cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Revestimento polimérico modificado com silano para proteção contra erosão de borda de ataque de pás eólicas

Cesar Gabriel Ribeiro[1], Elton José Sehnem[2], Douglas dos Santos[4], Jean Carlos Hoepfner[4], Patrícia Zigoski Uchôa[4], Renato César Tobias Porto[4], Sergio Henrique Pezzin[3], Fernando Humel Lafratta[2].

1.Depto. de Física, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC, Joinville, SC, Brasil)
2.Depto. de Engenharia Mecânica, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC, Joinville, SC, Brasil)
3.Depto. de Química, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC, Joinville, SC, Brasil)
4. Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Nório Nanotecnologia, Joinville, SC, Brasil.

Introdução

A erosão do bordo de ataque compromete a integridade superficial, o desempenho aerodinâmico e a durabilidade de pás eólicas. Em um estudo envolvendo 80 aerogeradores, problemas relacionados às pás corresponderam a 29,6% dos custos de manutenção e 34% do tempo de indisponibilidade operacional (1). Nesse contexto, revestimentos poliméricos modificados com silanos representam uma alternativa promissora, devido ao potencial de melhorar o comportamento termomecânico e a aderência ao substrato (2,3).

Objetivos

Avaliar a influência da modificação do poli(vinil butiral) (PVB) com precursores silânicos nas propriedades termomecânicas, na estabilidade térmica, na morfologia e na aderência ao substrato epoxídico, visando à sua potencial aplicação na proteção do bordo de ataque de pás eólicas.

Metodologia

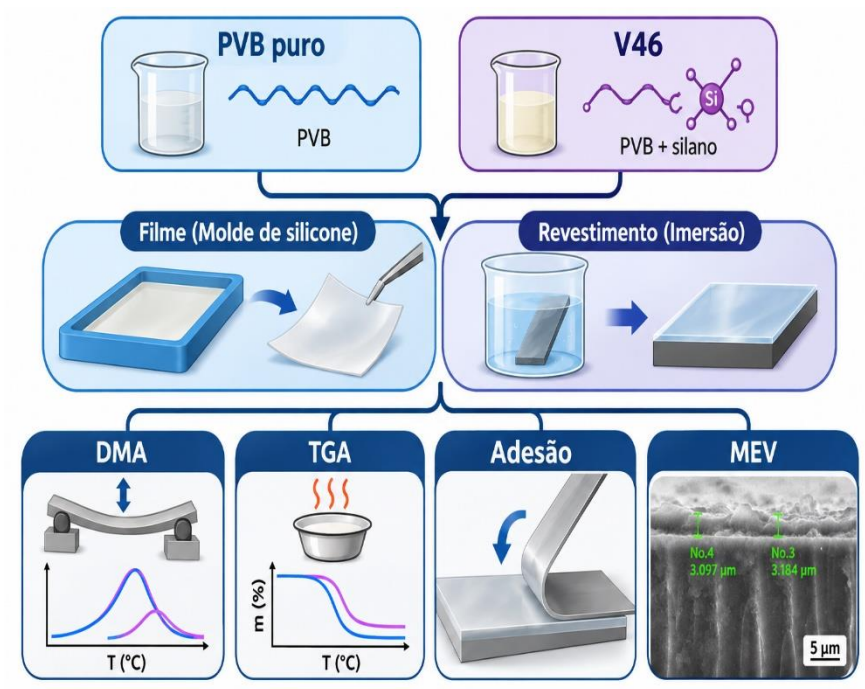


Figura 1. Metodologia de preparo das amostras

Resultados e Discussão

A formulação V46 apresentou maior retenção de rigidez com o aquecimento, com módulo de armazenamento 15 vezes superior ao do PVB puro a 60 °C. Na análise TGA, a V46 também apresentou maior massa residual, atingindo 13,2% a 800 °C, frente a 6,9% do PVB puro.

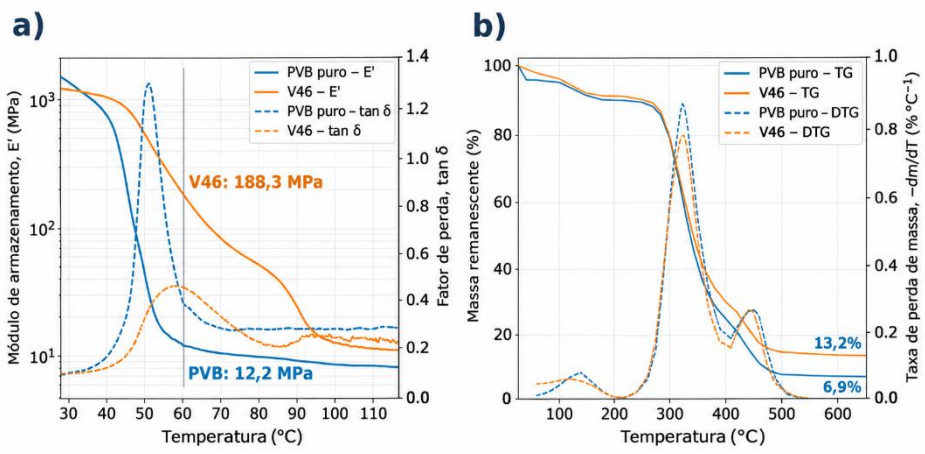


Figura 2. Comparação entre PVB puro e V46: (a) módulo de armazenamento (E′) e tan δ; (b) curvas TGA/DTG.

