

# DURABILIDADE DE PASTA DE CIMENTO EM AMBIENTE DE REPOSITÓRIO

Eduardo Gurzoni Alvares Ferreira e Roberto Vicente  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

## INTRODUÇÃO

A Gerência de Rejeitos Radioativos (GRR) do Ipen-Cnen/SP desenvolve um conceito de repositório para fontes radioativas seladas descartadas (FRSD), tipo poço tubular, cujo espaço anular entre o tubo de revestimento e a formação geológica é preenchido com pasta de cimento.

Para que o repositório tenha o desempenho desejado, é preciso que a pasta de cimento tenha alta durabilidade. A avaliação da durabilidade do cimento é feita por meio de ensaios acelerados [1] em que corpos de prova (cp's) são submetidos às condições ambientais do repositório, tais como ação de temperatura e pressão elevadas, ação corrosiva de compostos químicos presentes na água subterrânea e irradiação decorrente do campo de radiação gama e de nêutrons criado pelos rejeitos. O desempenho é avaliado por meio de ensaios de compressão axial em corpos de prova cilíndricos.

## OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi realizar testes acelerados de degradação da pasta de cimento, por meio da imersão de cp's em soluções com concentrações e temperaturas variadas, de forma a simular as condições ambientais de um repositório profundo para rejeitos radioativos. A avaliação dos efeitos de degradação nesses cp's é feita por meio de ensaios de resistência mecânica, análise da variação dimensional e titulação química das soluções de imersão, para determinação das massas de componentes lixiviados e análises micro-estruturais, mineralógicas e morfológicas dos corpos de prova.

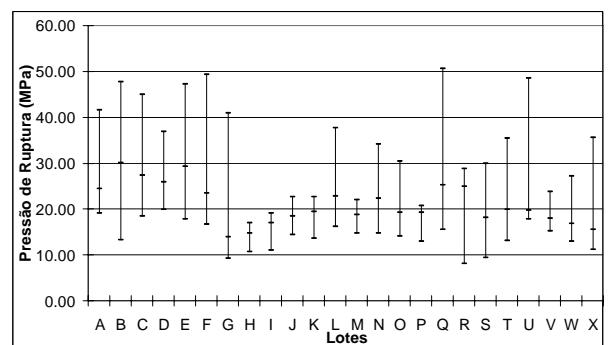
## METODOLOGIA

Os ensaios acelerados de degradação seguiram protocolos estabelecidos em ensaios preliminares [2]. Parte das amostras de pasta de cimento foi exposta às condições ambientais previstas em um repositório profundo, conforme detalhado a seguir, e parte foi mantida sob condições ambientais normais para fornecer os valores de referência dos ensaios: imersão em água destilada, solução salina ou armazenagem a seco; temperatura de 20°C ou 60°C; imersão por 30 ou 60 dias; exposição à irradiação (0 ou 400 kGy).

Os cp's foram divididos em 24 lotes, nomeados de A a X, com seis cp's cada, para análise multifatorial completa dos fatores acima.

## RESULTADOS

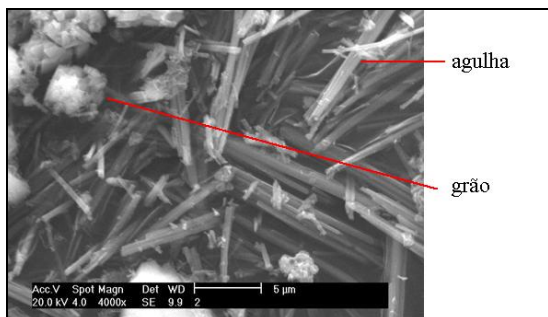
Os resultados de pressão de ruptura dos corpos de prova nos testes acelerados estão mostrados na Figura 1.



**Figura 1** - Pressão de ruptura máxima, mínima e mediana de cada lote de cp's

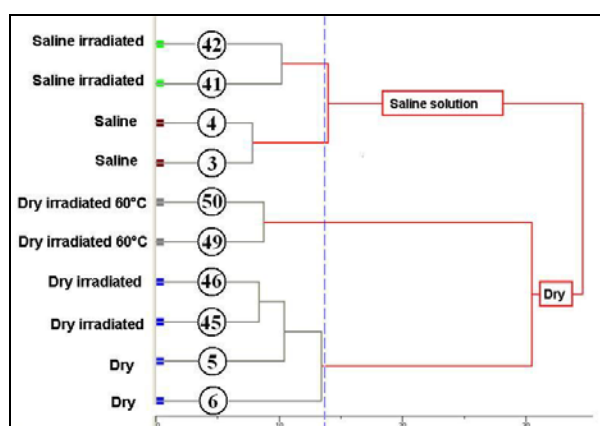
Microscopia Eletrônica de Varredura (CCTM-Ipen) foi realizada para visualizar alterações

estruturais na pasta. Na Figura 2 observam-se agulhas de etringita formadas na superfície da pasta por reação com sulfatos das soluções de imersão, composto com potencial de degradação do cimento.



**Figura 2** - Imagem da MEV.

A análise por difração de raios X (LCM-Poli) foi capaz de classificar as amostras em relação à sua composição mineralógica, evidenciando as alterações induzidas pelos tratamentos. Cinquenta amostras foram submetidas a essa análise, dez das quais tem seus resultados apresentados na Figura 3 na forma de dendrograma.



**Figura 3** - Dendrograma das amostras analisadas por difração de raio-X.

Análise termogravimétrica (TGA) dos cp's (CTMSP) foi realizada para comparar a composição mineralógica de seis amostras submetidas a diferentes tratamentos. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - TGA de amostras de cimento.

Amostra	Perda de massa (%)				Resíduo a 1000°C (%)
	25-60°C	60-290°C	290-485°C	485-1000°C	
1	4,5	10,8	5,0	4,9	74,5
2	4,4	11,0	4,8	5,1	74,6
3	3,2	8,6	5,1	4,1	79,0
4	3,1	9,0	5,5	7,5	74,9
5	4,4	11,9	4,9	6,2	72,7
6	3,7	11,5	5,0	6,4	73,3

Além dessas, a análise da variação dimensional dos cp's e de íons das soluções de imersão foram realizadas e estão descritas em outros relatórios.

## CONCLUSÕES

Concluiu-se no presente trabalho que as técnicas de TGA, MEV e Difração por raios-X foram capazes de distinguir as diferenças entre os cp's submetidos a diferentes tratamentos. Nas demais técnicas, mais estudos e esforços estão sendo feitos para tentar elucidar o comportamento da pasta de cimento.

Diante disso, o GRR propôs a confecção de cp's cúbicos para a realização dos ensaios acelerados. Testes preliminares mostraram uma maior reprodutibilidade nos ensaios de ruptura destes cp's e novos ensaios acelerados de degradação estão sendo realizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Philipose, K.E., 500 year concrete for a radioactive waste repository, '88 Waste Management Conference. Tucson Arizona, Feb. 28 – Mar. 3, 1988 (AECL-9721)
- [2] Ferreira, E.G.A., Vicente, R., Avaliação da durabilidade de pasta de cimento. XIV Seminário Anual – CNPq – PIBIC – 2008

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agência Internacional de Energia Atômica. Contrato RC-14206-R0 e CNPq/PIBIC.