de Retratamento é do tipo gel com 8% de divinilbenzeno (DVB) em peso, denominada IR - 120 é fortemente ácida de grupo funcional  $-\text{SO}_3^-$  na forma de  $\text{H}^+$ , podendo operar a temperatura máxima de  $196,2^\circ\text{C}$ , com pH 0-14, é resistente ao atrito e ataque químico, possui alta capacidade de troca iônica. A resina IR - 120 é a mais usada no tratamento da água nos processos de abrandamento, desmineralização em combinação com troca aniônica, separação de terras raras, etc.

As resinas aniônicas utilizadas no Sistema de Retratamento é do tipo gel, denominada IRA - 400, é fortemente básica, são caracterizadas por apresentarem o grupo amônio quaternário de grupo funcional  $-\text{N}(\text{CH}_3)_3$  na forma de  $\text{OH}^-$ , podendo operar na temperatura máxima de

$97,2^\circ\text{C}$ , pH 0-14. Este tipo de resina é capaz de neutralizar ácidos fracos e fortes, entretanto podem sofrer deterioração pelo oxigênio dissolvido e por matéria orgânica. A resina IRA-400 é usada para tratamento de águas livres de matérias orgânicas, nos processos de desmineralização, quando combinada com troca catiônica incluindo remoção de sílica, nos processos de recuperação do urânio e remoção de contaminantes como ácidos fracos.

**Carvão Ativo Utilizado no Experimento** - O carvão ativo é um eficiente adsorvente. Sua eficácia se deve principalmente à sua enorme superfície interna, formada por milhares de poros microscópicos, possibilitando uma superfície interna de 500 a  $1500 \text{ m}^2/\text{grama}$ .

Quando a água passa pelo filtro de carvão ativo são removidos os íons de cloro e impurezas orgânicas.

A remoção do cloro evita a formação de cloretos que poderiam provocar corrosão causando danos nos materiais estruturais existentes no interior da piscina e na tubulação do circuito primário de refrigeração. Já as impurezas orgânicas, caso não fossem removidas reduziriam a eficiência da troca iônica pela formação de uma camada isolante na superfície dos grãos da resina.

**Operação Do Circuito Experimental** - Existem diversas maneiras de combinar as resinas existentes para tratamento de água. Cada uma das possíveis combinações proporcionará uma determinada qualidade da água. A combinação ideal deve levar em consideração a qualidade da água desejada aliada ao menor custo possível.

O circuito experimental é operado manualmente. Os materiais utilizados no experimento receberão tratamento prévio para adequá-los às condições de operação e evitar a introdução de qualquer tipo de contaminação na piscina. O carvão ativo, as resinas catiônicas e aniônicas, empregadas nestas primeiras fases do experimento, são amostras do material que está sendo utilizado no Sistema de Retratamento da Água.

**Primeiro Arranjo do Circuito Experimental** - Na operação deste primeiro experimento, o circuito experimental conterá carvão ativo no primeiro vaso e resina, disposto na forma de leito misto, no segundo vaso.

Durante a operação do circuito experimental, serão monitorados o pH, a condutividade e a concentração de cloretos. Quando a operação for dada por terminada, será coletada amostra da água efluente do circuito experimental e encaminhada para análise radiométrica. Este procedimento será padrão para todos os arranjos. Objetivo deste procedimento é verificar uma vazão na qual o sistema seja mais eficiente.

**Segundo Arranjo do Circuito Experimental** - Esta segunda montagem contará com carvão ativo no primeiro

vaso e resina dispostos na forma de leito misto, no segundo e terceiro vaso. Objetivo deste segundo procedimento é observar o efeito da altura do leito de resinas, ou seja teremos um maior número de estágios de troca iônica e também observar o desempenho do sistema com a introdução do leito de polimento.

**Terceiro Arranjo do Circuito Experimental** - Este terceiro arranjo conterá no primeiro vaso carvão ativo, no segundo vasos resinas catiônicas fortemente ácidas, pois estas são mais resistentes que as resinas aniônicas tanto química como fisicamente. No terceiro vaso resina aniônica fortemente básica e o quarto vaso será leito misto de resinas. O objetivo deste arranjo é estudar a eficiência das resinas separadamente e também permitir observar o desempenho de uma nova configuração, com a introdução do leito de polimento da água.