No ensaio de adesão, a formulação V46 apresentou desempenho superior, com maior retenção do revestimento e perdas estimadas de apenas 19,2% na região de melhor resultado. Em contraste, o PVB puro apresentou destacamento total da película, evidenciando a melhoria da adesão proporcionada pela formulação V46.

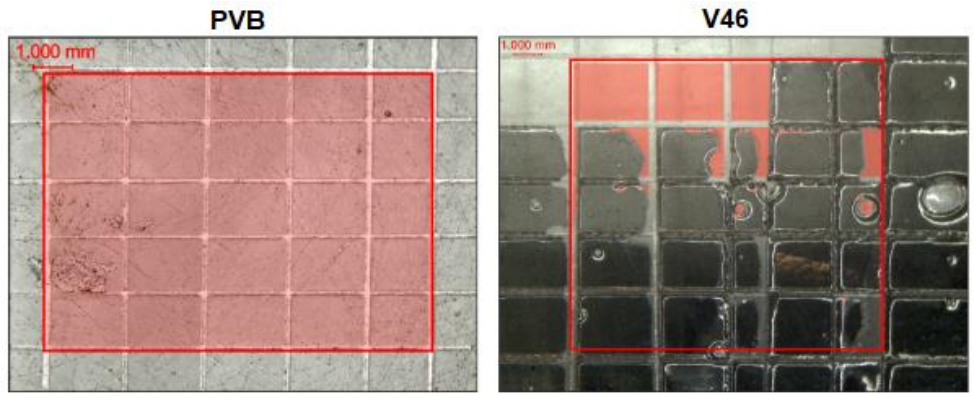


Figura 3. Aspecto superficial do PVB puro e da V46 após o ensaio de aderência por corte em grade

As imagens de MEV mostraram espessuras semelhantes para o PVB (3,0 µm) e a V46 (3,2 µm). A V46 apresentou maior irregularidade superficial e alterações morfológicas na região interfacial, acompanhadas de melhor desempenho no ensaio de adesão.

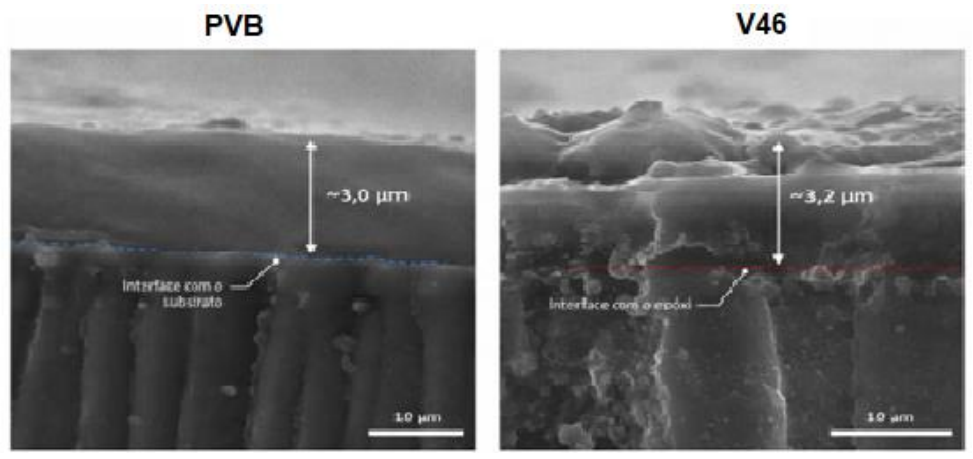


Figura 4. Detalhamento por MEV das camadas de revestimento sobre o substrato epoxídico

Conclusões

A formulação V46 apresentou maior retenção de rigidez durante o aquecimento, maior massa residual e melhor retenção do revestimento no ensaio de adesão. Esses resultados indicam seu potencial para aplicações como revestimento protetor do bordo de ataque de pás eólicas, embora ensaios específicos de resistência à erosão ainda sejam necessários.

Referências

(1) SUN, B.; OOI, K. T.; SU, M. Wind turbine blade damage: A systematic review of detection, diagnosis, performance impact, and lifecycle health management. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 230, art. 116668,

(2) METROKE, T. L.; HENLEY, M. V. Modification of poly(vinyl butyral) coatings using bis-silanes. Progress in Organic Coatings, v. 69, n. 4, p. 470–474, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2010.08.012.

(3) CORTÉS, E. et al. On the material characterisation of wind turbine blade coatings: The effect of interphase coating–laminate adhesion on rain erosion performance. Materials, v. 10, n. 10, art. 1146, 2017. DOI: https://doi.org/10.3390/ma10101146.

univille
UDESC UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
NÓRIO nanotecnologia
CAPES
fapesc Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina