

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281712204>

# ESTUDO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO DE RESINA EPÓXI DGEBA AVALIADO POR TESTE DE TRAÇÃO

Conference Paper · October 2011

CITATIONS

0

READS

105

4 authors, including:



**Luciano Peske Ceron**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

93 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Natalia Lopes**

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

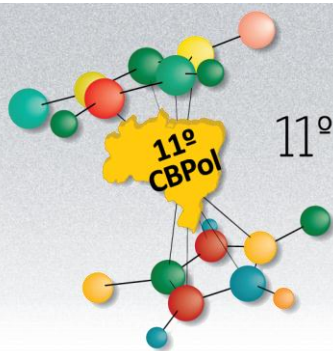
12 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Modelos de filtração em meios filtrantes [View project](#)



# 11º CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS

16 a 20 de Outubro de 2011  
Campos do Jordão - SP

## ESTUDO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO DE RESINA EPÓXI DGEBA AVALIADO POR TESTE DE TRAÇÃO.

Luciano P. Ceron<sup>1\*</sup>, Sandra Einloft<sup>1,2</sup>, Rosane A. Ligabue<sup>1,2</sup>, Natália F. Lopes<sup>1</sup>

1\* - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais - PGETEMA, Porto Alegre - RS - [ceron.luciano@gmail.com](mailto:ceron.luciano@gmail.com)

2 - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, Faculdade de Química, Porto Alegre - RS

**Resumo:** Este trabalho foi direcionado para a análise dos efeitos da umidade e envelhecimento na resistência à tração em resina DGEBA e um agente de cura misto (90:10 poliaminoamida:amina). Foram investigadas várias formulações de misturas para observar o comportamento da resina epóxi para aplicação em filtros cartuchos em processos de filtração de particulados.

**Palavras-chave:** Resina Epóxi DGEBA, Agente de Cura, Umidade.

### *Accelerated aging studies in epoxy resin DGEBA rated by tensile test.*

**Abstract:** This work focused the analysis the effects of humidity and aging on the tensile test of DGEBA resin and curing is agent mixture (90:10 polyaminoamide:amine). We investigated several formulations of mixtures to observe the behavior of epoxy resin for application in cartridge filters in filtration process of particulates.

**Keywords:** DGEBA Epoxy, Curing Agent, Humidity.

## Introdução

As resinas epóxis são usadas em vários setores, nomeadamente na aeronáutica, nos transportes, na indústria química, no setor energético e na construção civil. A sua baixa massa volumétrica, associada às suas excelentes propriedades mecânicas e químicas, bem como à relativa facilidade de produção de peças tornam os epóxis uma excelente alternativa para muitos fins. Por esta razão, grande interesse tem sido concentrado sobre o efeito da exposição destas resinas a condições de umidade e principalmente a elevadas temperaturas, onde a degradação do polímero é acelerada [1].

Os polímeros termorrígidos, entre os quais se incluem a resina epoxídica diglicidil éter de bisferol-A, são susceptíveis de envelhecimento físico. O envelhecimento físico é a evolução da estrutura molecular do polímero em direção ao equilíbrio termodinâmico, a qual acarreta alterações nas propriedades físicas e mecânicas ao longo do tempo [2]. As alterações físicas associadas à absorção de água são a plastificação e a dilatação higroscópica da rede molecular do polímero. A plastificação é consequência do maior volume livre da mistura polímero/água relativamente ao polímero isolado [3-4]. A afinidade da resina DGEBA pela água é mais importante que o tamanho e a quantidade de volume livre na resina [5-6].

O comportamento de absorção de água nos materiais epóxis pode ser descritos pela lei de Fick, principalmente em ensaios de baixas temperaturas. A Fig. 1 apresenta a um gráfico que segue o

modelo de difusão de Fick. A curva apresenta uma região linear, que cresce gradativamente. Com o passar do tempo a curva alcança o nível de saturação, a qual se mantém constante com o decorrer do tempo [5-7].

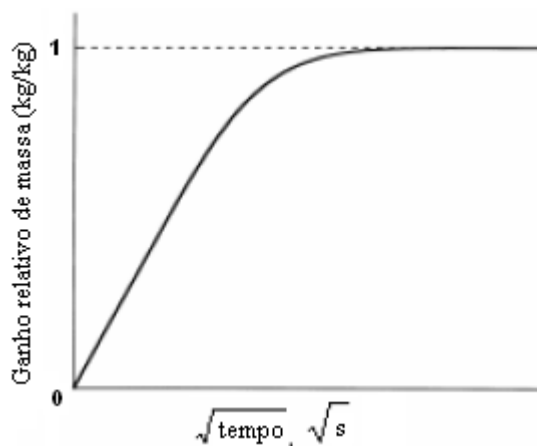


Figura 1 - Modelo Fickiano para absorção de água de matrizes epóxis.

