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

Efeito da modificação do IPST por surfactantes nas propriedades mecânicas de blendas de PLA

Jhenifer Stefani Lopesl[1]; Marina Fernandes Cosate de Andrade[1]; Ana Rita Morales[1*]

1. Departamento de Engenharia de Materiais e Bioprocessos (DEMBio), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

*morales@unicamp.br

Introdução

Poli(ácido lático) (PLA) é um biopolímero promissor, porém apresenta limitações em sua resistência a impacto. A incorporação de isolado proteico do soro de leite termoplástico (IPST), associada ao uso de surfactantes como agentes compatibilizantes, constitui uma estratégia para modificar o desempenho de blendas poliméricas[1].

Objetivos

Avaliar o efeito da modificação do IPST[2] por diferentes surfactantes no comportamento mecânico de blendas de PLA, utilizando ferramentas estatísticas para caracterizar e interpretar as respostas experimentais.

Metodologia

1 Preparação de blends de PLA contendo IPST modificado com diferentes surfactantes



Caracterização
- Impacto
- TGA
- Viscosidade complexa

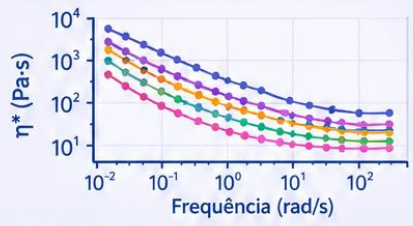
Formulações: PLA + IPST (90/10 e 70/30) com SDS, CPC e BC.

2 Caracterização térmica (TGA)



- Modelagem por GAM para descrever as curvas de degradação da massa.
- Ajuste com REML e ICs corrigidos para autocorrelação (AR(1)).
- Avaliação do ajuste: R^2 ajustado e % de desvio explicado.

3 Reologia – Viscosidade complexa



- Modelo GAM com $k = 6$ e método REML.
- Predições em grid de 200 pontos por tratamento.
- ICs ajustados para autocorrelação (AR(1)).

4 Impacto



- Teste de Kruskal-Wallis e Dunn (não paramétricos).
- PLA+SDS 90/10 com maior tendência de absorção de energia.
- Ausência de replicações limitou a estimativa da variância e o poder dos testes.

Análise complementar
Clusterização funcional (padrões semelhantes de degradação) e FANOVA (comparação de curvas médias).

Resultados e Discussão

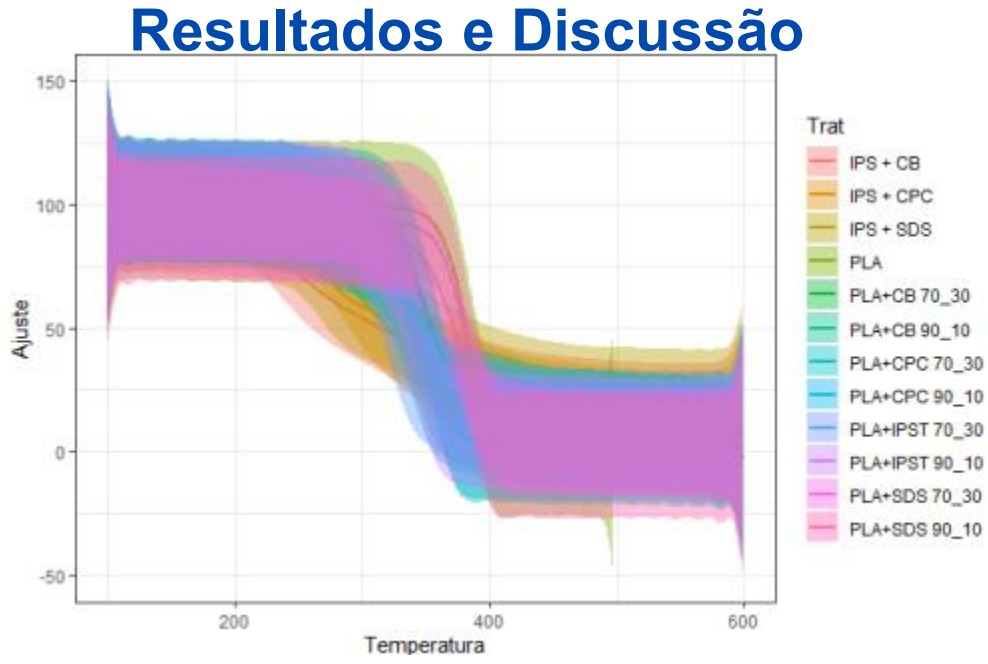


Figura 1. Curvas estimadas para ada tratamento com intervalos de confianças corrigido pela variância de um AR(1)

