

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE ÓXIDO DE BISMUTO PARA CAPTURA DE ÍONS IODETO EM EFLUENTES CONTAMINADOS

PEDRO HENRIQUE SANGALETTI¹; FÁBIO CALCAGNO RIEMKE²; CÁTIA LIANE UCKER³; CRISTIANE RAUBACH RATMANN⁴, SÉRGIO DA SILVA CAVA⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – pedrohsangaletti@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – fabio.riemke@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – catiaucker@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – cricawr@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – sergiocava@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A energia nuclear, embora temida por grande parte da população, especialmente após os acidentes de Chernobyl (1986) e Fukushima (2011), é uma grande aliada na busca por soluções energéticas que substituam o uso de combustíveis fósseis e produzam energia limpa. Desde 1970, as usinas nucleares evitaram que cerca de 64 gigatoneladas de dióxido de carbono fossem lançados na atmosfera (KHARECHA, HANSEN, et al., 2013), além de ser uma tecnologia independente de variáveis climáticas, oferecendo uma segurança em fornecimento ininterrupto de energia que as tecnologias emergentes, como painéis solares e turbinas eólicas, ainda não conseguem entregar. Devido a isso, a tecnologia de reprocessamento do combustível nuclear vem sendo desenvolvida aceleradamente para tornar esta matriz um recurso parcialmente renovável. Hoje sabemos que 97% do combustível nuclear consumido pode ser reutilizado (SILVERIO, LAMAS, 2011), retornando para o processo de enriquecimento, no caso do urânio, ou seguindo para a linha de produção de novos tipos de combustíveis, como o plutônio.

Entretanto, 3% deste material são subprodutos de fissão gerados durante a operação do reator, representando o maior desafio das operações de reprocessamento em função do comportamento químico diverso dos elementos presentes, especialmente aqueles com alta volatilidade e solubilidade em água, como o iodo-129. De acordo com o relatório técnico n. 201 “On radioiodine removal in nuclear facilities” da Agência Internacional de Energia Atômica (1980), há diversos dutos pelos quais espécies químicas de iodo circulam ou podem circular durante a operação padrão em uma planta de reprocessamento. Portanto, faz-se necessário o amplo desenvolvimento de métodos químicos e físicos para captura e contenção desse elemento em efluentes líquidos e off-gas.

Atualmente, o estado da arte na captura de iodo são materiais porosos e de alta área superficial impregnados com prata (YANG, SHIN, et al., 2015), tendo sido utilizados em dois dos três sistemas de tratamento das águas residuais de Fukushima Daiichi (LEHTO, LEINONEN, et al., 2019), especificamente, ALPS e Kurion/Areva. Todavia, a prata é um metal caro, podendo tornar-se um entrave econômico com a expansão das plantas de reprocessamento. Novos materiais estão sendo investigados para substituí-la nesta função, dentre eles, compostos baseados em bismuto.

O objetivo deste trabalho é obter óxido de bismuto à partir da síntese de combustão em estado sólido, caracterizar as morfologias obtidas a partir da alteração dos parâmetros de síntese, realizar ensaios de adsorção de íons iodeto dispersos em solução aquosa, e correlacionar a performance adsortiva às características microestruturais.

2. METODOLOGIA

A síntese por combustão é um método de produção de pós cerâmicos avançados muito utilizado por sua simplicidade, rapidez, baixo custo, e principalmente, por sua capacidade de atingir altas temperaturas em um curto período de tempo. Ele consiste em uma reação altamente energética, exotérmica e autossustentável de oxirredução iniciada pelo aquecimento de uma mistura em estado pastoso (solid state reaction) ou gelatinoso (sol-gel) contendo o precursor dos íons metálicos de interesse e um combustível, que ao entrar em violenta e rápida ignição cristaliza os reagentes em um produto óxido final.

No presente trabalho, os precursores utilizados foram nitrato de bismuto pentaidratado e ureia, ambos de grau analítico. Os reagentes foram misturados manualmente em um almofariz com pilão por cerca de 15 minutos, em razão molar de 1:2, até que os grânulos de uréia e os cristais do nitrato fossem reduzidos a uma massa pastosa, consequência da alta higroscopicidade da ureia. A pasta fora então transferida para cadinhos de alumina e subdividiu-se em duas amostras: a primeira, nomeada CS500, onde a temperatura de ignição foi definida em 500°C, e a segunda, nomeada CS800, onde a temperatura de ignição foi definida em 800°C. Este foi o primeiro parâmetro variado para analisar os diferentes tipos de morfologias que poderiam ser obtidos a partir de patamares diferentes de temperatura para o início da reação.

