



Avaliação das propriedades mecânicas do poli(ácido láctico) degradado em solo modificado com escória de aciaria

Thiago Haenel Antunes¹; Denise Hirayama¹.

¹Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais.

Palavras-chave: *Degradação; propriedades mecânicas; escória de aciaria; PLA; solo.*

INTRODUÇÃO

O poli(ácido láctico) ou PLA é um poliéster biodegradável produzido a partir de fontes renováveis, sendo extensivamente estudado e utilizado nas últimas décadas. Este tem um grande potencial para substituir polímeros baseados em petróleo que são utilizados por exemplo em embalagens e aplicações médicas¹. No entanto, apesar de ser considerado um polímero biodegradável, o PLA é resistente ao ataque dos micro-organismos presentes no solo, e de fato, é menos suscetível à degradação em comparação a outros polímeros alifáticos biodegradáveis, como a poli(caprolactona)². Tal limitação desperta um grande interesse em encontrar novas maneiras de aumentar a taxa de degradação do PLA e seus derivados. Na literatura, várias estratégias têm sido destacadas para acelerar a degradação do poli(ácido láctico), incluindo a criação blends com carga biodegradáveis e o isolamento de micro-organismos específicos capazes de degradar este polímero³. O presente trabalho tem como objetivo analisar a degradação do PLA em solo composto por escória de aciaria pela ótica da perda de propriedades mecânicas ao longo do tempo de exposição.

METODOLOGIA

As amostras foram modeladas em software CAD conforme norma ASTM D638-18 e impressas em PLA transparente, utilizando uma impressora Sethi3D modelo S3. O fatiamento do modelo foi feito no software *Ultimaker Cura* e os parâmetros de impressão definidos foram: altura da camada = 0,2 mm, espessura da camada = 0,8 mm, densidade de preenchimento = 20%, geometria de preenchimento = concêntrico, Temperatura de impressão = 210 °C e velocidade de impressão = 40 mm/s.

Os corpos de prova foram dispostos em caixas contendo solo convencional e solo modificado com escória de aciaria, seguindo a norma ASTM G160-12 onde a composição deve ter 3 partes iguais em peso de solo, areia ou agregado equivalente e esterco seco e moído. No total foram feitas 10 caixas de 30 Litros, 5 em cada condição de solo e os corpos de prova foram retirados em tempos pré-determinados para avaliação mecânica.

Para a avaliação mecânica, os corpos de prova foram submetidos a um ensaio de tração uniaxial, até a fratura, em uma máquina de ensaios universal EMIC DL-2000 e com uma célula de carga de 5 kN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do ensaio de tração das amostras submetidas ao solo convencional está apresentado na Tabela 1, enquanto as amostras submetidas ao solo modificado com escória de aciaria na Tabela 2.

Tabela 1 – Propriedades mecânicas das amostras dispostas em solo convencional.

Amostra	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Tensão de Escoamento (MPa)
Referência	37,05 ± 1,51	611,42 ± 26,67	36,45 ± 1,71
1º Mês	34,32 ± 0,80	591,25 ± 19,17	33,50 ± 0,83
2º Mês	33,97 ± 1,60	606,43 ± 32,63	33,31 ± 1,66
3º Mês	34,40 ± 1,49	634,01 ± 14,70	33,69 ± 1,22
4º Mês	38,46 ± 1,32	687,93 ± 71,75	37,61 ± 1,37

Fonte: Autor (2023).