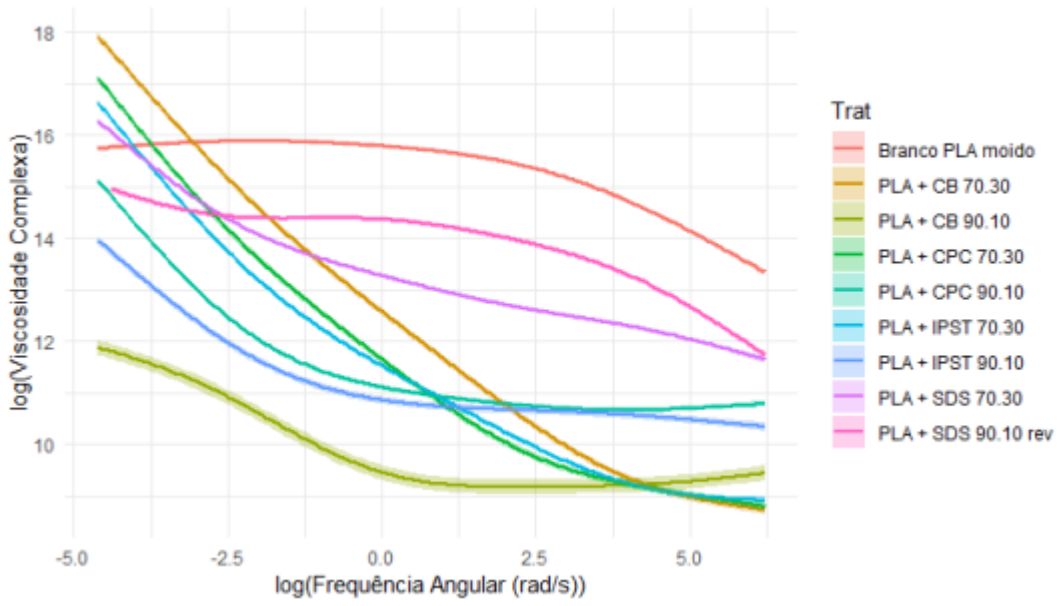


Figura 2. GAM ajustado para viscosidade Complexa com Ics corrigidos por AR(1)

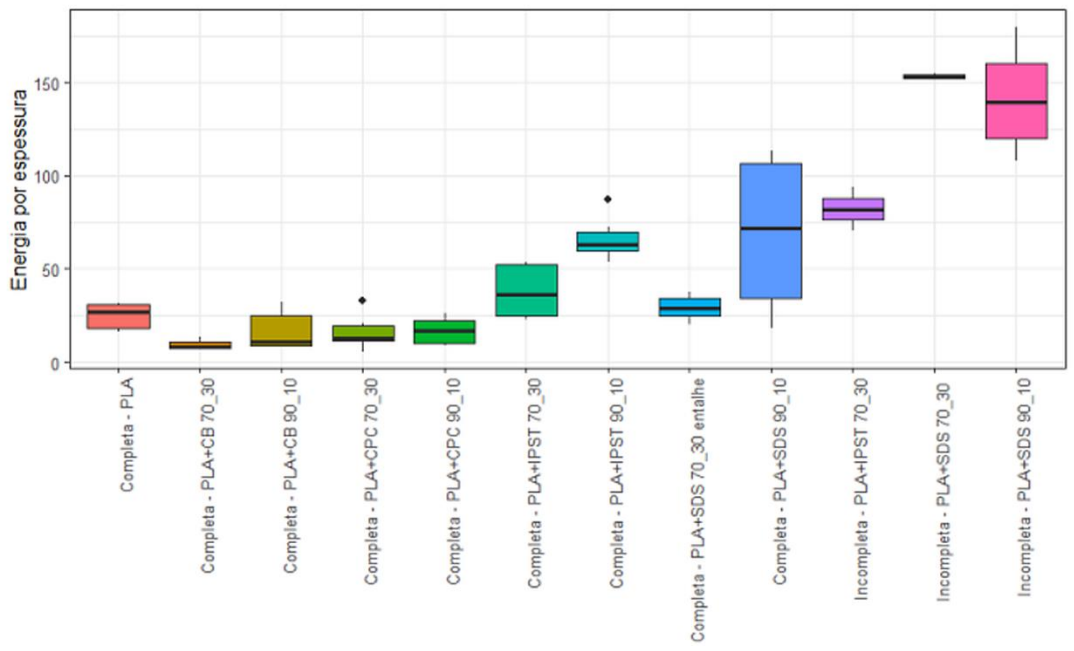


Figura 3. Energia por espessura por blenda e tipo de fratura

Conclusões

- **Efeito dos surfactantes:** alteração do comportamento mecânico das blendas PLA/IPST.
- **Impacto:** maior sensibilidade às modificações, com destaque para PLA+SDS 90/10.
- **Modelagem GAM:** representação flexível das respostas não lineares e construção de ICs.
- **Análise estatística:** testes não paramétricos e correção AR(1) contribuíram para uma interpretação mais adequada da incerteza.
- **Perspectiva:** potencial para obtenção de materiais PLA/IPST com propriedades ajustáveis e maior valorização de um coproduto agroindustrial.

Referências e Agradecimentos

[1] COSATE DE ANDRADE, M. F.; LOUREIRO, H. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. de L.; MORALES, A. R. Blends of poly(butylene adipate-co-terephthalate) and thermoplastic whey protein isolate: a compatibilization study. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 29, n. 10, p. 3288–3301, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s10924-021-02118-1.
[2] LOPES, J. S.; COSATE DE ANDRADE, M. F.; MORALES, A. R. Effect of cetylpyridinium chloride surfactant and polyethylene glycol on the process and properties of whey protein isolate modification. **Journal of Polymers and the Environment**, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s10924-023-02894-y.
[3] S. N. Wood. Generalized Additive Models: an Introduction with R. Chapman and Hall/CRC, 2017.

CNPq Processo nº 140578/2023-4