

ANÁLISE DO ENSAIO DE FLEXÃO NO POLIÁCIDO LÁCTICO (PLA)

BRUNO MELLO DE FREITAS^{1*}; EMILLY CHAVES DE LIMA²; URSULA MARIA MONTEIRO RIBEIRO³;
ARLINDO PIRES LOPES⁴; JOSÉ COSTA DE MACÊDO NETO⁵.

¹ MSc. Professor, UEA, Manaus-AM, bfreitas@uea.edu.br;

² Aluna, UEA, Manaus-AM, ecld.emt16@uea.edu.br;

³ Aluna, UEA, Manaus-AM, ummr.emt17@uea.edu.br;

⁴ Dr. Professor, UEA, Manaus-AM, alopes@uea.edu.br;

⁵ Dr. Professor, UEA, Manaus-AM, jotacostaneto@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O ensaio de flexão tem sua importância baseada em verificar a ductilidade do material, a sua resistência a força cisalhante, módulo de elasticidade e resistência a flexão, propriedades essas, importantes para o controle de qualidade do material. O Políácido láctico (PLA) possui propriedades de um plástico biodegradável e ótimo desempenho mecânico. Tendo em vista suas características, e seu baixo impacto ambiental, foi o material escolhido para a realização de um ensaio de flexão conforme a norma ASTM D 790. Foi feito o ensaio de flexão na máquina de ensaios universal em 6 amostras de PLA, a partir disso foi obtido o gráfico tensão x deformação. Por meio da análise dos dados fornecidos, foi calculado a força cortante e o momento fletor que ocorre ao longo do corpo de prova do PLA. Verificou-se que o material suporta uma carga média máxima de 50,4 N e uma tensão de flexão máxima de 3×10^{-2} MPa, valores significativos para analisar a melhor aplicabilidade desse material na indústria.

PALAVRAS-CHAVE: Políácido láctico, PLA, ensaio de flexão, força cisalhante, momento fletor.

ANALYSIS OF THE FLEXURAL TEST IN THE LACTIC POLYACID (PLA)

ABSTRACT: The bending test has its importance based on checking the ductility of the material, its resistance to shear force, modulus of elasticity and resistance to bending, properties that are important for quality control of the material. Lactic Polyacid (PLA) has biodegradable plastic properties and excellent mechanical performance. Due to its characteristics and its low environmental impact, it was the material chosen to perform a bending test in accordance with ASTM D 790. The flexural test was performed in the universal test machine in 6 PLA samples from the strain x strain plot was obtained. By means of the analysis of the data provided, the shearing force and the bending moment were calculated along the PLA test body. It has been found that the material carries a maximum average load of 50.4 N and a maximum bending tension of 3×10^{-2} MPa, significant values for analyzing the best applicability of such material in the industry.

KEYWORDS: Lactic polyacid, PLA, flexural test, shear force, bending moment.

INTRODUÇÃO

O poli (ácido láctico), também conhecido como PLA, consiste em um polímero formado a partir da polimerização por condensação do ácido láctico. Este polímero possui características de um plástico biodegradável, absorvível, atóxico, hidrolisável, tendo alto desempenho mecânico quando comparado ao poliestireno e polipropileno. Segundo Hartmann (1998), o PLA é apontado como um termoplástico com significativos valores de alto módulo de elasticidade e resistência mecânica, tendo como fundamental objetivo de realizar processos em equipamentos padronizados. Sendo analisado pelos pesquisadores industriais e utilizados em larga escala pela sua peculiaridade biocompatível e biodegradável (JAHNO, 2005). Conforme descrito, o mercado demanda de seu emprego como o de próteses, filamentos de impressão 3D, vidros, entre outros.

Considerando os fatores do poli (ácido lático), o PLA é o material para análise no ensaio de flexão a três pontos. O ensaio consiste em apoiar o corpo de prova, de forma retangular ou circular para facilitar os cálculos, sob dois apoios afastados entre si de uma distância L sendo a força de flexão aplicada no centro do corpo de prova a uma distância $L/2$ de cada apoio até o corpo de prova romper (SOUZA, 1982).

