

POLIURETANOS BASEADOS EM ÓLEO DE MAMONA

Heliberto José Limberger¹
Cláudia Mendes Mählmann²
Adriane Lawisch Rodríguez³
Rosana de Cássia de Souza Schneider⁴

RESUMO

Neste trabalho de revisão foram apresentadas as principais características do óleo de mamona e de poliuretanos (PUs) obtidos a partir deste, descrevendo os métodos de síntese e obtenção empregados. Buscou-se reunir informações sobre novas tendências na área, bem como possíveis aplicações para este tipo de polímero considerando as diferentes propriedades que pode apresentar. PUs obtidos a partir de óleo de mamona podem ser aplicados nas áreas de construção civil, medicina, de materiais e de adesivos, apresentando a vantagem de serem oriundos de fonte renovável e muitas vezes serem biodegradáveis.

Palavras-chave: Óleo de mamona. Poliuretanos. Propriedades. Aplicações.

ABSTRACT

In this review was presented the main characteristics of castor oil and polyurethanes (PUs) obtained from this, describing the methods of synthesis and obtaining employed. It was attempted to assemble information on new trends in the area, as well as possible applications for this type of polymer considering the different properties that can be presented. PUs obtained from castor oil can be applied in the areas of construction, medicine, materials and adhesives, with the advantage of being derived from renewable resources and are biodegradable often.

Keywords: Castor Oil. Polyurethanes. Properties. Applications.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação mundial em relação à preservação do meio ambiente tem gerado a busca constante por produtos e materiais renováveis, degradáveis ou parcialmente degradáveis, bem como oriundos de fontes renováveis. Uma das alternativas encontradas é a utilização de materiais diferenciados, nas mais diversas áreas. Em polímeros, um dos pontos abordados é a utilização de matéria-prima oriunda de fontes vegetais e, para o desenvolvimento de poliuretanos, uma das alternativas estudadas é a substituição de glicóis sintéticos por naturais, como o óleo de mamona (ESPINOSA, 2011).

¹ Acadêmico do sétimo semestre do Curso de Química Industrial pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) e bolsista PUIC/UNISC. <heliberto.limberger@hotmail.com>

² Mestre em Ciências – Área de concentração em Física, vinculada ao Departamento de Química e Física da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). <mclaudia@unisc.br>

³ Doutora em Engenharia, vinculada ao Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). <adriane@unisc.br>

⁴ Doutora em Química, vinculada ao Departamento de Química e Física da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). <rosana@unisc.br>

Os poliuretanos, também conhecidos pela abreviação PU, são polímeros termoplásticos ou termorrígidos que possuem uma ampla gama de aplicações em diversas áreas como, por exemplo, na utilização em impermeabilizações de piscinas, produção de espumas flexíveis, adesivos e até na reconstituição óssea do corpo humano.

Na produção de poliuretanos são usados, no mínimo, dois componentes, que, quando combinados, reagem entre si dando origem ao grupamento uretano. Para que se consigam as características desejadas normalmente, um desses componentes é modificado em relação às proporções utilizadas.

Tendo em vista a utilização de poliuretano produzido com matéria-prima renovável para diversas aplicações, neste artigo optou-se pela apresentação de uma revisão teórica abordando assuntos sobre óleo de mamona, poliuretanos, métodos de síntese e caracterização e aplicações. Além disso, o seu caráter sustentável e as pesquisas descritas na literatura mostram um melhor desempenho do óleo de mamona em relação a outros óleos, demonstrando assim, a importância deste óleo para o desenvolvimento de polímeros ambientalmente corretos.

2 ÓLEO DE MAMONA

A cultura da mamona é de grande importância para a economia e para o ecossistema. Por ser uma cultura resistente à seca, pode ser cultivada em regiões semiáridas, impulsionando a economia local, fixando mão de obra e gerando emprego. No Brasil, o óleo da mamona (*Ricinus communis* L.) é conhecido desde o período colonial por ser utilizado para lubrificar os engenhos de cana de açúcar.

