

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

OTIMIZAÇÃO DE MATERIAIS PIEZOELÉTRICOS PARA GERAÇÃO
SUSTENTÁVEL DE ENERGIA A PARTIR DO MOVIMENTO DE ONDAS
OCEÂNICAS

AUTORES:

Yago Porto Rocha^{1*} Yásmín Rodrigues³
Fabrício Ravanello Mariosi⁴, Annelise Kopp Alves²

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

OTIMIZAÇÃO DE MATERIAIS PIEZOELÉTRICOS PARA GERAÇÃO SUSTENTÁVEL DE ENERGIA A PARTIR DO MOVIMENTO DE ONDAS OCEÂNICAS

Resumo

O cenário atual mundial da busca por fontes de energia sustentáveis impulsiona a investigação de materiais inovadores capazes de converter energia mecânica em energia elétrica de forma eficiente e ambientalmente amigável. Nesse contexto, os materiais piezoelétricos têm se destacado como uma promissora alternativa para a geração de energia renovável. O estudo de materiais piezoelétricos e sua aplicação na geração de energia a partir do movimento das ondas do oceano pode ter implicações significativas no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para comunidades costeiras e ilhas, onde a disponibilidade de fontes de energia renovável pode ser crucial. Neste contexto, este trabalho se concentra na investigação da obtenção de um filme com propriedades piezoelétricas baseadas nos compostos de resina de fluoreto de polivinilideno (PVDF), titanato de bário (BaTiO_3) e titanato de estrôncio (SrTiO_3) com vistas para a futura avaliação de seu potencial para geração de energia a partir do movimento das ondas do oceano, com foco de aplicação em plataformas petrolíferas. Para a obtenção dos filmes, foi utilizada a técnica de prensagem a quente. Os corpos-de-prova obtidos foram caracterizados por difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e se realizou uma estimativa da resposta piezoelétrica, isto é, da tensão gerada pelo material ao sofrer a aplicação de uma carga. Os resultados indicam que há um efeito sinérgico entre o Ba e o Sr no composto BST, aumentando a resposta piezoelétrica em aproximadamente 5 vezes em comparação aos compostos individuais, indicando a possibilidade de aplicação deste material como coletor de energia das ondas do mar.

Palavras-chave: materiais piezoelétricos, energia renovável, conversão de energia mecânica, filme piezoelétrico; titanato de bário; titanato de estrôncio.

Abstract

The current global scenario of the search for sustainable energy sources drives the investigation of innovative materials capable of converting mechanical energy into electrical energy efficiently and environmentally friendly. In this context, piezoelectric materials have emerged as a promising alternative for generating renewable energy. The study of piezoelectric materials and their application in energy generation from the movement of ocean waves can have significant implications for developing sustainable technologies for coastal communities and islands, where the availability of renewable energy sources can be crucial. In this context, this work focuses on the investigation of obtaining a film with piezoelectric properties based on the resin compounds of polyvinylidene fluoride (PVDF), barium titanate (BaTiO_3), and strontium titanate (SrTiO_3) with a view to the future evaluation of their potential for generation of energy from the movement of ocean waves, with a focus on application in oil platforms. The hot pressing technique was used to obtain the films. The obtained specimens were characterized by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and an estimate of the piezoelectric response, i.e., the voltage generated by the material when subjected to a load, was performed. The results indicate a synergistic effect between Ba and Sr in the BST composite, increasing the piezoelectric response by approximately 5 times compared to the individual compounds, indicating the possibility of applying this material as a wave energy collector.

Keywords: piezoelectric materials, renewable energy, mechanical energy conversion, piezoelectric film; barium titanate; strontium titanate.

1. Introdução

A crescente demanda por fontes de energia sustentáveis tem impulsionado uma intensa investigação em torno de materiais inovadores capazes de converter energia mecânica em energia elétrica de maneira eficiente e ambientalmente amigável. Nesse contexto, os materiais piezoelétricos emergem como uma promissora alternativa, apresentando-se como uma solução viável para a geração de energia renovável (ÁVILA, 2023). Uma aplicação particularmente interessante desses materiais é a utilização das ondas do oceano como fonte de energia, uma vez que essa fonte é abundante e constante, oferecendo uma alternativa eficaz e de baixo impacto ambiental para a geração de eletricidade.

De acordo com Garcia e Lima (2020), o aproveitamento das ondas oceânicas pode fornecer uma solução eficiente e de baixo impacto ambiental para a geração de eletricidade, especialmente em áreas remotas onde o acesso a outras formas de energia renovável pode ser limitado (GARCIA; LIMA, 2020, p. 163). Dentro desse cenário, este trabalho foca na investigação e desenvolvimento de um filme com propriedades piezoelétricas, utilizando compostos como titanato de bário (BaTiO_3) e titanato de estrôncio (SrTiO_3), oferecendo uma abordagem promissora para a geração de energia a partir de fontes renováveis.

Estudos de variação de espessura da camada do filme e do teor da carga piezoelétrica serão discutidos neste trabalho, visando entender suas influências nas características elétricas do filme e o teor da carga piezoelétrica, visando entender suas influências nas características elétricas. Este estudo não apenas avança o conhecimento no campo dos materiais piezoelétricos, mas também oferece insights valiosos para aplicações práticas em sistemas de energia renovável, especialmente em ambientes marinhos.

2. Metodologia

2.1 Preparação do filme piezoelétrico

Para a obtenção do filme piezoelétrico, foi realizado o preparo de uma mistura a seco de titanato de bário (BaTiO_3 , Sigma-Aldrich), titanato de estrôncio (SrTiO_3 , Sigma-Aldrich), e poli(fluoreto de vinilideno) (PVDF, Sigma-Aldrich 534.000 g/mol) como ligante. Foram preparados três filmes com 90% de PVDF em volume, contendo as seguintes composições: I) 10% BaTiO_3 ; II) 10% SrTiO_3 e III) 90% BaTiO_3 + 10% SrTiO_3 (compósito BST). Se realizou a conformação dos corpos-de-prova em uma prensa hidráulica manual, com aquecimento a 300°C por 20 minutos. Primeiramente, o material em pó foi depositado sobre uma folha de cobre e mantido aquecido por 20 minutos. Após, foi aplicada uma pressão de 200 kgf/cm² por 15 minutos. O forno utilizado para o aquecimento foi desenvolvido no próprio laboratório e é controlado por um microcontrolador Arduino Uno, em conjunto com um termistor, um relé e um software de leitura e controle preciso da temperatura.

Após o processo de prensagem obtém-se um disco semi-flexível, que foi colado a eletrodos de latão por meio de cola de prata. Após a aplicação e secagem da cola, os condutores foram soldados aos eletrodos.

2.2 Caracterização dos Materiais

A técnica de difração de raios X foi realizada em equipamento DRX (Philips, X'pert MPD) com radiação Cu K α . O refinamento Rietveld foi realizado utilizando o software TOPAZ (BRUKER). A microscopia eletrônica de varredura foi realizada em equipamento EVO MA10 (Carl Zeiss).

Como medida qualitativa das características piezoelétricas, cada corpo-de-prova foi deformado através do impacto de uma esfera maciça de 2,4863 g caindo de uma altura de 20 cm, em uma colisão considerada quasi-inelástica. A tensão de circuito aberto foi testada em um osciloscópio modelo DSO-TC3 (Fnirsi), com o objetivo de coletar dados experimentais.

3. Resultados e Discussão

Foram realizadas as análises de difração de raios X para a caracterização microestrutural das amostras compósito BST, Titanato de Bário (BaTiO₃) e Titanato de Estrôncio (SrTiO₃). Os resultados obtidos são apresentados na Figura 1. Os difratogramas das amostras de BaTiO₃ e SrTiO₃ apresentam as reflexões relativas às fases cúbicas esperadas (COD 1559963 e 1512124, respectivamente) com grupo espacial Pm-3m, n°221, conforme relatado em estudos de caracterização de materiais (LEMOS, 2017, p. 30). O compósito BST apresentou as reflexões esperadas relacionadas ao BaTiO₃ e SrTiO₃, sem a ocorrência de fases secundárias. Os resultados do refinamento Rietveld realizado na amostra compósito BST ($R_{wp_exp} = 14,2$; $GOF = 1,5$) confirmou a proporção de fases 90:10, sendo 90,47% para BaTiO₃ e 9,53% de SrTiO₃. Os tamanhos de cristalitos obtidos foram de 52.3 e 57.2 nm, respectivamente.

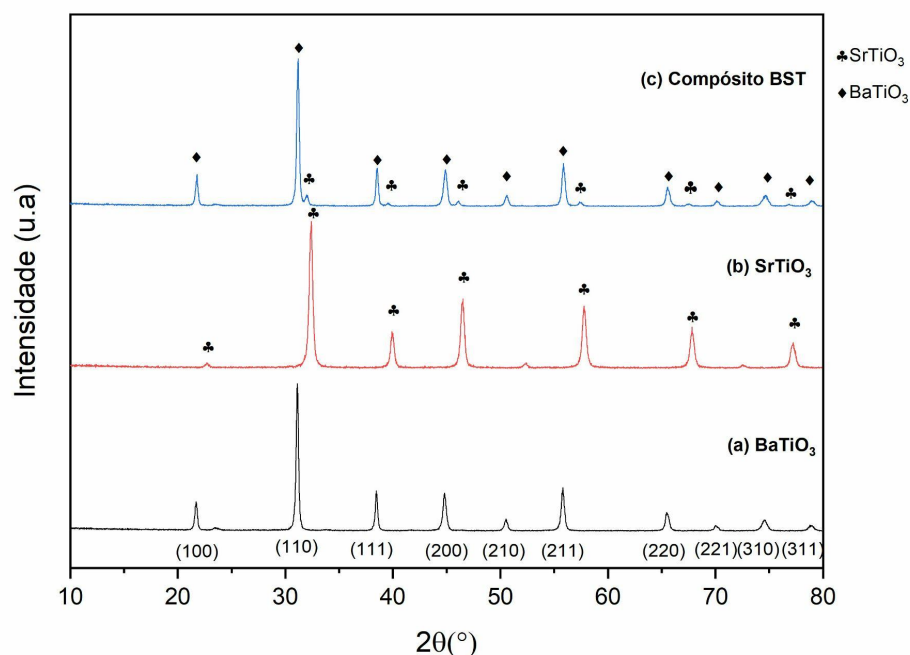


Figura 1 - Difratograma de Raios X: (a) titanato de bário (BaTiO₃), (b) titanato de estrôncio (SrTiO₃) e (c) compósito BST 90:10.

As imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura da superfície dos corpos-de-prova obtidas são apresentadas na Figura 2. Observa-se nas imagens que tanto o BaTiO₃ (Figura 2a), o SrTiO₃ (Figura 2b) e o compósito BST 90:10 (Figura 2c) apresentam coesão entre a matriz polimérica e as partículas cerâmicas, essencial para a transferência eficaz de tensão e o desempenho piezoelétrico. Não há presença de aglomerados cerâmicos e a superfície apresenta-se homogênea. Não há trincas ou descontinuidades visíveis nesta ampliação, nas regiões avaliadas.

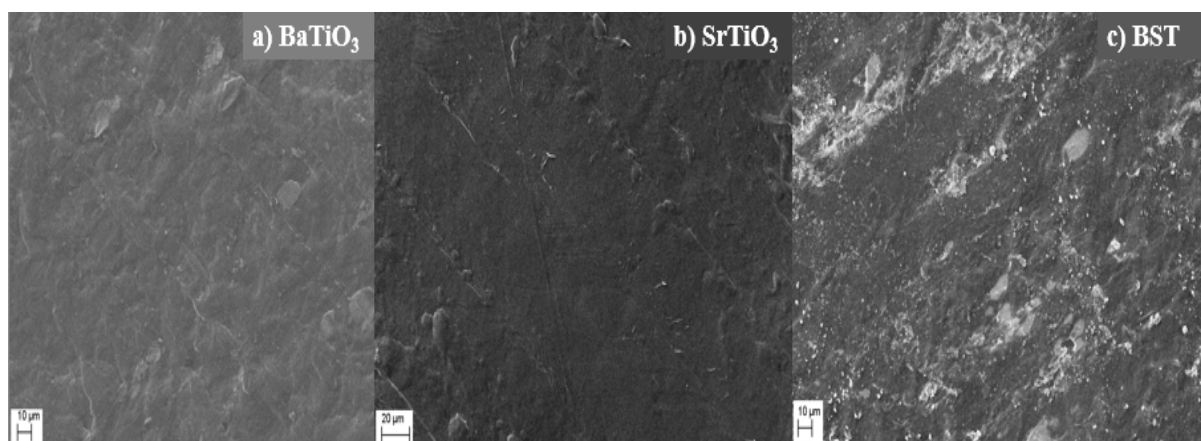


Figura 2 - Imagens obtidas por MEV das amostras a) BaTiO₃, b) SrTiO₃ e, c) BST 90:10.

Quanto à resposta elétrica dos materiais em resposta à aplicação de uma força de impacto, observa-se na Figura 3 que os três materiais apresentam características piezoelétricas, isto é, apresentam a geração de uma tensão elétrica ao serem deformados. A tensão gerada pelo impacto no BaTiO₃ (Figura 3a) e no SrTiO₃ (Figura 3b) apresentam a mesma ordem de grandeza, em torno de 40 mV (tensão máxima).

Existe um efeito sinérgico ao se adicionar estrôncio no titanato de bário. Essa sinergia entre Ba e Sr permite a formação de uma rede cristalina que acomoda melhor as tensões internas. Isso pode minimizar defeitos na estrutura, resultando em melhor qualidade cristalina e propriedades elétricas superiores. Além disso, as diferentes constantes de rede entre BaTiO₃ e SrTiO₃ geram tensões internas no composto. Essas tensões podem aumentar a polarização espontânea, melhorando o coeficiente piezoelétrico do material. De fato, a amostra BST 90:10 apresenta um aumento da tensão gerada pelo impacto (206,1 mV; Figura 3c), aproximadamente 5 vezes maior do que os seus constituintes individuais.

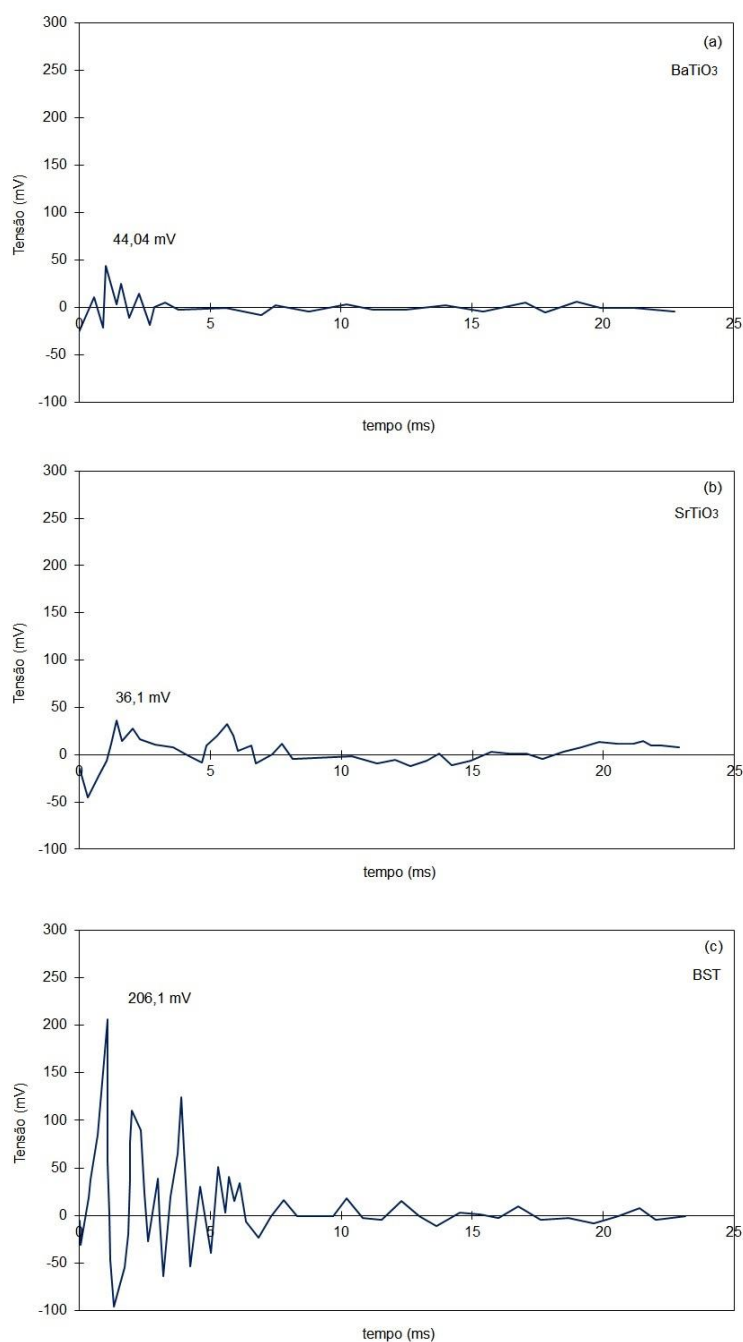


Figura 3 - Tensão em circuito aberto ocasionada pela deformação dos corpos-de-prova: a) BaTiO₃, b) SrTiO₃ e, c) BST(90:10).

Conclusões

A análise de difração de raios X (DRX) realizada para a caracterização cristalográfica das amostras de compósitos BST (90:10), titanato de bário (BaTiO₃) e titanato de estrôncio (SrTiO₃) confirmaram a presença das reflexões relativas às fases cúbicas esperadas, e o refinamento Rietveld indicou a proporção esperada no compósito BST (90:10), sem a detecção de fases secundárias. A análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) indica que os três filmes se apresentam homogêneos e uniformes, sem a presença de aglomerados.

Os resultados dos ensaios de impacto revelaram que o BaTiO₃, o SrTiO₃ e o BST (90:10) possuem características piezoelétricas, destacando-se que o material que gerou a maior tensão após o impacto foi o compósito BST (90:10) com 206,1 mV. As amostras BaTiO₃ (44,04 mV) e o SrTiO₃ (36,1 mV) apresentaram valores inferiores.

