

## FILMES DE GELATINA REFORÇADOS COM FIBRAS VEGETAIS\*

Marco Aurélio de Jesus Matos<sup>1</sup>  
Sérgio Neves Monteiro<sup>2</sup>

### Resumo

Os compósitos possuem dois ou mais constituintes físicos. O Brasil produz uma vasta quantidade de fibras vegetais e as utiliza como fase de reforço. A gelatina é obtida da ruptura de ligações covalentes e formam géis termoreversíveis. Sua principal característica, a gelificação, envolve a renaturação da estrutura e, diante do nosso objetivo, foi utilizada como suporte para as fibras já que a gelificação forma uma rede tridimensional. As fibras foram padronizadas em 0,355 mm. A gelatina foi gelatinizada e a solução coloidal vertida em moldes. Os provetes ensaiados conforme ASTM D412. O acréscimo da celulose microcristalina não altera os resultados da tensão de ruptura. O módulo de elasticidade respondeu de forma inversamente proporcional ao aumento do teor de fibras vegetais. O aumento da resistência à tração e do alongamento do material, porém, não na mesma proporção, faz com que haja uma diminuição de seu módulo elástico. O módulo de elasticidade tende a diminuir devido ao grande alongamento ao passo em que o teor de fibras vegetais e gelatina aumenta. A variação do teor de fibras vegetais e gelatina alterou significativamente os resultados dos ensaios de tração. A tensão de ruptura aumentou proporcionalmente ao aumento do teor de fibras vegetais. O alongamento também aumentou com o aumento do teor de gelatina, não sofrendo variações significativas em relação à variação do teor de fibras vegetais.

**Palavras-chave:** Fibras vegetais; Gelatina; Compósitos; Resíduos.

### GELATIN FILMS REINFORCED WITH VEGETAL FIBERS

#### Abstract

Composites have two or more physical components. Brazil produces a vast amount of vegetal fibers and used as a reinforcing phase. Gelatin was obtained from the rupture of covalent bonds and it forms gelatinous film. Its main property, gelation, involves denaturation of the structure and it was used as a support for the fibers as the gelling form a three dimensional network, following our aim. The fibers were standardized in 0.355 mm. Gelatin was gelatinized and the colloidal solution poured into molds. The specimens was tested according to ASTM D412. The addition of microcrystalline cellulose does not modify the results of a rupture tension. The elasticity modulus is inversely proportional to the increase of fibers. There is an increase in straining and lengthening, but not to the same proportion, wich means that there is a decrease in its elastic modulus. The elastic modulus tends to decrease due to the great lengthening step while the vegetal fibers and gelatin increases. The variation of vegetal fibers and gelatin content significantly alter the results of tension tests. The rupture tension increased proportionally to the content of plant fibers. Stretching also increased to the gelatin content, not suffering significant changes in relation to the content of vegetal fibers.

**Keywords:** Vegetal fibers; Gelatin; Composites; Waste.

<sup>1</sup> *Farmacêutico Generalista. Aluno de Mestrado. Sessão de Engenharia Mecânica e de Materiais. Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalúrgico. PhD. Professor Voluntário. Sessão de Engenharia Mecânica e de Materiais. Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

O interesse pelos compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais deve-se principalmente à preocupação ambiental e também às vantagens de seu uso tais como: baixa densidade, abundância, leveza, boas propriedades mecânicas, entre outros [4]. Teoricamente, esses compósitos são materiais que possuem dois ou mais constituintes físicos distintos, separados por uma interface. O segundo constituinte está disperso na matriz e é citado como uma fase de reforço [6].

Embora existam diversos tipos de compósitos poliméricos, os mais comumente utilizados são aqueles em que a matriz é constituída por polímeros sintéticos e a fase de reforço por fibras de vidro, carbono ou naturais. Como o Brasil tem sua economia baseada na agricultura, uma vasta quantidade de diversas fibras vegetais é produzida durante todos os anos tais como: fibras da bananeira, cana-de-açúcar, arroz (em casca), e são utilizadas em pesquisas como fase de reforço [3].