Com o incremento das tecnologias, o óleo começou a receber maior importância econômica, fato este demonstrado pela retomada ao cultivo desta planta (BRIGHAM, 2001; HOLANDA, 2004). Além disso, a possibilidade de utilizar subprodutos do óleo de rícino traz um ganho para a sociedade, na medida em que estes substituem os subprodutos do petróleo. Da semente, obtém-se o óleo responsável por grande parte das aplicações da mamona e este corresponde a cerca de 48,6% (m/m) do total da semente, como apresentado na Tabela 1.

Industrialmente, o óleo de rícino pode ser extraído da semente completa ou da baga (semente mecanicamente descascada). O método utilizado para extrair o óleo pode ser prensagem, a frio ou a quente, ou extração por solvente. A semente passa por uma pré-limpeza e segue para o aquecimento de vários estágios, em um cozinhador ou chaleira. Após a prensagem, o extrato obtido é aquecido com água ou vapor d'água, chegando a elevar a

umidade a 45%. A borra obtida na degomagem é misturada à torta que vai à extração por solvente, de onde se obtêm o óleo final e o farelo.

Tabela 1 - Composição química média das sementes de mamona

Composição química	% (m/m)
Óleo	48,6
Água	5,5
Proteínas	17,9
Carboidratos	13,0
Fibras	12,5
Cinzas	2,5

Fonte: JUNIOR, 1986.

O óleo obtido da prensagem, então, é clarificado com adsorventes e seco. Nesta operação é misturado com o óleo proveniente da extração por solvente. Todas as terras utilizadas na clarificação, com cerca de 30% de óleo, seguem com a torta para a extração por solvente (ABOISSA, 2000).

Já para a extração do óleo industrial utiliza-se, de preferência, a prensagem a quente das sementes completas, obtendo-se um óleo límpido, brilhante, que pode ter, no máximo, 1% de acidez e 0,5% de impurezas e umidade depois de refinado. O teor de óleo extraído pode variar em uma faixa de 35 a 55% (COSTA, 1994).

O óleo de rícino pode ser empregado como substituto de derivados do petróleo, em tintas, em matéria-prima para fabricação de poliamida, poliuretanos, poliacrilatos, poliésteres, entre outras aplicações industriais (GARRET, 1973; ACHAYA, 1971; OTHOMER, 1978; BELGACEM, 2008; GÜNER, 2006; SHARMA, 2008; SHARMA, 2006).

Além disso, o óleo de elevada qualidade é muito utilizado na fabricação de cosméticos (COSTA, 1994). Também é muito usado por apresentar características como a viscosidade elevada, que o torna superior aos outros óleos.

No geral, o óleo obtido da semente de mamona é um líquido espesso, muito viscoso, cuja cor varia de incolor ao amarelo-escuro, com cheiro e sabor variados, algumas vezes muito desagradável e nauseoso (COSTA, 1994; BELGACEM, 2008). Este óleo vegetal é solúvel em solventes orgânicos como clorofórmio, éter e álcool etílico absoluto, mas insolúvel em hidrocarbonetos alifáticos, como no éter de petróleo e vaselina líquida. Os índices físicos e químicos que caracterizam o óleo de rícino são apresentados na Tabela 2.

Os índices deste óleo poderão depender da variedade e das condições de manejo da cultura. Pode ocorrer rancidez, sendo que o índice de acidez (IA) deve ser inferior a 4.

