



PLANO DE TRABALHO

PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOCTORADO – EDITAL 6

Nome do(a) Bolsista: **Stela Maria de Carvalho Fernandes**

Código do Projeto vinculado: **2020.06.IPEN.21**

DESCRIÇÃO DO PROJETO

Título do Projeto

Recobrimentos de conversão para proteger combustíveis revestidos com alumínio queimados do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) durante estocagem úmido

Prazo Execução (meses): 36 Meses

Objetivo Geral

O objetivo deste projeto de pesquisa é desenvolver revestimentos de conversão com hidrotalcita, vanádio e cério para proteger combustíveis revestidos com alumínio queimado do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) durante a estocagem úmido. Avaliar a eficiência dos recobrimentos por meio de ensaios de corrosão no laboratório e ensaios de campo nos quais placas e elementos “dummy” com as dimensões do RMB recobertos com HTC, cério e vanádio serão expostos para tempos prolongados no setor de armazenamento de elementos combustíveis no reator IEA-R1.

Objetivos Específicos

Os objetivos a serem alcançados neste projeto de pesquisa são:

- a) obtenção e caracterização de recobrimentos de HTC, cério e vanádio a temperatura ambiente usando banhos químicos;
- b) desenvolvimento de pré-tratamentos (para as ligas de alumínio) e pós-tratamentos (dos recobrimentos) a temperatura ambiente;
- c) avaliação do comportamento de corrosão das ligas de Al recobertas com HTC, cério e vanádio por meio de ensaios de laboratório eletroquímicos;
- d) avaliação do comportamento de corrosão do elementos combustíveis “dummy” contendo placas de Al recobertos com HTC, cério e vanádio, sem e com pós tratamentos, por meio de exposição para tempos prolongados na secção de armazenamento no reator IEA-R1 do IPEN;
- e) elaboração e teste de um processo que permitirá recobrir elementos combustíveis sem desmontagem e de forma remota.
- f) determinar a estabilidade da camada de HTC preparada usando banhos a temperatura ambiente, 50°C e 90°C em termos da composição e morfologia

Palavras-chave

1 - recobrimentos de conversão

2 - combustíveis queimados

3 - RMB

4 -ligas de alumínio



PLANO DE TRABALHO

PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOUTORADO – EDITAL 6

5 -

Metas Físicas

1 - Desenvolvimento de banhos para pré-tratamento corpos de prova de alumínio e pós-tratamento dos recobrimentos a temperatura ambiente. Determinação da composição, morfologia e microestrutura dos recobrimentos.

2 - Preparação de placas de Al recobertas com HTC, cério e vanádio, sem e com pós-tratamentos seguido de montagem para formar elementos combustíveis "dummy". Realização de ensaios de campo nos quais os elementos combustíveis "dummy" serão expostas para diversos tempos (6 meses, 1 e 2 anos) na seção de armazenamento do reator IEA-R1 no IPEN, seguida da avaliação das placas individualmente.

3 - Montagem e teste de um sistema para realizar pré-tratamento, recobrimentos e pós-tratamentos de um elemento combustível "dummy". Automação do sistema de tratamento dos dummies

4 -Elaboração do procedimento para recobrir elementos combustíveis queimados

5 -



PLANO DE TRABALHO

PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOCTORADO – EDITAL 6

Justificativa Resumida:

