



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

CARDOSO, G. T. C.<sup>1</sup>; MAGALHÃES, R. S. C.<sup>1</sup>; MACEDO JUNIOR, M. A. V.<sup>2</sup>; AVERSA, T. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PET Química Supramolecular, Nanociência e Nanotecnologia (PETNANO), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ, campus Duque de Caxias, E-mail: pet.nanotecnologia@ifrj.edu.br.

<sup>2</sup> Tutores do Grupo PETNANO, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ, campus Duque de Caxias

**RESUMO:** Polímeros estão presentes nas diversas esferas industriais auxiliando seu desenvolvimento. No entanto, apesar dos benefícios à sociedade por eles trazidos, deve-se ressaltar os altos índices de poluição atrelados ao descarte inadequado. Dentre esses materiais, está o poliestireno expandido (EPS), comercialmente conhecido como Isopor. Assim, este trabalho apresenta uma proposta de reutilização do EPS atribuindo-o características de condutor elétrico, pela sua aditivação com cargas condutoras. Para isso, o EPS foi dissolvido em acetona contendo três diferentes concentrações da carga, e moldado sob forma de disco. Posteriormente, a resistência elétrica foi medida em múltiplos pontos com auxílio de um multímetro. Os resultados para os compósitos contendo grafite indicaram que uma das amostras não apresentou medida de resistência, enquanto outras duas mostraram variações devido à espessura e distribuição do aditivo. O compósito contendo maior teor de grafite resultou em uma menor variação na resistência, mas apresentou resíduos do aditivo, o que sugere uma incorporação incompleta da carga na matriz polimérica. A partir dos resultados preliminares com o grafite, estão em andamento testes utilizando pó de ferro, o qual possui maior potencial condutor. Dessa forma, almeja-se que estes testes apresentem resultados mais eficientes e que viabilizem a utilização do compósito de EPS como condutor.

**Palavras-chave:** Poliestireno expandido; Condutividade; Resistência elétrica.

### PRELIMINARY EVALUATION OF CONDUCTIVE PROPERTIES OF COMPOSITES OBTAINED FROM THE REUSE OF EXPANDED POLYSTYRENE (EPS) WITH GRAPHITE AND IRON POWDER

**ABSTRACT:** Polymers are present in various industrial segments, aiding their development. However, despite the benefits they bring to society, it is important to highlight the high levels of pollution linked to inadequate disposal. Among these materials is the expanded polystyrene (EPS), commercially known as Styrofoam. Thus, this work presents a proposal for reusing EPS by giving it electrically conductive characteristics by adding conductive fillers. For this purpose, EPS was dissolved in acetone containing three different filler concentrations and molded into a disc. Subsequently, the electrical resistance was measured at multiple points using a multimeter. The graphite composites analysis indicated that one of the samples did not present resistance measurements, while the other two showed variations due to the thickness and distribution of the additive. The composite containing a higher graphite content resulted in a smaller variation in resistance, but presented residues of the additive, which suggests an incomplete incorporation of the filler in the polymer matrix. Based on the preliminary results with graphite, tests are underway using iron powder, which has a greater conductive potential. Thus, it is expected that these tests will present more efficient results and that they will enable the use of the EPS composite as a conductor.

**Keywords:** Expanded polystyrene; Conductivity; Electrical Resistance.





## 1. 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, 2000).

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 encontradas descartadas inadequadamente na natureza (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 deste 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

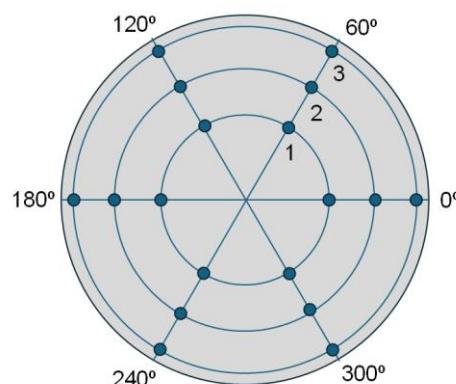
expandido. Por se tratar de uma instituição que também oferece cursos de Ensino Médio-Técnico, espera-se que a ação tenha impacto na formação dos estudantes deste nível de ensino também.

## 2. METODOLOGIA

Para obtenção dos compósitos, 0,5 g, 0,75 g e 1,00 g do material condutor (grafite ou pó de ferro) foram suspensas 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 posterior avaliação preliminar quanto às propriedades elétricas.

A determinação das propriedades elétricas foi medida com auxílio de um multímetro Minipa ET-1639A na posição de medição de resistência, em quiloOhms ( $k\Omega$ ). Para realizar a medição, o polo negativo foi fixado no centro e o polo positivo variando em um ângulo de  $60^\circ$  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.