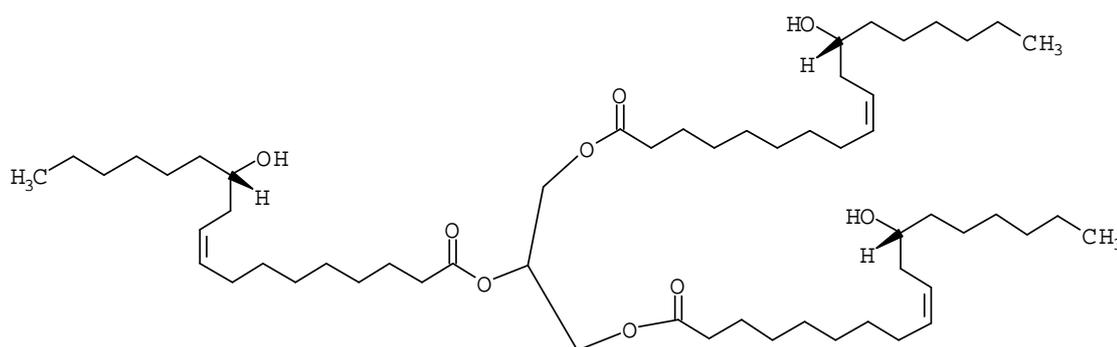
Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos do óleo de rícino

Índices analíticos	Limites extremos
Peso específico	0,945 – 0,965 g mL ⁻¹
Viscosidade (20°C)	935 – 1033 cP
Índice de saponificação (I. S.)	176 – 187 mg KOH g ⁻¹
Índice de iodo (I. I.)	80 – 91 g I ₂ 10 ⁻² g ⁻¹
Índice de refração	1,477 – 1,478
Índice de hidroxilas	150 – 170 mg KOH g ⁻¹
Índice de acidez (I. A.)	<4 mg KOH g ⁻¹
Índice de insaponificáveis	0,82 – 0,86 %

Fonte: COSTA, 1994; BELGACEM, 2008.

O principal constituinte deste óleo é o triacilglicerol do ácido ricinoléico, denominado triricinoleína (Figura 1). O ácido ricinoléico (12-OH 9-C18:1)⁵ é um ácido graxo incomum, que apresenta 18 carbonos, com uma insaturação *cis* no C₉ e uma hidroxila no C₁₂. Além do ácido ricinoléico, também são encontrados: o ácido esteárico (C18:0), oléico (9-C18:1), linoléico (9,12-C18:2), linolênico (9, 12, 15-C18:3), palmítico (C16:0) e, segundo alguns autores, o diidroxiesteárico (9, 12 - OH C18:0), apresentados na Tabela 3.

Nos óleos em geral, os triacilgliceróis correspondem a 98% e podem ser separados nas fases saponificáveis dos óleos. Os 2% remanescentes correspondem aos componentes insaponificáveis, também denominados minoritários.

Figura 1 - Fórmula estrutural da triricinoleína

⁵ Representação simbólica empregada em GUNSTONE, F. D.; HAMILTON, R. J. *Oleochemical manufacture and applications* Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.

Tabela 3 - Composição de ácidos graxos presentes no óleo de rícino

Referência	Ácidos graxos (%)					
	Achaya et al	Payne	Lakshminarayana	Onosendai	Index Merck	Ramos
Ácido Graxo						
Ricinoléico	87,7-90,4	86-92	89,2±0,80	89,5	87,0	88,3±0,24
Linolênico	0,5-0,7	-	0,59± 0,24	0,3	-	0,57±0,02
Linoléico	4,1-4,7	3-6	3,36± 0,32	4,2	3,0	4,54± 0,10
Oléico	2,0-3,3	tr-8,5	3,07± 0,39	3,0	7,0	4,22± 0,11
Esteárico	0,7-1,0	1-2	1,03± 0,09	1,0	1,0	0,96± 0,04
Palmítico	0,8-1,1	1-2	0,98± 0,13	1,0	2,0	1,28± 0,04
Diidroxiesteárico	0,6-1,1	-	0,66± 0,10	0,7	-	-

Fonte: adaptado de ACHAYA, 1964; PAYNE, 1954; LAKSHMINARAYANA, 1984, THE MERCK INDEX, 1989; RAMOS, 1984; BELGACEM, 2008.

