



AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS PROPRIEDADES CONDUTORAS DE COMPÓSITOS OBTIDOS A PARTIR DO REUSO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO COM GRAFITE E PÓ DE FERRO

Guilherme T. da C. Cardoso¹; Jonathan M. T. da Silva¹; Thiago M. Aversa¹; Marcelo A. V. M. Junior¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, campus Duque de Caxias, Av. República do Paraguai, 120, Vila Sarapuí, Duque de Caxias, RJ, CEP 25050-100.

Palavras-Chave: Poliestireno expandido, Condutividade, Resistência elétrica

Introdução

É sabido que os polímeros comerciais, em sua maioria, não são condutores de calor e eletricidade e em virtude dessas características, tais materiais são amplamente utilizados como isolantes térmicos e elétricos, como por exemplo, na confecção de caixas térmicas e no recobrimento de fios de cobre (MANO, 1991; PADILHA, 2000; RABELLO, 200;).

Durante o processamento dos materiais poliméricos, estes podem receber diversos aditivos que irão lhe conferir diferentes propriedades. Dentre esses aditivos, é possível citar os agentes de expansão ou agentes espumantes, que em função da elevada temperatura de processamento, poderão agir de algumas formas distintas: (i) decomposição de uma substância química formando gases; (ii) emprego de líquidos de baixo ponto de ebulição que durante o processo irão mudar de estado físico e formar as bolhas ou (iii) injeção de gases. As bolhas geradas no material expandido podem ser classificadas como células abertas ou células fechadas. No caso do poliestireno expandido (EPS), ou espuma de poliestireno, comercialmente conhecido como Isopor, as células são fechadas, isto é, os poros não se conectam, o que resulta em um material com potencial aplicação como isolante térmico (RABELLO, 2000; AMBUKEN et al, 2015).

Além das propriedades isolantes do EPS, estes ainda exibem uma baixa densidade, ou seja, grandes volumes de material exibem uma baixa massa. Dessa forma, quando descartados de forma inadequada, este material pode ser carregado pelo vento e pela chuva e se depositar nos rios, mares e lagos, onde será encontrado flutuando na superfície das águas. Se for levado em consideração que no Brasil, o consumo de EPS corresponde a 1,5% do consumo mundial, um equivalente a 36,6 toneladas, quantidades consideráveis deste material podem ser encontrados descartados na natureza, inadequadamente (eCycle, 2024).

O EPS caracteriza-se como um termoplástico, isto é, pode ser reciclado algumas vezes, embora economicamente não apresente notável viabilidade, em razão de sua densidade, pois seriam necessárias grandes quantidades do material. Contudo, alguns estudos buscam formas de minimizar os impactos causados pelo acúmulo do EPS no ambiente, dando-lhes outras aplicações (FARD, ALKHANSARI, 2007; BICER, 2021; ROLÓN, HERNÁNDEZ, 2024). No nosso grupo do Programa de Educação Tutorial (PET), buscou-se avaliar a viabilidade de obtenção de compósitos de EPS com grafite comercial e pó de ferro, alterando suas propriedades, conferindo-lhes características condutoras.

O Programa de Educação Tutorial Química Supramolecular, Nanociência e Nanotecnologia (PETNANO) realiza diversas ações, divididas em subgrupos, as quais articulam ensino, pesquisa e extensão, desenvolvidas por alunos de Graduação em Licenciatura em Química do IFRJ campus Duque de Caxias. Dentre essas ações, está o

PETrePET, que visa a reciclagem e reutilização de materiais na tentativa de desenvolver novos materiais tecnológicos relacionados à Física e à Química.

Por se tratar de um programa que envolve estudantes do curso de Licenciatura em Química, o objetivo geral do trabalho é avaliar alguns parâmetros experimentais que possam levar à obtenção de um material que apresente propriedades elétricas. Como desdobramento dessa ação, pretende-se também promover debates, mostras, elaboração de cartazes de conscientização ambiental sobre o descarte de plásticos, especialmente do poliestireno expandido. Por se tratar de uma instituição que também oferece cursos de Ensino Médio-Técnico, espera-se que a ação tenha impacto na formação dos estudantes deste nível de ensino também.

Material e Métodos

Para obtenção do compósito, certa massa (0,5 g, 0,75 g e 1,00 g) de material condutor (grafite e pó de ferro) foi suspensa em 10 mL de acetona. Em seguida, sob agitação com auxílio de um bastão de vidro, foram adicionados 2,5 g de EPS previamente partida manualmente. Após completa homogeneização, por cerca de 3 minutos, o sistema foi vertido para um molde confeccionado com papel alumínio e pressionado com auxílio de um bécher. Em seguida, os materiais foram deixados secando à temperatura ambiente por uma semana, para posteriormente serem avaliados preliminarmente quanto às propriedades elétricas.

A determinação das propriedades elétricas foram medidas com auxílio de um multímetro Minipa ET-1639A na posição de medição de resistência, em quiloOhms (k Ω). Para realizar a medição, o polo negativo foi fixado no centro e o polo positivo variando em um ângulo de 60° em torno do disco, e em 3 pontos equidistantes 0,5 cm a partir do centro da circunferência, como ilustrado na Figura 1.

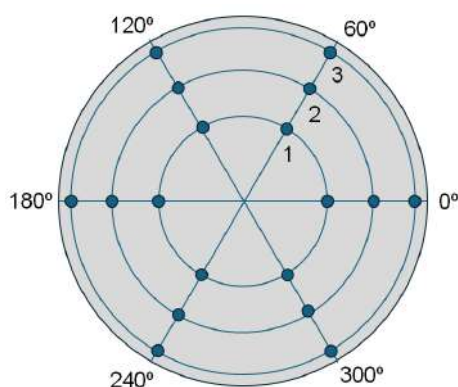


Figura 1. Pontos onde foram realizadas as medições de resistência nos discos obtidos.

Resultados e Discussão

Conforme mencionado anteriormente, o poliestireno expandido possui ar no interior de suas células. Quando em contato com um bom solvente, isto é, com um solvente compatível com polímero, este é capaz de dissolvê-lo (HANSEN, 2007) e nesse momento abrir as células de onde o ar escapa. No presente trabalho, utilizou-se acetona, que é um bom solvente do poliestireno. A acetona, ao entrar em contato com o EPS, dissolve o polímero e o ar contido no interior das células é liberado. Observou-se então uma redução significativa do volume do

material, ou seja, 2,5 g de EPS que previamente ao contato com a acetona possuía um grande volume, após entrar em contato com o solvente, apresentou-se como uma pequena quantidade de material no fundo do bécher.

Os testes preliminares realizados até o momento foram conduzidos apenas com grafite. Assim, ao se dissolver o isopor na acetona contendo o grafite suspenso, notou-se que o grafite era incorporado à massa polimérica viscosa, a qual passou a ter coloração cinza escura, enquanto a suspensão de acetona deixava de conter o pó suspenso. Após a agitação com bastão de vidro para incorporação do máximo de grafite presente, o material era vertido em formas moldadas com papel alumínio com um fundo de bécher, e então prensado com o próprio bécher a fim de se obter um disco. Como o poliestireno é um plástico rígido (ref), após a completa evaporação da acetona, o material tornou-se rígido, quebradiço e de coloração cinza metálica, decorrente da incorporação do grafite, conforme ilustrado na Figura 2.

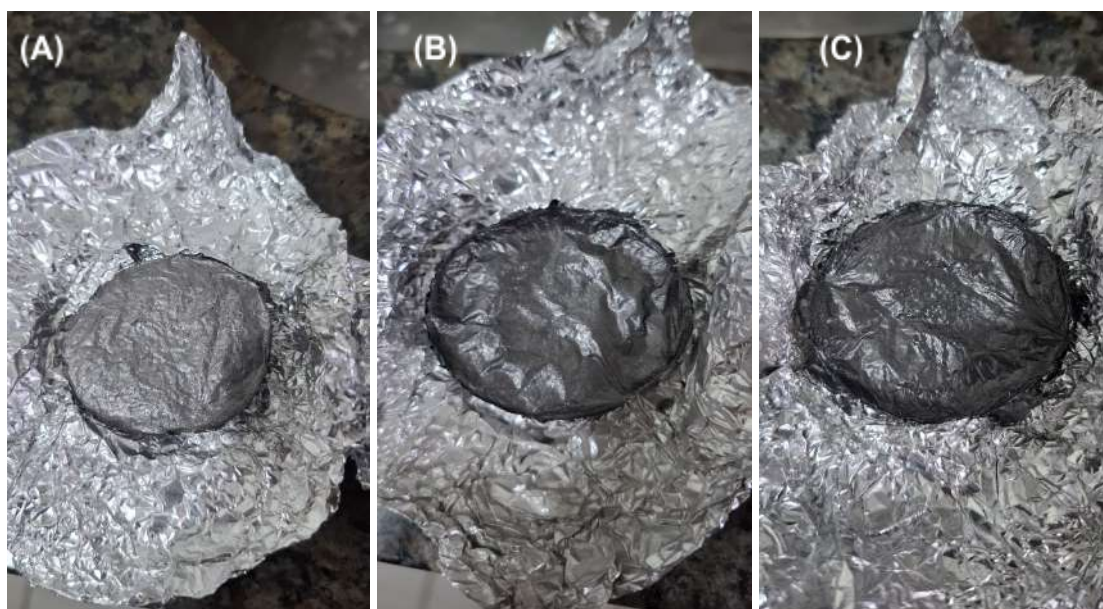


Figura 2. Imagens dos discos de poliestireno contendo (A) 0,5 g; (B) 0,75 g e (C) 1,00 g de grafite na suspensão de acetona.

Posteriormente, foram realizadas medidas de resistência elétrica em diferentes pontos, conforme mostrado na Figura 1, os quais são apresentados na Tabela 1.

| Massa de grafite | Pontos do polo positivo | Variação dos Ângulos | | | | | |
|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | 0° | 60° | 120° | 180° | 240° | 300° |
| 1 g | 1 | 0,948 k Ω | 0,960 k Ω | 1,180 k Ω | 0,942 k Ω | 0,773 k Ω | 0,594 k Ω |
| | 2 | 1,160 k Ω | 2,090 k Ω | 1,300 k Ω | 0,978 k Ω | 1,757 k Ω | 0,764 k Ω |
| | 3 | 0,860 k Ω | 0,636 k Ω | 2.053 k Ω | 0,962 k Ω | 2,128 k Ω | 1,281 k Ω |

| | | | | | | | |
|--------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0,75 g | 1 | 0.819 k Ω | 1,099 k Ω | 520,2 k Ω | 164,6 k Ω | 128,6 k Ω | 1,074 k Ω |
| | 2 | 5,244 k Ω | 320,6 k Ω | 3,680 k Ω | 0,660 k Ω | 0,845 k Ω | 2,103 k Ω |
| | 3 | 12,31 k Ω | 165,3 k Ω | 1,590 k Ω | 349,8 k Ω | 10,70 k Ω | 4,178 k Ω |
| 0,5 g* | 1 | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω |
| | 2 | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω |
| | 3 | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω | 0 Ω |

Tabela 1. Valores de resistência encontrados para cada ponto e ângulo dos materiais produzidos.

A análise dos dados da Tabela 1 mostram que para a concentração de grafite de 0,5 g/10 mL, embora o grafite tenha impregnado no material, não houve qualquer medida na resistência elétrica, o que indica que para essa concentração, não houve mudança nas propriedades do poliestireno. Este fenômeno pode estar associado à ocorrência de espaços vazios na dispersão do grafite, ou seja, as partículas de grafite não se tocam ao ponto de estabelecer corrente elétrica

Por outro lado, são observados valores de resistência para os demais teores de grafite. É possível notar uma notável variação nos valores de resistência para o disco contendo 0,75 g/10 mL, enquanto que os valores de resistência para o disco obtido com concentração de grafite de 1,00 g/10 mL apresentaram menor variação. Esse fenômeno pode ser explicado pela variação da espessura do disco, ou ainda pela distribuição mais heterogênea do grafite na matriz polimérica. Observa-se, entretanto, nas amostras de 1g (ângulos de 120°, 240° e 300°) e 0,75g (ângulos de 0° e 300°) a dependência linear da resistência elétrica com relação à distância dos pontos 1, 2 e 3 do centro, como prevê a segunda lei de Ohm ($R = \rho \cdot (L/A)$) (NUSSENZVEIG, 2015).

Foi possível verificar também que o disco obtido com a maior concentração de grafite, ao ser tocado, deixava resíduo de grafite nos dedos, sugerindo que algum grafite poderia não ter sido incorporado ao poliestireno. No entanto, acredita-se que essa quantidade residual não contribua de maneira significativa para a melhor uniformidade dos resultados.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pode-se observar que houve a incorporação de grafite na matriz de poliestireno proveniente de resíduos de EPS. No entanto, embora essa incorporação ocorra, existe uma concentração mínima para que ela atue alterando as propriedades elétricas do material. Isto se deve ao fato de que em baixas concentrações existem espaços entre as partículas da carga.

É importante ressaltar que mesmo com a incorporação do grafite, em concentrações capazes de realizar alterações nas propriedades elétricas, a falta de uniformidade no disco obtido ou mesmo uma dispersão inadequada do grafite pode provocar variações significativas nas medidas de resistência.



Contudo, apesar de preliminarmente terem-se obtidos resultados iniciais satisfatórios, algumas modificações podem contribuir para melhores resultados, como utilizar pó de ferro em substituição ao grafite, uma vez que o grafite apresenta menor condutividade que o ferro, e comparar os resultados das duas cargas e desenvolver uma forma mais eficiente de se obter um disco de maior uniformidade quanto à sua espessura.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFRJ *campus* Duque de Caxias, ao FNDE e ao MEC pelo recurso financeiro e pela bolsa aos estudantes.

Referências

Ambuken, P. V.; Stretz, H. A.; Dadmun, M.; Kilbey, S. M. Gas expanded polymer process to anneal nanoparticle dispersion in thin films. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, 140, 101-107, 2015.

Bicer, A. Investigation of waste EPS foams modified by heat treatment method as concrete aggregate. **Journal of Building Engineering**. 42, 102472, 2021

ECycle. **Isopor é útil, mas tem grande impacto ambiental**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/eps-isopor/>. Acesso em: 3 set. 2024.

Fard, P. M.; Alkhansari, M. G. Innovative fire and water insulation foam using recycled plastic bags and expanded polystyrene (EPS). **Construction and Building Materials**. 305, 124785, 2021.

HANSEN, Charles M. **Hansen Solubility Parameters: A user's handbook**. 2. ed. Florida: Taylor & Francis, 2007. 544 p.

MANO, Eloisa B. **Polímeros como materiais de engenharia**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1991. 186 p.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: eletromagnetismo**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 295 p. v.3.

PADILHA, Angelo F. **Materiais de engenharia: microestrutura e propriedades**. 1. ed. Curitiba: Hemus, 2000. 349 p.

RABELLO, Marcelo S. Espumantes. *In*: RABELLO, Marcelo S. **Aditivação de Polímeros**. 1. ed. São Paulo: Artliber Editora LTDA, 2000. cap. 11, p. 199-210.

Rolón, B. G.; Hernández, J. A. G. Investigation of properties of recycling waste polystyrene compressed and mixed with Al₂O₃. **Materials Today**. in press, 2024