A exposição dos polímeros aos fatores ambientais, nomeadamente à umidade, dá origem a alterações moleculares que se manifestam nas propriedades mecânicas do epóxi. Estas alterações podem ser de natureza química e física, dependendo da forma como afetam ou não a identidade das macromoléculas [8]. O teste de tração fornece dados de tensão-deformação, bem como o módulo de elasticidade (E), que podem quantificar propriedades mecânicas importantes de uma resina epóxi [9-10].

O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento de absorção de água e envelhecimento nas diversas formulações de misturas de epóxi DGEBA, avaliadas por teste de tração.

## Experimental

Previamente foram preparados cinco diferentes razões entre resina DGEBA e agente de cura (90:10 poliaminoamida:amida), variando de 30% a 70% em peso. Foram usados quatro corpos de prova para cada composição em condições de temperatura e umidade ambiente ( $25\pm 5^{\circ}\text{C}$  e  $80\pm 10\%$ ).

O teste de envelhecimento da resina epóxi em estudo foi realizado no Laboratório de Organometálicos e Resinas da PUCRS, por imersão das amostras em água destilada à  $60^{\circ}\text{C}$ , sob pressão atmosférica, num período máximo de 64 dias. Os ensaios foram realizados em um banho-maria da marca Biomatic, modelo 387, de acordo com a metodologia descrita na norma ASTM D 5229-01 - Método de teste padrão para propriedades de absorção de umidade e condicionamento de equilíbrio de materiais poliméricos. Os ensaios de tração foram realizados no laboratório da Renner Têxtil em máquina universal de ensaios Frank modelo 81565 IV, com célula de carga com capacidade de 10 kN e velocidade de 1 mm/min de acordo com a norma ASTM D638.

## Resultados e Discussão

Os resultados do ensaio de envelhecimento para avaliar o ganho de água (%) em função do tempo (dias) são apresentados na Tabela 1. A mistura da resina epóxi é identificada pelo percentual do agente de cura no polímero. Na Fig. 2 observa-se que no início para todas as curvas, existe uma relação praticamente linear que é alcançada no final do primeiro dia. Após ocorre uma fase pseudo-equilíbrio, aproximadamente entre primeiro e o sétimo dia de imersão.

Tabela 1 - Resultados do teste de envelhecimento.

Imersão (dias)	Imersão ( $\sqrt{\text{dias}}$ )	Ganho de Massa (%)				
		30%	40%	50%	60%	70%
1	1,00	0,267±0,009	0,588±0,011	0,398±0,008	0,845±0,019	1,750±0,021
7	2,64	0,330±0,016	0,646±0,021	0,485±0,009	0,958±0,031	2,350±0,027
14	3,74	0,334±0,021	0,688±0,017	0,487±0,011	1,062±0,029	2,401±0,039
21	4,58	0,335±0,015	0,700±0,009	0,484±0,017	1,098±0,030	2,445±0,041
28	5,29	0,353±0,011	0,760±0,022	0,517±0,021	1,189±0,028	2,636±0,031
35	5,92	0,371±0,023	0,803±0,025	0,524±0,016	1,216±0,036	2,830±0,041
42	6,48	0,386±0,021	0,934±0,017	0,525±0,018	1,214±0,032	3,048±0,039
49	7,00	0,417±0,022	0,983±0,019	0,568±0,021	1,273±0,026	3,285±0,040
56	7,48	0,420±0,017	1,004±0,028	0,567±0,025	1,341±0,031	3,529±0,051
64	8,00	0,421±0,024	1,004±0,021	0,568±0,027	1,341±0,021	3,530±0,037