3 POLIURETANOS

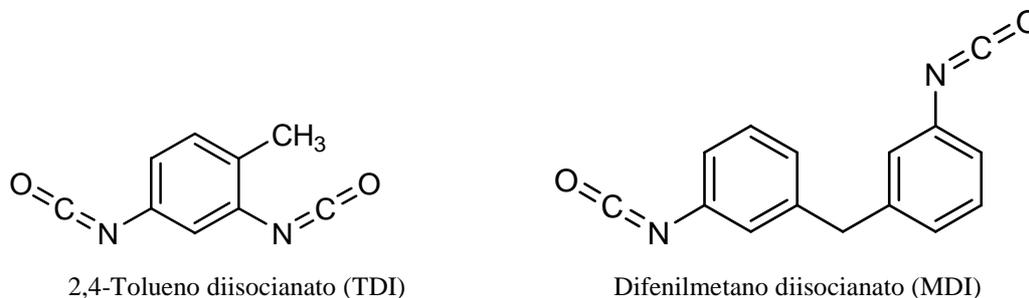
Os poliuretanos fazem parte de uma classe de polímeros que podem apresentar características termoplásticas ou termorrígidas. Eles exibem excelentes propriedades mecânicas e físicas, de alto desgaste e resistência e boa compatibilidade a tecidos; por esta razão, eles são amplamente utilizados para aplicações médicas (MADRA, 2009).

Os poliuretanos constituem uma grande classe de polímeros que possuem somente um aspecto em comum: a presença do grupo uretânico (-NHCO-O-). O grupo uretânico (carbamato) é usualmente formado através da reação entre grupos isocianato e hidroxila. Os poliuretanos apresentam uma considerável gama de propriedades mecânicas, o que resulta em várias finalidades de uso. O maior problema dos poliuretanos é sua pobre resistência ao calor. Em temperaturas superiores a 80°C as propriedades mecânicas podem ser perdidas e a degradação térmica ocorre em temperaturas maiores que 200°C (MEHDIPOUR, 2003).

Na Figura 2 são apresentadas as estruturas químicas dos isocianatos comerciais mais utilizados, sendo que, geralmente, o tolueno diisocianato (TDI) é utilizado na obtenção de PU

flexíveis e o difenilmetano diisocianato (MDI) para produzir polímeros rígidos (THOMSON, 2005).

Figura 2- Diisocianatos comerciais mais comuns



Fonte: THOMSON, 2005.

Como uma regra geral, os isocianatos são os segmentos duros que conferem rigidez ao polímero e o poliálcool forma o segmento que confere a flexibilidade ao material. Diversos tipos de poliíisocianatos são encontrados no mercado mundial. Os mais consumidos industrialmente são os poliíisocianatos poliéteres, seguidos dos poliíisocianatos poliésteres (VILLAR, 2010).

Nos PUs a maioria das reações dos isocianatos ocorre através da adição à dupla ligação C=N. Um centro nucleofílico contendo um átomo de hidrogênio ativo ataca o carbono eletrofílico e o átomo de hidrogênio ativo é, então, adicionado ao nitrogênio. Grupos aceptores de elétrons, ligados ao grupamento NCO, aumentam sua reatividade e os doadores a reduzem, e por isso, os isocianatos aromáticos são mais reativos do que os alifáticos. A ocorrência de impedimento estérico tanto no grupo isocianato, quanto no composto com hidrogênio ativo, provocam diminuição na reatividade (VILLAR, 2010).

Os PUs podem ser obtidos por processos em uma etapa, no qual todas as matérias-primas são misturadas simultaneamente; ou em duas etapas, em que se faz a reação prévia do poliálcool, normalmente com excesso de isocianato, formando um pré-polímero com terminação NCO. O teor de NCO livre do pré-polímero é dado pela relação isocianato/poliálcool (NCO/OH) utilizada. Na segunda etapa do processo ocorre a formação dos poliuretanos e poliuretanos/ureias de alto peso molecular pela reação dos pré-polímeros terminados em NCO com dióis, diaminas, ou umidade do ar; ou com os agentes de cura mais o restante do poliálcool (VILLAR, 2010; THOMSON, 2005).