Uma importante característica dos compósitos reforçados com fibras naturais é o seu efeito sinérgico observado no sistema, onde as propriedades finais são uma mistura melhorada das propriedades individuais dos componentes ali presentes. Entretanto, uma das suas grandes limitações deve-se à grande absorção de umidade [5]. Dependendo de sua aplicação, o estudo do comportamento de absorção de umidade deste material é fundamental, principalmente quando essa absorção vem combinada com outros fatores tais como radiação solar, poluição e cargas estáticas que contribuem para a degradação acelerada do compósito.

A gelatina é uma macromolécula obtida da desnaturação térmica ou da degradação física e química do colágeno. O processo ocorre pela ruptura de ligações covalentes a cerca de 40 °C e formam géis físicos termoreversíveis por arrefecimento, de acordo com as suas propriedades de gelificação. Durante a gelificação as cadeias desordenadas tendem a recuperar a estrutura de tripla hélice do colágeno [7, 8]. A gelatina tem diversas aplicações em setores farmacêuticos e médicos tais como selantes para próteses vasculares e ferimentos, produção de formas farmacêuticas tais como as cápsulas gelatinosas, duras ou moles, que acondicionam o medicamento até sua chegada ao correto compartimento de liberação da droga [9].

Algumas das diversas aplicações da gelatina são atribuídas a facilidade de se manipular suas propriedades físico-químicas adequadamente para o que se deseja [9]. Além disso, como um biomaterial, a gelatina apresenta diversos atrativos: é um polímero natural, pode ser completamente reabsorvida in vivo e, como já dito, suas propriedades físico-químicas são passíveis de modulação [7].

A principal propriedade da gelatina explorada neste trabalho é sua capacidade de formação de gel, ou gelificação que envolve a renaturação da estrutura, partindo de seu estado desordenado até a formação das estruturas de tripla hélice. Esta renaturação da tripla hélice age como junções na formação da rede tridimensional [8] que serviu de suporte às fibras vegetais que foram incorporadas à matriz polimérica como fase de reforço para o biomaterial.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos de madeira foram obtidos em madeiras e, em seguida, moídos em um moinho de facas e martelo. Esta serragem foi padronizada em uma peneira com abertura de 0,355 milímetros.

A gelatina bovina foi gelatinizada em banho-maria a 70°C e, após a obtenção da solução coloidal, as fibras e os demais excipientes foram incorporadas à matriz polimérica.

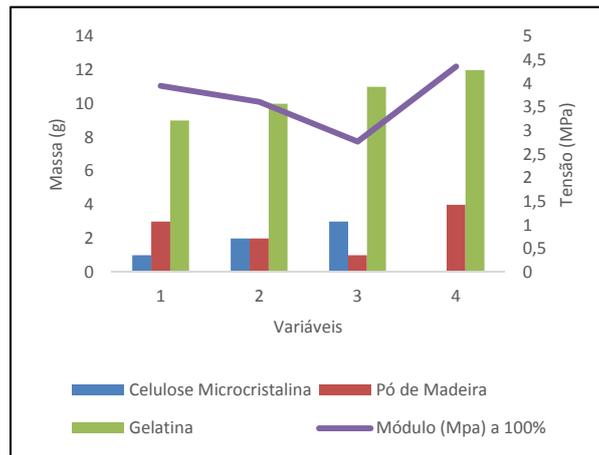
A solução coloidal foi vertida em moldes pelo método de “*casting*”. Após a secagem os filmes foram armazenados e enviados para análise. Os corpos de prova foram elaborados pelo Laboratório de Polímeros da Universidade de Caxias do Sul - LPOL - através do processo de prensagem e corte, sendo mantidos durante 30 horas, segundo a norma ASTM D618 de 2008, no ambiente de ensaio. O ensaio de tração foi conduzido conforme a ASTM D412 para elastômeros.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

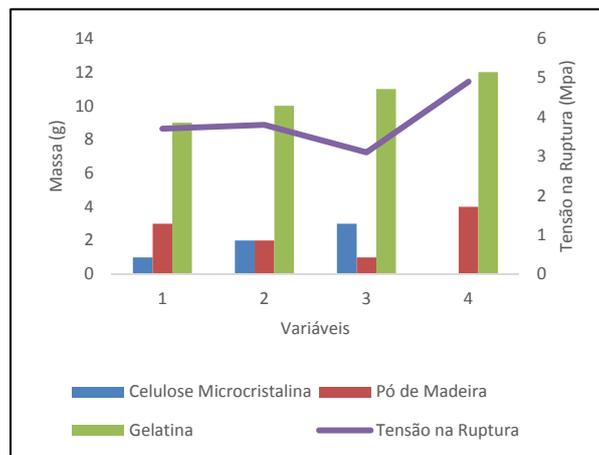
Conforme esboçado nas figuras 1 e 2, o acréscimo da celulose microcristalina em nada altera os resultados do módulo de tensão a 100% de deformação, tampouco na tensão de ruptura. Segundo Ramires [2], no ensaio de tração, a celulose microcristalina atua pouco significativamente em virtude do comprimento de suas fibrilas. A estrutura fibrosa é fator importante na ação de reforço e como a celulose microcristalina corresponde a uma mistura de microfibrilas fragmentadas e não possui estrutura fibrosa, pouco interfere no acréscimo de propriedades mecânicas de tração.

Entretanto, como a celulose microcristalina possui alta cristalinidade, origina materiais com alto módulo de armazenamento e, portanto, com maior rigidez, uma vez que sua alta cristalinidade pode atuar como um entrecruzador físico de ligações. Em compósitos reforçados por fibras muito curtas existe um comprimento crítico necessário para que a transferência de tensões da matriz para as fibras possa ser alcançada [6]. Como no compósito existe uma mistura de fibras vegetais e microfibrilas de celulose microcristalina é natural que a resistência desse compósito aumente com o aumento do teor das fibras vegetais, independente do aumento do teor de celulose microcristalina.

Embora exista um comprimento crítico de fibras e que o compósito tenha sua resistência melhorada com o acréscimo de fibras vegetais, existe um momento em que a resistência não mais acompanha o comprimento e o teor de fibras vegetais. Isso acontece, pois ocorre um emaranhamento de fibras com maiores teores e comprimentos reduzindo seu comprimento efetivo e, conseqüentemente, fazendo com que haja uma interação fibra-fibra e uma redução drástica na resistência à tração do material [1].



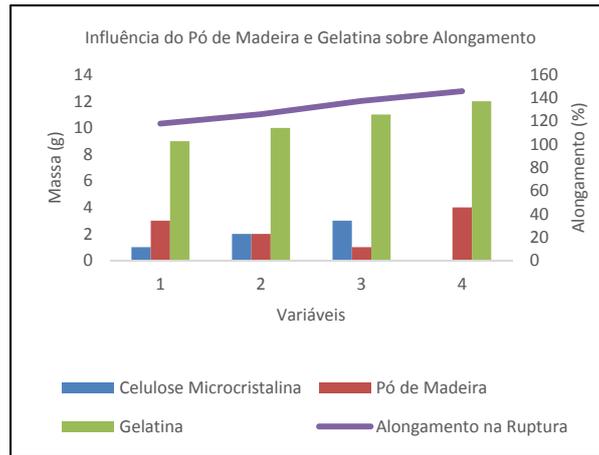
**Figura 1.** Influência da celulose microcristalina no módulo de tensão a 100% de deformação



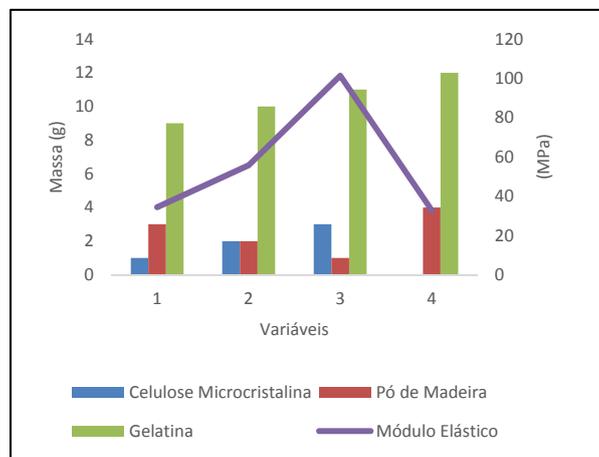
**Figura 2.** Influência da celulose microcristalina na tensão de ruptura

De acordo com a figura 3, é possível notar que o alongamento do material é totalmente dependente à variação da proporção de pó de madeira na matriz do compósito. Segundo Joseph *et al.* [1] o alongamento na ruptura aumenta com o teor de fibras, o que é tido como indicativo de uma redução na rigidez da matriz com a adição do pó de madeira. Na medida em que o alongamento e a resistência dos compósitos aumentam com o teor de fibras, pode-se esperar um aumento nas propriedades de impacto do material reforçado com fibras vegetais.

O módulo de elasticidade respondeu de forma inversamente proporcional ao aumento do teor de fibras vegetais, conforme mostra a figura 4. A resistência de tensão à ruptura aumentou 63% em relação ao compósito com a resistência mais baixa devido ao aumento do teor de fibras, ao passo que o alongamento também aumentou 28% em relação ao menor alongamento. O módulo de elasticidade teria um ganho efetivo apenas se o alongamento não variasse tanto com a variação do teor de fibras e matriz. Então, é de se esperar uma diminuição drástica no módulo de elasticidade. Como dito anteriormente, o alongamento na ruptura aumenta com o teor de fibras assim como a sua resistência a tração. O aumento da resistência à tração e do alongamento do material, porém, não na mesma proporção, faz com que haja uma diminuição de seu módulo elástico.



**Figura 3.** Influência do teor de pó de madeira e de gelatina sobre o alongamento na ruptura



**Figura 4.** Influência do teor de pó de madeira e de gelatina sobre o módulo de elasticidade

## 4 CONCLUSÃO

A adição de celulose microcristalina não alterou significativamente os resultados dos ensaios de tração.

A variação do teor de fibras vegetais e gelatina alterou significativamente os resultados dos ensaios de tração. A tensão de ruptura aumentou proporcionalmente ao aumento do teor de fibras vegetais. O alongamento também aumentou proporcionalmente ao aumento do teor de gelatina, não sofrendo variações significativas em relação à variação do teor de fibras vegetais.

O módulo de elasticidade tende a diminuir ao passo em que o teor de fibras vegetais e gelatina aumenta devido a um aumento da resistência à tração paralelo a um maior alongamento na ruptura.

Estudos de planejamento e otimização de experimentos devem ser feitos para se estipular a região onde as melhores propriedades mecânicas sejam obtidas com a combinação exata entre os teores das variáveis.

## Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem à Capes e ao CNPq pelo apoio financeiro concedido para a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- 1 Joseph, K.; Medeiros, E. S.; Carvalho, L. H. Compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras curtas de sisal. *Polímeros: ciência e tecnologia*. 1999. Pág. 136 – 141.
- 2 Ramires, E. C. Biocompósitos a partir de matrizes poliméricas baseadas em lignina, tanino e glicolal reforçadas com fibras naturais. Tese de doutorado. Instituto de Química. Universidade de São Paulo. 2010.
- 3 Silva, R.; Haraguchi, S. K.; Muniz, E. C.; Rubira, A. F. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. *Química Nova*. Vol. 32. 2009.
- 4 Pan, Y.; Zhong, Z. A micromechanical model for the mechanical degradation of natural fiber reinforced composites induced by moisture absorption. *Mechanics of Materials*. Vol. 85. Pág. 7 - 15. 2015.
- 5 Merkel, K.; Rydarowski, H.; Kazimierczak, J.; Bloda, A. Processing and characterization of reinforced polyethylene composites made with lignocellulosic fibres isolated from waste plant biomass such as hemp. *Composites: Part B*. Vol. 67. Pág. 138–144. 2014
- 6 Callister Jr, W. D.; Rethwisch, D. G. Materials science and engineering: an introduction. 8º ed. Editora LTC. 2012.
- 7 Bigi, A.; Bracci, B.; Cojazzi, G.; Panzavolta, S.; Roveri, N. Drawn gelatin films with improved mechanical properties. *Biomaterials*. Vol. 19. Pág. 2335 - 2340. 1998.
- 8 Bigi, A.; Cojazzi, G.; Panzavolta, S.; Rubini, K.; Roveri, N. Mechanical and thermal properties of gelatin films at different degrees of glutaraldehyde crosslinking. *Biomaterials*. Vol. 22. Pág. 763 – 768. 2001.
- 9 Midorikawa, T.; Lawal, O. S.; Sasaki, Y.; Fukae, R. Structure and Physical Properties of Gelatin Fibers Prepared by Gel-Spinning in Ethylene Glycol. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 125. Pág. 332 – 338. 2012. DOI 10.1002/app.36963.