No intuito de identificar por meio da averiguação dos dados obtidos no teste, sua força de cisalhamento e o momento fletor em diversos pontos do corpo de prova. Além de comparar, pela literatura, aos outros materiais a sua resistência mecânica através das análises. Possibilitando por meio desta pesquisa, a sua devida utilização, e conscientizar da sua importância biodegradável. No fim de unificar materiais biodegradáveis para usos mais amplos nas indústrias e áreas afins. Tornando-os aptos a uma empregabilidade mista, ambiental e mecânica.

MATERIAL E MÉTODOS

O PLA apresenta composição química $(C_3H_4O_2)_n$ e pode biodegradar em determinadas condições. Os produtos de PLA (ácido polilático) podem ser compostados em instalações industriais onde o calor (70°C ou mais) e a humidade (min 70 % HR) podem ser monitorados.

Para o ensaio de flexão, utilizou-se a máquina de ensaio universal Instron, modelo 5984, figura (1), com o apoio do software BlueHill 3 para registro do gráfico de dados

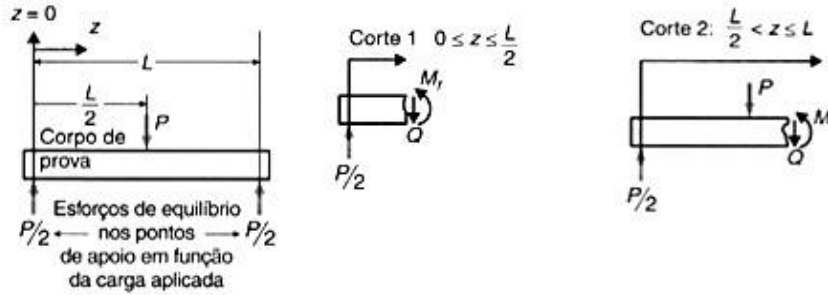
Figura 1. Esforço esquemático da máquina do ensaio de flexão em três pontos.



Os materiais submetidos a teste foram 6 corpos de prova de PLA com dimensões de 4 mm de espessura, 10 mm de largura, e 110 mm de comprimento, sendo que o corpo de prova com o maior desvio padrão dentre todos, foi descartado dos cálculos. O teste foi feito conforme a norma ASTM D790, onde o centro do corpo de prova é colocado a uma distância equidistante dos suportes de apoio, e uma força com carga (P) é projetada no centroide do corpo em uma velocidade constante. Segundo a norma, a taxa ideal é 0,01 mm/min, o que poderia levar um tempo de 13 horas até a fratura. Porém, pelo período de tempo disponível, foi optado por operar a uma taxa de 5 mm/min.

Na Figura 2 é demonstrado o método dos cortes das seções para o cálculo da força cortante (V) e do momento fletor (M_f) ao longo do eixo longitudinal do corpo de prova no ensaio de flexão em três pontos (Hibbeler, 2010).

Figura 2. Método dos cortes das seções (HIBBELER, 2010).



De acordo com Garcia *et.al.* (2012), a análise da Figura 2 permite concluir que, para o intervalo $0 \leq x \leq L/2$, a força cortante e o momento fletor são definidos pelas Eqs. (1) e (2), respectivamente. Já para o intervalo $L/2 < x \leq L$, a força cortante e o momento fletor são definidos pela Eq. (3) e (4), respectivamente.

$$-\frac{P}{2} + V_f = 0 \quad \rightarrow \quad V_f = \frac{P}{2} \quad (1)$$

$$\left(-\frac{P}{2}\right) \cdot x + M_f = 0 \quad \rightarrow \quad M_f = \left(\frac{P}{2}\right) \cdot x \quad (2)$$

$$-\frac{P}{2} + P + Q = 0 \quad \rightarrow \quad V_f = -\frac{P}{2} \quad (3)$$

$$\left(-\frac{P \cdot x}{2}\right) + \left(P \cdot \left\{x - \frac{L}{2}\right\}\right) + M_f = 0 \quad \rightarrow \quad M_f = \left(\frac{P}{2}\right) \cdot (L - x) \quad (4)$$

