

# Bateria Chumbo-Carbono-Ácido Utilizando Conjunto Eletrodo-Eletrólito Inspirado Na Arquitetura PEM-FC

Felippe Gouvêa da Conceição e Rodrigo Fernando Brambilla de Souza  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

## INTRODUÇÃO

As baterias de chumbo-ácido (LAB), embora econômicas e recicláveis, têm limitações em aplicações que exigem altas taxas de carga, como em veículos híbridos. A sulfatação das placas reduz desempenho e durabilidade, e a espessura dos eletrodos, junto à baixa condutividade elétrica, diminui a eficiência. Além disso, a insolubilidade do  $\text{PbSO}_4$  e a falta de ânions sulfato no eletrólito prejudicam ainda mais a performance.

## OBJETIVO

Baterias modernas exigem alta potência, longa vida útil, leveza e segurança. Estudos sobre compósitos de chumbo-carbono mostram maior condutividade e menor resistência à transferência de íons. Este trabalho desenvolveu uma bateria de chumbo-ácido com arquitetura de célula a combustível, tornando-a mais leve, compacta e durável que as versões comerciais.

## METODOLOGIA

Um material Pb/C com 40% de chumbo foi sintetizado pelo método de Aquecimento e Redução pelo Efeito Joule (FJHM), usando  $\text{PbO}$ ,  $\text{HNO}_3$  e carbono Vulcan XC 72. O material foi caracterizado por difração de raios X,

microscopia eletrônica de transmissão e voltametria cíclica. Experimentos com baterias foram realizados com eletrodos Pb/C de  $5 \text{ mg/cm}^2$  em tecido de carbono, montados em uma membrana Nafion® 115 e testados em ciclos de carga e descarga a diferentes taxas.

## RESULTADOS

As nanopartículas de chumbo sintetizadas apresentaram uma forma delgada, com cantos agudos (Fig 1a), resultado de uma redução rápida do processo de síntese. As medições de TEM indicaram um comprimento médio de partículas de 46 nm. A difração de raios X (Fig 1d) confirmou a presença de Pb, PbO e  $\text{PbO}_2$ , sugerindo redução incompleta. No voltamograma cíclico de Pb/C, picos de  $\text{PbSO}_4/\text{PbO}_2$  foram observados em 1,1 e 0,9 V, correlacionando-se com a evolução de oxigênio.

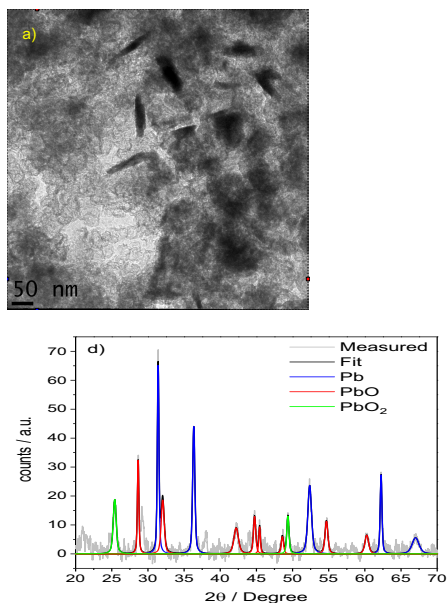


Figura 1: a) Microscopia Eletrônica de Transmissão, b) Padrão de XRD de FJHM-Pb/C.

Os testes de desempenho mostraram que a bateria teve um potencial de circuito aberto de 2,0 V e uma densidade máxima de 1,7 mW mg<sup>-1</sup> (fig 2a). A capacidade específica de descarga variou entre 13,5 e 18,0 mAh g<sup>-1</sup>, com uma variação inferior a 35% na maior taxa de descarga. Após 100 ciclos de carga e descarga a 10 mA g<sup>-1</sup>, a capacidade permaneceu estável em cerca de 13,8 mAh g<sup>-1</sup>, sem evolução de hidrogênio e com mínima variação no potencial de circuito aberto.

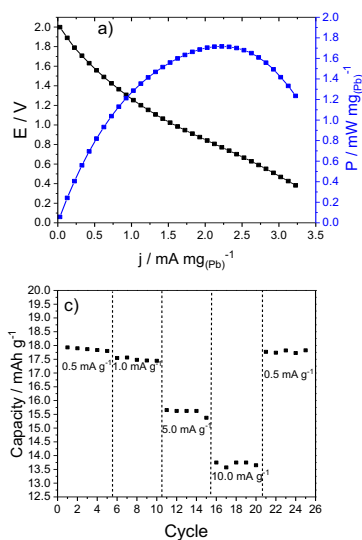


Figura 2: a) Curva de polarização e potência; b) descarga a 10 mA g<sup>-1</sup>, c) Capacidade de descarga específica, usando diferentes taxas de carga/descarga para Pb/C com uma relação de massa de 40%.

O uso de nanopartículas de chumbo melhorou a reatividade e a afinidade entre chumbo e carbono, evitando a formação de aglomerados de PbSO<sub>4</sub> e aumentando a condutividade do eletrodo. Esses resultados indicam que a bateria tem características promissoras para baterias de chumbo-ácido.

## CONCLUSÃO

A bateria de chumbo-carbono, com arquitetura MEA de célula a combustível, mostrou-se mais compacta, leve e estável que as baterias comerciais. Com Pb/C nas fases Pb<sup>0</sup> e PbO, apresentou capacidade de 11,2 mAh g<sup>-1</sup> e variação de potencial de descarga abaixo de 2% após 100 ciclos. A adição de carbono aumentou a estabilidade das nanopartículas, viabilizando baterias flexíveis para novas aplicações tecnológicas.

## REFERÊNCIA

de Souza, R.F.B; Silvestrin, G.A; da Conceição, F.G; Maia, V.A; Otubo,L; Neto, A.O; Soares, E.P. [J. Energy Storage, 86 \(2024\) 111418.](#)

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CAPES, CNPq ( 350514/2023-2 , 302709/2020-7) e FAPEAM (012/2021 – POSGRAFE) para apoio financeiro.