Na maioria dos países os combustíveis nucleares queimados de reatores de pesquisa são armazenados por décadas em piscinas contendo água leve. Apesar de programas de gestão da qualidade das águas destas piscinas de armazenamento, corrosão por pite dos revestimentos de alumínio dos combustíveis tem sido observada. Esta é a principal forma de degradação dos combustíveis queimados e tem sido atribuído ao efeito sinérgicos de vários parâmetros da água. Assim, proteção do revestimento de Al dos combustíveis queimados é considerado importante para prevenir corrosão por pite. Normalmente, elementos combustíveis de reatores de pesquisa consistem de 18 placas combustíveis montadas em placas suportes laterais de alumínio e fixados ao um bocal para facilitar encaixe do combustível na placa matriz do reator. Este formato complexo do elemento combustível e a alta radioatividade de combustíveis queimados não permitirá tratamentos eletroquímicos para recobri-lo. Conseqüentemente a única opção é tratamento químico para recobrir o combustível. Recobrimentos de conversão tem sido usado em diversas industrias para controlar a corrosão de vários metais. Recobrimentos de conversão a base de cromo são considerados os mais eficientes. Porém, devido à alta toxicidade de cromatos o uso deste tipo de recobrimento vem sendo eliminado. Estudos preliminares realizados no CECTM/IPEN indicaram que recobrimentos de conversão de boemita ou hidrotalcita (HTC) tem potencial para aumentar a resistência a corrosão do alumínio. Este projeto tem por objetivo: (a) preparação e caracterização de recobrimentos de HTC a partir de banhos químicos a temperatura ambiente; (b) avaliação da eficiência dos recobrimentos por meio de ensaios de corrosão no laboratório e ensaios de campo nos quais placas e elementos "dummy" com as dimensões do RMB recobertos com HTC serão expostos para tempos prolongados no setor de armazenamento de elementos combustíveis no reator IEA-R1; (c) elaboração e teste de um sistema que permitirá recobrir elementos combustíveis sem desmontagem e remota.

Lembrando que as placas combustíveis do IEA-R1 tem 625mm de comprimento total, largura total de 72,00 mm e espessura de 1,52 mm, enquanto as placas do combustível do RMB têm comprimento total 655mm, largura total de 75,00 mm e uma espessura de 1,35 mm.

Vale ainda ressaltar que o Brasil não tem planos para reprocessar combustíveis nucleares queimados. No momento todos os combustíveis de reatores de pesquisa no Brasil estão armazenados nos próprios reatores. O reator IEA-R1 gera 8-10 combustíveis queimados por ano e o reator planejado RBM vai gerar 60-70 combustíveis queimados por ano. A estratégia nacional para combustíveis queimados é estocagem a seca em cascos (casks) depois 10-15 anos de armazenamento em piscinas. O casco duplo para estocagem ainda esta sendo desenvolvido. Neste contexto é importante armazenar os elementos combustíveis queimados de uma maneira segura, evitando corrosão por pite que eventualmente poderia romper o revestimento de Al e contaminar toda piscina de estocagem, além de colocar em risco as pessoas que trabalham no local. O recobrimento, de elementos combustíveis queimados, com HTC permitirá armazenamento dos combustíveis com maior segurança em piscinas para períodos longos.



PLANO DE TRABALHO

PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOCTORADO – EDITAL 6

CRONOGRAMA FÍSICO

META FÍSICA 1 - Desenvolvimento de banhos para pré-tratamento corpos de prova de alumínio e pós-tratamento dos recobrimentos a temperatura ambiente. Determinação da composição, morfologia e microestrutura dos recobrimentos

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
Reagentes químicos	Entrega no IPEN	1	24
Vidrarias	Entrega no IPEN	1	12
Materiais para metalografia	Entrega no IPEN	1	24
Preparação dos corpos de prova	Laboratórios do CECTM/CECON	1	24
Caracterização microestrutura	Laboratórios do CECTM/CECON	1	24

META FÍSICA: 2 - Preparação de placas de Al recobertas com HTC, cério e vanádio, sem e com pós-tratamentos seguido de montagem para formar elementos combustíveis "dummy". Realização de ensaios de campo nos quais os elementos combustíveis "dummy" serão expostas para diversos tempos (6 meses, 1 e 2 anos) na seção de armazenamento do reator IEA-R1 no IPEN, seguida da avaliação das placas individualmente

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
resistencias elétricas	Entrega no IPEN	1	24
Usinagem dos componentes do elemento dummy	Laboratórios do CECTM/CECON	6	18
Caracterização microestrutural	Laboratórios do CECTM/CECON	4	24
Ensaio de campo dos elementos dummy	reator IEA-R1 (CERPQ)	6	24
Congressos	Inscrição, diárias e passagem	14	36



PLANO DE TRABALHO

PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOCTORADO – EDITAL 6

META FÍSICA: 3 - Montagem e teste de um sistema para realizar pré-tratamento, recobrimentos e pós-tratamentos de um elemento combustível "dummy". Automação do sistema de tratamento dos dummies

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
Automação do sistema de tratamento dos dummies Congressos	Contratação de empresa de automação Inscrição, diárias e passagem	6	30
		14	36

META FÍSICA: 4 -

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim
Elaboração do procedimento para recobrir elementos combustíveis queimados Congressos	Desenvolvido no CECTM/CECON/CERPQ/CEENG Inscrição, diárias e passagem	24	36
		14	36

META FÍSICA: 5 -

ATIVIDADES:	INDICADOR FÍSICO DE EXECUÇÃO	Duração Prevista	
		Início	Fim



PLANO DE TRABALHO

PROJETO PARA BOLSA PÓS-DOUTORADO – EDITAL 6

Resultados Esperados

1 - Otimizar o melhor revestimento de conversão para elementos queimados

2 - Elaboração de um procedimento para recobrir elementos queimados

3 - Automação do sistema de tratamento dos dummies

4 -

5 -

6 -

7 -

8 -

9 -

10 -

Grau de Inovação (se houver):

Bibliografia:

1. Corrosion of Research Reactor Aluminium Clad Spent Fuel in Water”, IAEA - TRS 418, 2003.
2. RAMANATHAN, L.V.; HADDAD, R.; ADEL FANG, P.; RITCHIE, I.G. Corrosion of Spent Aluminium-clad Research Reactor Fuel – Synergism in the Role of Storage Basin Water Parameters, Proceedings of 12th International topical meeting on Research Reactor Fuel Management (RRFM), Hamburg, Germany, 2008.
3. HARVEY, T.G. Cerium based conversion coatings on aluminium alloys: a process review, Corrosion Engineering, Science and Technology, v.4, n.48, p.248-269, 2013.
4. BUCHHEIT, R.G.; BODE, M.D.; STONER, G.E. Corrosion-resistant, chromate-free talc coatings for aluminum, Corrosion, v.50, n.3, p.205-214, 1994.
5. DREWIEN, C.A.; EATOUGH, M.O.; TALLANT, T.R.; HILLS, C.R.; BUCHHEIT, R.G. Lithium-aluminum-carbonate-hydroxide hydrate coatings on aluminium alloys: Composition, structure, and processing bath chemistry, J.Mater. Res., v.11, p.1507-1513, 1996.
6. ZHANG, W.; BUCHHEIT, R.G. Hydrotalcite coating formation on Al-Cu-Mg alloys from oxidizing bath chemistries, Corrosion, v.58, n.7, p.591-600, 2002.
7. HINTON, B.R.W.; ARNOTT, D.R.; RYAN, N.E. Cerium conversion coatings for the corrosion protection of aluminium, Mater. Forum v.9, p.162-173, 1986.
8. ARNOTT, D.R.; RYAN, N.E.; HINTON, B.R.W.; SEXTON, B.A.; HUGHES, A.E. Auger and XPS studies of cerium corrosion inhibition on 7075 aluminum alloy, Appl. Surf. Sci., v.22/23, p.236-251, 1985.
9. DABALA, M.; ARMELAO, L.; BUCHBERGER, A.; CALLIARI, I. Cerium-based conversion layers on aluminum alloys, Appl. Surf. Sci., v.172, p.312-322, 2001.
10. HUGHES, A.E.; HARDIN, S.G.; WITTEL, K.W.; MILLER, P.R. Surface Conversion of Aluminum and Aluminum alloys for Corrosion Protection, in the Proceedings of the NACE meeting: Corrosion/2000, Research topical Symposium:, Orlando, USA, 2000.
11. Arnett, D.R., Hinton, B.R.W., Ryan, N.E., Mat. Performance, 26 (8), 42, 1987.
12. D.R. Arnett, D.R., Hinton, B.R.W., Ryan, N.E., Corrosion, 45 (1), 12, 1989.
13. Scholes, F.H., Soste, C., Hughes, A.E., Hardin, S.G., Curtis, P.R., Appl. Surf. Sci., 253, (4), 1770, 2006.