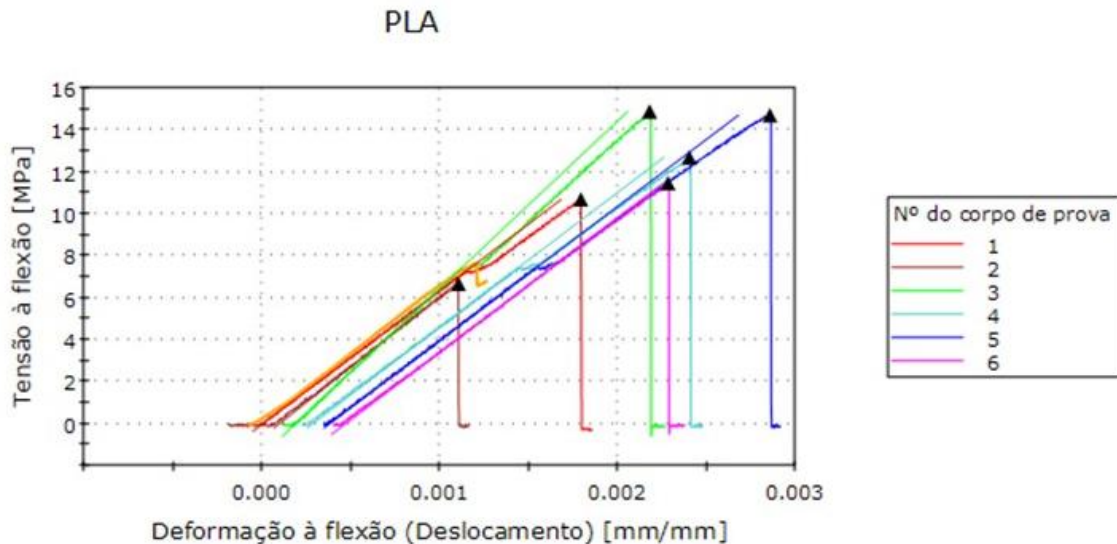
Sendo:

L = Comprimento total; P = Força (carga) aplicada; V_f = Força cortante; M_f = Momento fletor; x = Comprimento após o corte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os resultados do ensaio de flexão, foi gerado o gráfico de tensão x deformação para as 6 amostras do PLA (Figura 3), obtendo os valores necessários, como a carga máxima aplicada para traçar os gráficos da força cisalhante e do momento fletor.

Figura 3. Gráficos tensão x deformação (a) PLA.



Após o ensaio de flexão foram obtidos os seguintes valores contidos na tabela 1.

Tabela 1. Resultados comparativos entre a carga máxima e o limite de resistência a flexão do PLA.

Comparação da carga máxima aplicada a cada amostra de PLA			
Amostra	Carga Máxima Aplicada (N)	Tensão de flexão (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
1	41,84	23,53	6,36
2*	26,18	14,73	6,72
3	58,17	32,72	7,95
4	49,62	27,91	6,41
5	57,47	32,32	6,37
6	44,85	25,23	6,40
Valor médio	50,4	28,34	6,7

*valor desconsiderado para o cálculo do valor médio devido a discrepância no resultado.

A partir dos dados fornecidos pela tabela 1 foram encontrados os valores da carga máxima aplicada, tensão de flexão e módulo de elasticidade para cada amostra e, em seguida calculados os valores médios para cada um desses. Os valores do corpo de prova 2 foram desconsiderados, devido à discrepância de resultados observada.

Por meio dos valores obtidos, torna-se possível calcular a tensão de flexão máxima (σ) a partir da área útil que foi utilizado nas amostras de PLA junto com a carga máxima aplicada (P), o valor da força cisalhante (V) e o momento fletor máximo ($M_{máx}$).

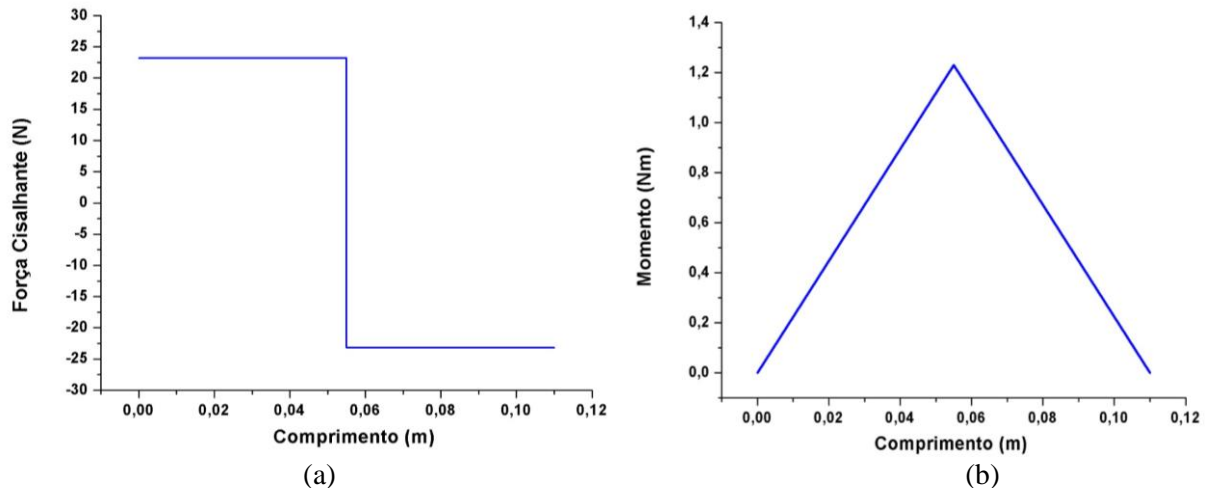
Admitindo-se que a tensão máxima é relacionada como sendo a carga máxima aplicada sobre a área útil de cada amostra ensaiada, a tensão máxima de flexão (Eq.1) para o valor da força cisalhante e aplicando a Eq. (2) para o momento fletor máximo, os resultados são expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados após o ensaio de flexão.

Resultados do Ensaio de Flexão de Três Pontos			
Amostra	Tensão de Flexão Máxima - σ (MPa)	Força Cisalhante - V (N)	Momento Fletor Máximo - $M_{máx}$ (N.m)
1	$3,8 \times 10^{-2}$	20,92	1,15
2	$2,3 \times 10^{-2}$	13,09	0,72
3	$5,3 \times 10^{-2}$	29,08	1,6
4	$4,5 \times 10^{-2}$	24,81	1,36
5	$5,2 \times 10^{-2}$	28,73	1,58
6	$4,1 \times 10^{-2}$	22,42	1,23
Valor médio	3×10^{-2}	23,17	1,27

A partir dos valores encontrados e dispostos na tabela acima, obteve-se o gráfico da Força Cisalhante (V) mostrado na figura 4 (a) e o do Momento Fletor (M) mostrado na figura 4 (b).

Figura 4. Representação gráfica de (a) força cisalhante média e (b) momento fletor médio.



CONCLUSÃO

Com ensaio de flexão realizado no corpo de prova é possível fazer várias análises, o material apresenta certa rigidez e rompe assim que sai da zona elástica, caracterizando como um polímero frágil.

A média de carga máxima que o material suporta é de 50,4 N. No segundo corpo de prova, foi apresentado a menor carga de 26,18 N e também com a menor tensão de flexão com 14,73 MPa. Foi observado uma similaridade e homogeneidade nos valores de tensões máximas calculadas nas amostras, visto que a área é a mesma e o fator que vai influenciar a variação de tensão será a carga máxima. Através de cálculos do valor médio, pode-se dizer que o PLA possui uma tensão de flexão máxima média de 3×10^{-2} MPa, valor esse muito baixo quando comparado a outras classes de materiais, e um módulo de elasticidade médio de 6,7 GPa. Conclui-se que o PLA é bastante frágil, pouco resistente a flexão, o que torna esse polímero inutilizável para aplicações que requerem resistência ao impacto. Uma solução para esses inconvenientes nas propriedades, como a alta fragilidade, seria o uso de plastificantes.

REFERÊNCIAS

- ASTM D790 -Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.
- GARCIA, A., SPIM, J. A. e SANTOS, C.A. Ensaios dos materiais, LTC, Rio de Janeiro, 2. ed. 2012
- HARTMANN M. H. in D. L. Kaplan (Ed.), Biopolymers from Renewable Resources, Springer-Verlag, Berlin, pp. 367-411, 1998.
- HIBBELER, R. C. Resistência dos Materiais, Prentice Hall, Rio de Janeiro, 7. Ed, 2010.
- JAHNO, V. D. Síntese e caracterização do poli (l-ácido láctico) para uso como biomaterial. Dissertação para o título de mestre em engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- SOUZA, Sérgio Augusto de. ENSAIOS MECÂNICOS DE MATERIAIS METÁLICOS. Fundamentos teóricos e práticos. 5ed, São Paulo, 1982.