## V. ANÁLISE PRELIMINAR DOS RESULTADOS OBTIDOS

Com objetivo de verificar a eficiência dos Sistema de Tratamento e Sistema de Retratamento da Água, foram coletadas amostras de água de abastecimento (SABESP), água efluente do sistema de tratamento, água efluente do sistema de retratamento e água da piscina do reator IEA-R1m. Este procedimento foi realizado em três semanas diferentes sendo que as amostras referentes a cada sistema foi coletada na mesma hora, para cada corrida.

A água da piscina também foi coletada sempre em um único ponto, por vários dias. Estas amostragem foram feitas antes do início da operação do reator, seguindo-se de uma amostragem após 24, 48 horas após início do alcance da potência crítica, e 12 horas após o reator ter sido desligado. Isto nos permitirá ter um perfil verdadeiro sobre a análise química da água, tanto para elementos estáveis como para os radioisótopos.

As análises químicas das amostras foram realizadas pelos Laboratórios de Espectrometria de Plasma e Laboratório Industrial, e as análises radiométricas pelo laboratório do Departamento de Radioproteção Ambiental cujo método utilizado é espectrometria gama.

Os resultados das amostras coletadas dos sistema de abastecimento, tratamento, piscina e retratamento são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Análise da Água dos Diferentes Sistemas**

Elemento	SABESP	Tratamento	Piscina	Retratamento
Mo	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
B	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
Mn	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
Cr	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm

Ca	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
V	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
Al	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
Cu	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
Ag	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
Fe	17,3ppm	<0,10ppm	0,154ppm	<0,10ppm
Cd	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
Ni	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm	<0,10ppm
Mg	1,54ppm	<0,02ppm	<0,02ppm	<0,02ppm
F	< 10 ppm	< 10 ppm	< 10 ppm	< 10 ppm
Cl	17,7 ppm	< 0,01ppm	<0,01 ppm	0,88 ppm
SO4-2	9,7 ppm	0,24 ppm	0,16 ppm	0,36 ppm
condutividade	130,7µS/cm	2,1 µS/cm	1,98 µS/cm	1,20 µS/cm
pH	7,6	5,75	5,48	5,89

Observando os dados da Tabela 2, podemos verificar a eficiência na remoção de impurezas pelos sistemas de tratamento e retratamento da água. Entretanto há uma introdução de ferro na água da piscina, isto nos leva a investigar a ocorrência de processos de corrosão provenientes do aço inoxidável, porém não será possível afirmar se este processo está ocorrendo na tubulação ou não, pois não há ponto de tomada de água na tubulação.

Quanto às amostras da água da piscina, coletadas durante ou não a operação do reator, estas apresentaram as mesmas características da fornecida na Tabela 2.

A análise radiométrica da água da piscina é apresentada nas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3 - Análise Radiométrica da Água da Piscina do Reator IEA-R1m à 2MW**

Radionuclídeo	Atividade (Ci/g)
<sup>140</sup> Ba	1,324 E <sup>-09</sup>
<sup>58</sup> Co	1,946 E <sup>-09</sup>
<sup>60</sup> Co	1,084 E <sup>-08</sup>
<sup>51</sup> Cr	2,540 E <sup>-09</sup>
<sup>137</sup> Cs	6,946 E <sup>-11</sup>
<sup>131</sup> I	1,108 E <sup>-09</sup>
<sup>133</sup> I	5,946 E <sup>-09</sup>
<sup>99</sup> Mo	2,000 E <sup>-09</sup>
<sup>24</sup> Na	2,153 E <sup>-06</sup>
<sup>239</sup> Np	5,838 E-09
<sup>132</sup> Te	1,892 E <sup>-09</sup>
<sup>187</sup> W	2,154 E <sup>-08</sup>

**Tabela 4 - Análise Radiométrica da Água da Piscina do Reator IEA-R1m à 5 MW**

Radionuclídeo	Atividade (Ci/g)
---------------	------------------

<sup>41</sup> Ar	6,937 E -7
<sup>76</sup> As	1,873 E -8
<sup>58</sup> Co	5,216 E -9
<sup>60</sup> Co	2,362 E -8
<sup>133</sup> I	3,405 E -9
<sup>134</sup> I	1,486 E -7
<sup>85m</sup> Kr	9,527 E -8
<sup>87</sup> Kr	8,919 E -8
<sup>88</sup> Kr	2,473 E -7
<sup>99</sup> Mo	2,027 E -9
<sup>24</sup> Na	3,908 E -6
<sup>239</sup> Np	2,865 E -9
<sup>91</sup> Sr	5,405 E -8
<sup>132</sup> Te	1,405 E -9
<sup>187</sup> W	9,243 E -8
<sup>135</sup> Xe	3,446 E -7

Comparando os dados das Tabelas 5 e 6 podemos observar que devido ao aumento de potência temos o aumento dos níveis de atividade da água. Entre os isótopos, o de maior interesse é o <sup>24</sup>Na devido à sua elevada atividade, sabe-se que seu tempo de meia-vida é de 15 horas, entretanto possui elevada energia. De trabalho anterior [5], observa-se que com relação ao <sup>24</sup>Na, apenas 2% de sua concentração na água é decorrente da ativação do <sup>23</sup>Na, e 98% é decorrente da reação de recuo nos materiais estruturais do núcleo. Devido às correntes hidráulicas, o <sup>24</sup>Na chega à superfície da piscina influenciando diretamente na elevação dos níveis de radiação no saguão, trazendo sérios problemas, tais como a redução no tempo de permanência de operadores no saguão.

## FASE 02

Está prevista para esta fase a realização do experimento, análise das amostras, e identificar a origem dos elementos presentes na água, estabelecer segundo os materiais estruturais da piscina uma especificação da água.

## REFERÊNCIAS

- [1] - **Relatório de Análise de Segurança do Reator IEA-R1m**; Diretoria de Reatores, Vol I; São Paulo 1996.
- [2] Lima, F.W.; Abrão, A., **Purificação de Águas para uso em Instalações Nucleares - Tratamento da Água para o Reator de Piscina do Instituto de Energia Atômica**, Revista Engenharia, ano XVII - Vol XVII; nº 191; 1958/1959.
- [3] Lima, F. W, Abrão, A, Tognoli, L., Pagano, C., **Fission Products in the Cooling Water of the Brazilian**

**Swimming Pool Reactor**, 2nd UN Genova Conference, Pergamon Press, London.

[4] Cegalla, M. A, **Circuito Experimental para Estudar Sistemas de Remoção de Impurezas da Água do Reator IEA-R1**, IPEN-CNEN/SP, 1996.

[5] Pasqualetto, H.; **Níveis de Radiação na Superfície Livre da Piscina do Reator IEA-R1**, Dissertação apresentada à Escola Politécnica da USP para obtenção do título M.Sc, SP, 1976.

[6] Ramanathan, L.V.; **Corrosão e Seu Controle**, Hemus Editora Limitada, SP - Br, 1994.

[7] Butler, G.; Ison, H.C.K.; **Corrosion and its Prevention in Waters**, Leonard Hill, London, 1966.

[8] **Metals Handbook**, Ninth Edition, Vol. 13, Corrosion, 1987.

[9] Padilha, A F.; Guedes, L.C.; **Aços Inoxidáveis Austeníticos Microestrutura e Propriedades.**, HEMUS, Brasil, 1994.

[10] Berry, W. E. ; **Corrosion in Nuclear Applications**, John Wiley & Sons Inc., 1971.

[11] Cegalla, M. A, Baptista, B. D., Félix O C., **Estudo de Sistemas para Remoção de Impurezas da Água do Reator IEA-R1**, IPEN-CNEN/SP, 1996.

## ABSTRACT

The main objective of this present work is to identify the corrosion, erosion and abrasion mechanisms on the IEA-R1m pool reactor components. It is proposed to correlate these mechanisms with the water quality specification in order to reassess the existing water treatment processes to extend the components life as well as to reduce the radioactive dose to the operators and researchers.

A study of the reactor pool components materials, the water treatment processes and the operational conditions are necessary since the assessment of the degradation mechanisms can be realistic only when the interaction of the materials involved are subjected to the actual working conditions.