As amostras foram colocadas em um forno do tipo mufla pré-aquecido na temperatura desejada, e ao término da ignição foram retiradas do forno e resfriadas à temperatura ambiente. Passado o tempo do resfriamento, as amostras foram novamente moídas em almofariz com pilão para homogeneizar o pó obtido, submetidas a lavagens e centrifugações sucessivas com álcool etílico e água destilada para remoção de potenciais impurezas solúveis e neutralização do pH. Posteriormente, o pó foi colocado em uma estufa hermética configurada a 100°C para a evaporação da umidade retida durante 24h e separado para análise.

A caracterização do óxido obtido foi realizada através de difratometria de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), para avaliação da natureza cristalográfica do produto obtido e sua microestrutura superficial, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização mais imediata do produto formado se dá por análise visual, pois o óxido de bismuto possui uma cor amarelo-ovo muito característica, que fora atingida. O difratograma de raios X apresenta picos característicos de óxido de bismuto para ambas as amostras, todavia deslocados horizontalmente, mais acentuadamente na síntese CS500, o que sugere a presença de um contaminante retido na estrutura pela combustão incompleta dos reagentes. A microscopia eletrônica de varredura mostra que as partículas obtidas à 500°C são menores (em torno de 100 micrômetros) e visualmente apresentam maior porosidade e reentrâncias, enquanto as obtidas à 800°C são maiores (em torno de 200 micrômetros) e mais coesas.

Idealmente, um candidato a material adsorativo tem como pré-requisito ser altamente poroso e ter a maior área superficial possível, para que haja o maior número de sítios ativos disponíveis para a adsorção química. Ainda não é

possível afirmar qual dos produtos obtidos possui a maior capacidade de adsorção de íons iodeto, mas com as informações disponíveis no momento, a síntese CS500, por apresentar maior área superficial aparente, seria a rota com maior potencial de captura efetiva.

4. CONCLUSÕES

O trabalho está em sua fase inicial e portanto seus resultados são inconclusivos, mas se bem sucedidos, os novos materiais adsorvedores a base de bismuto representam uma solução economicamente mais viável no suporte à expansão das plantas de reprocessamento de combustível nuclear e suas estruturas de controle químico, bem como uma alternativa eficaz na remediação de águas contaminadas por vazamentos da indústria nuclear ou outra área onde espécies químicas de iodo representem um perigo ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARTER, C.B., NORTON, M.G. **Ceramic Materials**. Minneapolis: Springer, 2007.

IAEA. **On radioiodine removal from nuclear facilities: Methods and techniques for normal and emergency situations**. Technical Reports Series n. 204. Vienna, dez. 1980. Acessado em 26 set. 2020. Online. Disponível em: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/12/598/12598880.pdf?r=1&r=1>.

LEHTO, J., LEINONEN, H., et al. Removal of Radionuclides from Fukushima Daiichi Waste Effluents. **Separation and Purification Reviews**, v.48, n.2, p.122-142, 2019.

LIU, G., LI, J., CHEN, K. Combustion Synthesis. In: LACKNER, M. **Handbook of Combustion**. Weinhein: Wiley-VCH, 2010. Cap.22, p.1-62.

MA, M.G.; ZHU, J.F.; et al. Microwave-assisted synthesis of hierarchical Bi₂O₃ spheres assembled from nanosheets with pore structure. **Materials Letters**, Beijing, v.64, n.13, p.1524-1527, 2010.

RILEY, B.J.; VIENNA, J.D., et al. Materials and processes for the effective capture and immobilization of radioiodine: A review. **Journal of Nuclear Materials**, Richland, v.470, p.307-326, 2016.

YANG, J.; SHIN, J.; et al. Novel synthesis of bismuth-based adsorbents for the removal of ¹²⁹I in off-gas. **Journal of Nuclear Materials**, Seoul, v.457, p.1-8, 2015.

ZHANG, L.; GONÇALVES, A.; et al. Capture of Iodide by Bismuth Vanadate and Bismuth Oxide: An Insight into the Process and its Aftermath. **ChemSusChem**, Kent, v.11, n.9, p.1486-1493, 2018.