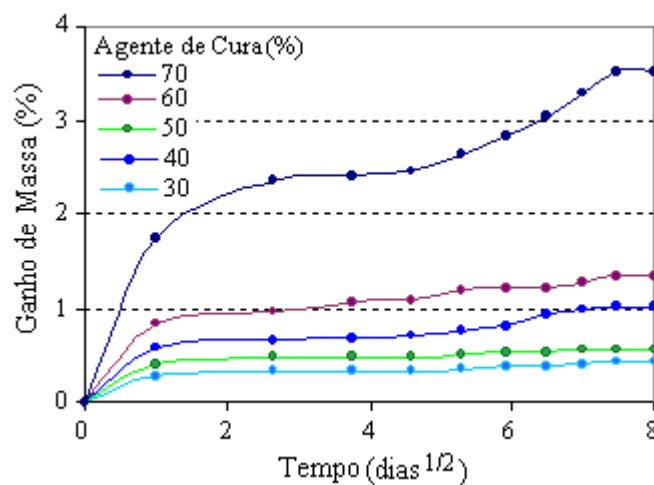


Figura 2 - Curva de ganho de massa em função da raiz quadrada do tempo de imersão.

Conforme o aumento do percentual de agente de cura no epóxi ocorreu o escurecimento gradativo nos corpos de prova após o teste de envelhecimento (Fig. 3). As amostras após 35 e 64 dias, apresentaram respectivamente aumento de massa de 2,83% e 3,53% para as composições com 70% de agente de cura (mais escura). As diferentes configurações geométricas espaciais na molécula do epóxi com maiores percentuais de reticulador resultam em uma estrutura mais aberta, favorecendo a absorção de umidade dentro dos interstícios da estrutura molecular e acelerando a degradação do agente de cura [6-11-12].

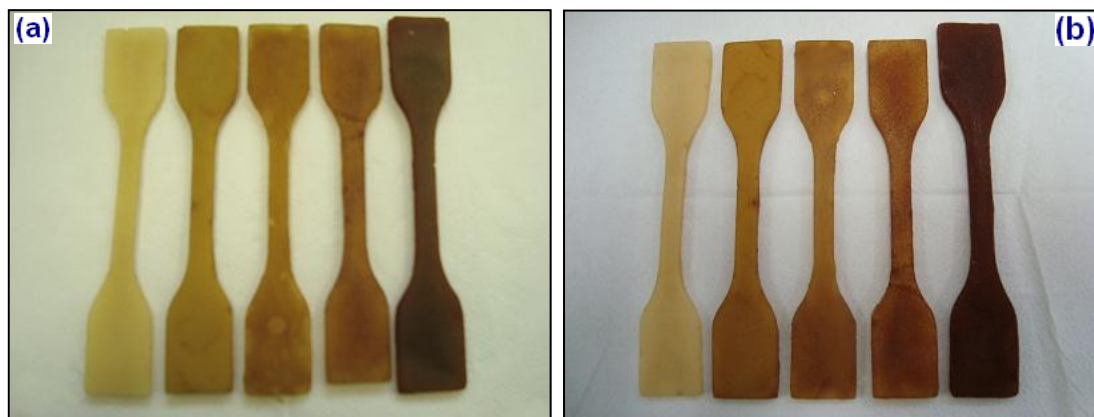


Figura 3 - Amostras após envelhecimento com 30%, 40%, 50%, 60% e 70% agente de cura: (a) 35 dias; (b) 64 dias.

A Tabela 2 mostra os resultados do teste de tração realizados nos corpos de prova submetidos após os 64 dias do teste de envelhecimento. Os melhores resultados de tensão na ruptura foram obtidos com a formulação com 50% de agente de cura.

Tabela 2 - Propriedades mecânicas após 64 dias do teste de envelhecimento.

Agente de cura (%)	Resistência à tração (MPa)	Alongamento na ruptura (%)	Módulo elástico (GPa)
70	17,34 ± 0,42	0,33 ± 0,08	2,01 ± 0,13
60	29,07 ± 1,21	1,78 ± 0,11	1,94 ± 0,11
50	44,45 ± 1,02	1,15 ± 0,10	3,30 ± 0,16
40	20,45 ± 0,96	22,41 ± 2,09	0,23 ± 0,05
30	2,26 ± 0,12	35,71 ± 4,68	0,12 ± 0,03

A Fig. 4 compara as propriedades mecânicas após os 64 dias do teste de envelhecimento com as condições normais de preparo ( $25\pm 5^{\circ}\text{C}$  e  $80\pm 10\%$ ). Verifica-se que estão muito próximas nas formulações com 30% e 40% de agente de cura, embora com resultados inferiores. A partir de 50% de agente de cura as diferenças ficam mais significativas, principalmente na curva de tensão na ruptura com 17,8% de redução, chegando a 51,0% menor com 70% de agente de cura.