Agradecimentos

Pelo apoio financeiro, os autores agradecem ao Programa de Formação de Recursos Humanos (PRH) da Agência Nacional do Petróleo (ANP), projeto “Novas tecnologias ensino à eficiência energética no setor de petróleo, gás e biocombustíveis”, convênio ANP - PRH 13.1 UFRGS, processo nº 042319.

Referências Bibliográficas

ÁVILA, Ana Paula Araújo Albuquerque. Desenvolvimento de filmes piezoelétricos a partir de titanato de bário e titanato de estrôncio. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. Disponível em: [\[http://ri.ufmt.br/handle/1/5555\]](http://ri.ufmt.br/handle/1/5555)(<http://ri.ufmt.br/handle/1/5555>). Acesso em 23 jun. 2024.

GARCIA, Carlos; LIMA, José. As dimensões sociais e humanas na zona costeira: fronteiras do conhecimento. 2020. Disponível em: [\[https://www.researchgate.net/profile/Bernardo-Da-Gama/publication/346733835_A_exploracao_dos_recursos_bioteologicos_do_mar_estado_da_arte_e_perspectivas/links/5fd6703a92851c13fe84c6fd/A-exploracao-dos-recursos-bioteologicos-do-mar-estado-da-arte-e-perspectivas.pdf#page=163\]](https://www.researchgate.net/profile/Bernardo-Da-Gama/publication/346733835_A_exploracao_dos_recursos_bioteologicos_do_mar_estado_da_arte_e_perspectivas/links/5fd6703a92851c13fe84c6fd/A-exploracao-dos-recursos-bioteologicos-do-mar-estado-da-arte-e-perspectivas.pdf#page=163)(https://www.researchgate.net/profile/Bernardo-Da-Gama/publication/346733835_A_exploracao_dos_recursos_bioteologicos_do_mar_estado_da_arte_e_perspectivas/links/5fd6703a92851c13fe84c6fd/A-exploracao-dos-recursos-bioteologicos-do-mar-estado-da-arte-e-perspectivas.pdf#page=163). Acesso em: 15 jul. 2024.

SILVA, L. L. (2017). Fibras nanoestruturadas de titanato de bário e estrôncio: Síntese por electrospinning e caracterização microestrutural. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M, Porto Alegre, RS.