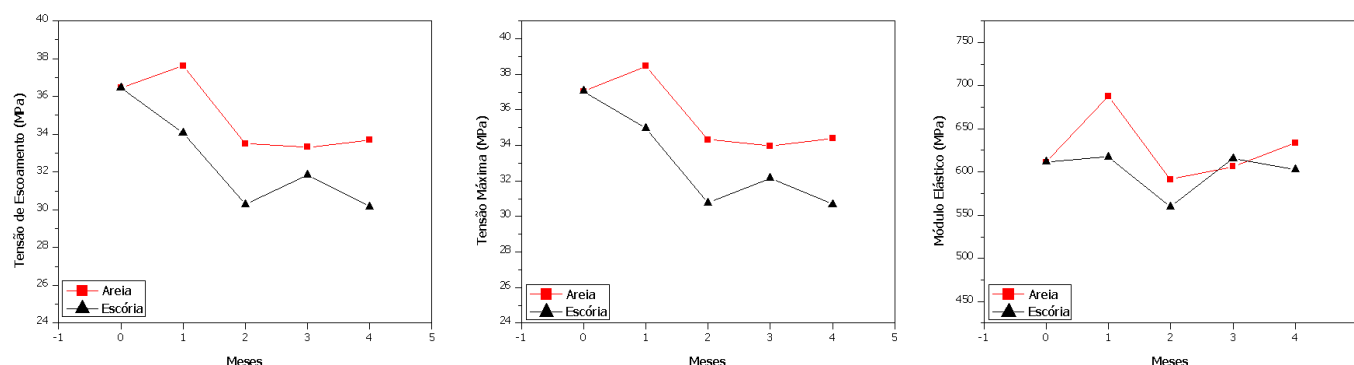
Tabela 2 – Propriedades mecânicas das amostras dispostas em solo modificado com escória de aciaria.

Amostra	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Tensão de Escoamento (MPa)
Referência	37,05 ± 1,51	611,42 ± 26,67	36,45 ± 1,71
1º Mês	34,95 ± 1,10	617,57 ± 11,13	34,08 ± 1,20
2º Mês	33,69 ± 2,12	619,75 ± 14,26	33,42 ± 2,08
3º Mês	32,16 ± 1,04	615,87 ± 13,57	31,86 ± 0,90
4º Mês	30,68 ± 3,03	602,61 ± 39,31	30,15 ± 3,27

Fonte: Autor (2023).

Comparando a referência com as amostras degradadas em solo, observa-se que em ambas as condições apresentaram queda nos valores referentes a propriedades mecânicas o que caracteriza degradação do polímero. Contudo, a Figura 1, mostra que a presença da escória aumenta a velocidade de degradação do PLA. De acordo com Vaid (2021)⁴, em condições alcalinas a degradação por hidrólise acontece a uma taxa mais acelerada comparada com outros valores de pH³. Ao analisar os solos, foi constatado que o pH do solo com escória de aciaria era maior que do solo convencional, assim os resultados de propriedades mecânicas estão de acordo com o previsto pela literatura.

Figura 1 – Propriedades mecânicas das amostras dispostas em solo normal e solo modificado com escória de aciaria.



Fonte: Autor (2023).

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que há degradação das amostras de PLA tanto em solo convencional quanto em solo modificado com escória de aciaria, pois os resultados do ensaio de tração mostram uma tendência de perda de propriedades mecânicas com o tempo. A degradação é ainda mais evidente em solo com escória que apresenta um caráter alcalino, indicando que a escória tem potencial para ser utilizado como acelerador de degradação em solo. Para trabalhos futuros, é possível ampliar os períodos de teste das amostras, investigar a taxa de degradação sob diversas condições e explorar diferentes perspectivas de avaliação, não se limitando apenas à análise mecânica.

AGRADECIMENTOS

À Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda (UFF) pelo uso do Laboratório de Mecânica Aplicada do Departamento de Engenharia Mecânica e à FAPERJ pela bolsa de Iniciação Científica (IC).

REFERÊNCIAS

- [1] FARAH, S.; ANDERSON, D. G.; LANGER, R. Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 107, p. 367–392, 2016.
- [2] MADHAVAN NAMPOOTHIRI, K.; NAIR, N. R.; JOHN, R. P. An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 22, p. 8493–8501.
- [3] PATTANASUTTICHONLAKUL, W.; SOMBATSOMPOP, N.; PRAPAGDEE, B. Accelerating biodegradation of PLA using microbial consortium from dairy wastewater sludge combined with PLA-degrading bacterium. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 132, p. 74–83, 2018.
- [4] VAID, R. *et al.* Hydrolytic Degradation of Polylactic Acid Fibers as a Function of pH and Exposure Time. **Molecules**, v. 26, n. 24, p. 14-15, 2021.