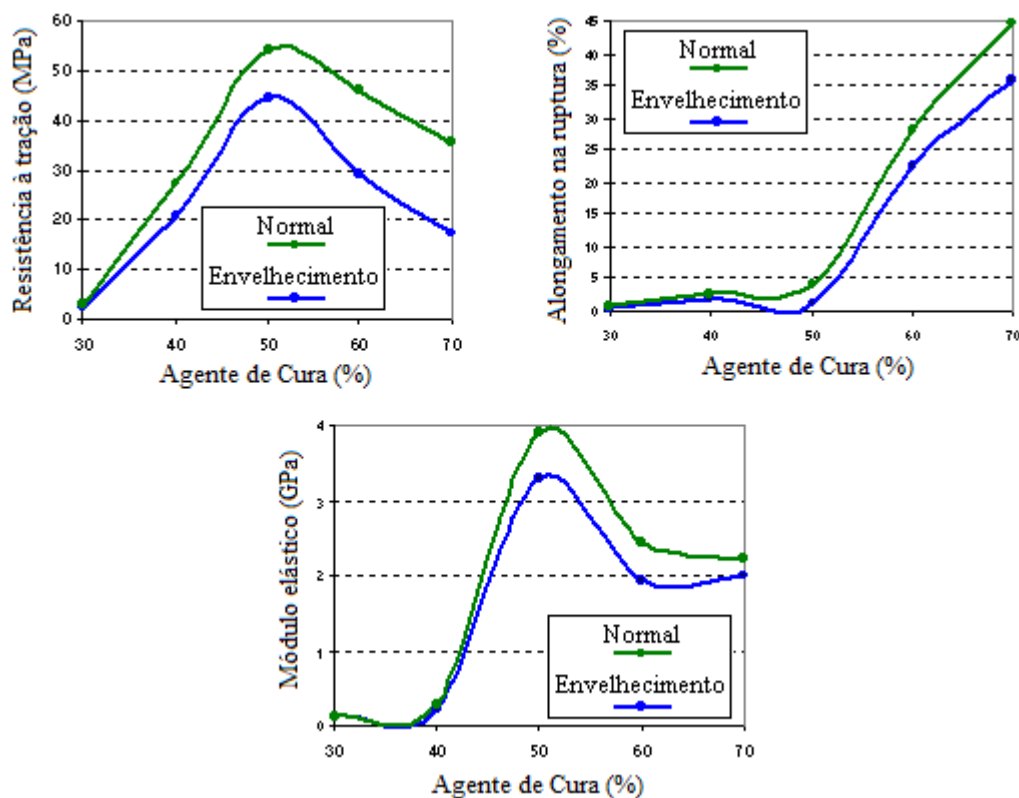


Figura 4 - Resultados do envelhecimento comparados com o preparo em condições normais.

## Conclusões

As formulações apresentaram estabilização de absorção de água após 56 dias no teste de envelhecimento.

As composições com 30%, 40%, 50% e 60% de agente de cura apresentaram comportamento de absorção fickiana e estabilização após o sétimo dia do teste. A composição com 70% apresentou comportamento não fickiana, com formato em “S”.

Os resultados demonstram que o epóxi preparado com 50% de agente de cura apresentou os melhores resultados de tensão e módulo de elasticidade na ruptura.

## Referências Bibliográficas

1. J. A. P. Cunha; M. L. Costa; M. C. Rezende *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. 2006, 16, 193.
2. H. Hu; C. T. Sun *Journal of Composite Materials*. 2003, 37, 913.
3. R. D. Bradshaw; L. C. Brison *Polymer Engineering and Science*. 1997, 37, 31.
4. M. K. Antoon; J. L. Koenig *Macromol Sci*. 1980, 19, 135.
5. S. Y. Zhang; Y. F. Ding; S. J. Li; X. W. Luo; W. F. Zhou *Corrosion Science*. 2002, 44, 861.
6. L. L. Sobrinho, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
7. J. L. Queiroz, Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009.
8. J. L. Morais, Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1998.
9. J. M. F. Paiva; S. Mayer; M. C. Rezende *Materials Research*. 2006, 9, 83.
10. J. F. Shackelford in *Introduction to materials science for engineers*, Pearson Prentice, Ed.; New York, 2008, Vol. 7.
11. B. Dé Neve; M. E. R. Shanahan *Polymer*. 1993, 34, 5099.
12. I. Merdas; F. Thominet; A. Tharkhtchi; J. Verdu *Composites Science and Technology*. 2002, 62, 487.