Fonte: Autoria própria

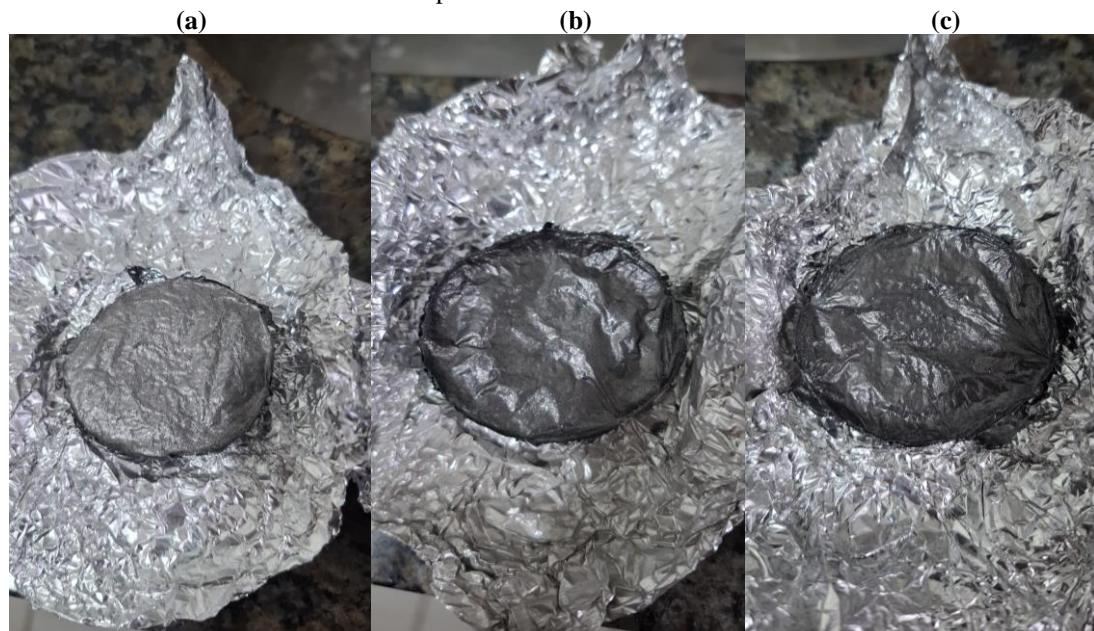
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

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 das quais o ar escapa e o volume do material reduz consideravelmente. No presente trabalho, utilizou-se a acetona, que é um bom solvente do poliestireno.

Ao se adicionar o polímero à suspensão de acetona e carga, notou-se que tanto o grafite quanto o pó de ferro foram incorporados 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 no 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 (MANO,

1991), após a completa evaporação da acetona, o material tornou-se quebradiço e de coloração cinza metálica, 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.



Fonte: Autoria própria.

Posteriormente, foram realizadas medidas de resistência elétrica em diferentes pontos, conforme mostrado na Figura 1, apenas para os compósitos de EPS com grafite, os quais são apresentados na Tabela 1.

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

Massa de grafite (g)	Pontos do polo positivo	Variação dos Ângulos					
		0°	60°	120°	180°	240°	300°
1,00	1	0,948 kΩ	0,960 kΩ	1,180 kΩ	0,942 kΩ	0,773 kΩ	0,594 kΩ
	2	1,160 kΩ	2,090 kΩ	1,300 kΩ	0,978 kΩ	1,757 kΩ	0,764 kΩ
	3	0,860 kΩ	0,636 kΩ	2.053 kΩ	0,962 kΩ	2,128 kΩ	1,281 kΩ
0,75	1	0,819 kΩ	1,099 kΩ	520,2 kΩ	164,6 kΩ	128,6 kΩ	1,074 kΩ
	2	5,244 kΩ	320,6 kΩ	3,680 kΩ	0,660 kΩ	0,845 kΩ	2,103 kΩ
	3	12,31 kΩ	165,3 kΩ	1,590 kΩ	349,8 kΩ	10,70 kΩ	4,178 kΩ
0,50	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

Fonte: Autoria própria.



A análise dos dados da Tabela 1 mostram que para a concentração 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 elétricas 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 possibilitar fluxo de elétrons e estabelecer corrente elétrica. Por outro lado, são observados valores de resistência para os demais teores de grafite.

É possível perceber uma significativa variação nos valores de resistência no disco contendo 0,75 g/10 mL, enquanto 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 irregularidade na 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 para a melhor uniformidade dos resultados. Para os discos obtidos com pó de ferro, foi possível observar uma distribuição mais uniforme do aditivo na matriz, e uma superfície mais lisa, menos fosca e não foi notado resíduo de pó de ferro nos dedos após o toque. Contudo, os testes preliminares para os teores estabelecidos (idênticos aos utilizados com grafite), não apresentaram resultados de resistência. Este fato pode ser atribuído ao mesmo fenômeno ocorrido para o compósito contendo a menor concentração de grafite (0,5 g/10 mL), ou seja, as partículas de ferro não se tocam de modo a permitir passagem de corrente elétrica.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se observar que houve a incorporação de grafite e pó de ferro 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 maiores concentrações de pó de ferro, comparar os resultados das duas cargas e desenvolver uma forma mais eficiente de se obter um disco com maior uniformidade quanto à sua espessura.



## 5. AGRADECIMENTOS

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

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

MANO, E. 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, A. F. **Materiais de engenharia**: microestrutura e propriedades. 1. ed. Curitiba: Hemus, 2000. 349 p.

RABELLO, M. 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 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. **Materials Today**. in press, 2024.