Como extensores de cadeia, normalmente são utilizadas substâncias difuncionais, como glicóis no caso dos PUs, e diaminas ou hidroxiaminas no caso de poliuréias e poliuretano/uréias. As diaminas são usadas na extensão da cadeia de pré-polímeros e obtenção de poliuretano/uréia e poliuréia. Como elas reagem com os isocianatos muito mais rápido que os poliíisocianatos não é possível seu uso nos processos em uma etapa (VILLAR, 2010).

Há um interesse crescente no uso de óleos de triglicerídeos como fonte de hidroxila para a formulação de poliuretano, devido ao aspecto econômico. Hidroxila contendo óleo, como óleo de rícino (óleo de mamona), ou mistura parcial de glicerídeos preparados a partir de triglicerídeos/ácidos graxos e glicerol são usados para obter a base de óleo de poliuretanos (óleos de uretano) (MADRA, 2009).

4 POLIURETANOS BASEADOS EM ÓLEOS VEGETAIS

Óleos vegetais são compostos de triglicerídeos, ou seja, em um glicerídeo o glicerol é esterificado com três ácidos graxos. Os comprimentos de cadeia mais comuns nesses ácidos graxos são de 18 ou 20 átomos de carbono, podendo ser saturados ou insaturados; quando insaturados, as ligações duplas estão localizadas no carbono 9, 12 ou 15 exceto no óleo de mamona (FERRER, 2008).

O óleo de mamona é um triglicerídeo de ácidos graxos, em que o ácido ricinoleico é o principal constituinte, cerca de 90%. Possui uma ligação dupla localizada junto ao carbono 18 e tem um grupo funcional hidroxila localizado no carbono 12, seu peso molecular sendo 933 e seu número de hidroxilas situando-se entre 160 e 180. O óleo de mamona tem sido considerado principalmente para a síntese de espumas rígidas e semi-rígidas (FERRER, 2008).

Poliuretanas sintetizadas com diisocianato e polióis são polímeros em bloco, apresentando um bloco rico em ligações do tipo uretana e um bloco rico em ligações do tipo éter (ou éster no caso de poliéster). Estes blocos são imiscíveis, caracterizando, assim, uma morfologia na qual o material apresenta-se com domínios separados: uma fase rígida (rica em ligações uretana ou segmentos rígidos) e uma fase macia (rica em ligações éter ou éster ou segmentos flexíveis) (RODRIGUES, 2005).

O desenvolvimento de poliuretanas derivadas de óleo de mamona teve origem na década de 1940, continuando até os dias atuais (VILLAR, 2010; RODRIGUES, 2005). Atualmente, são utilizados inúmeros métodos para se obter poliuretanos à base de óleos vegetais, alguns deles consistindo na modificação da estrutura química do óleo a fim de alterar algumas de suas características, como, por exemplo, a transesterificação do óleo de mamona, que consiste na reação dos triglicerídeos com mono-álcoois de cadeia curta em presença de catalisador, causando assim o aumento do número de hidroxilas e a diminuição da viscosidade (ESPINOSA, 2011).

Segundo Freedman, citado por Suarez (2007), a reação de transesterificação é composta de três reações consecutivas e reversíveis, nas quais são formados diglicerídeos e monoglicerídeos como intermediários. Apesar da estequiometria geral da equação requerer três mols do mono-álcool para cada mol de triglicerídeo, a reversibilidade das reações exige um excesso de álcool no meio reacional para promover um aumento no rendimento em mono-álcoois. Sabe-se, ainda, que na presença de água é também verificado o equilíbrio entre os diferentes ésteres e seus respectivos ácidos graxos e álcoois (glicerina e/ou mono-álcoois). Dentre os vários tipos de catalisadores estudados para a reação de transesterificação, os mais tradicionais são as bases e ácidos de Bronsted, sendo os principais exemplos os hidróxidos e alcóxidos de metais alcalinos, e os ácidos sulfúrico, fosfórico, clorídrico e organossulfônicos. Cabe destacar que as primeiras patentes para obtenção de biodiesel registradas na Europa e nos Estados Unidos descrevem o uso deste tipo de catalisadores. Foi também apontado que as reações envolvidas na transesterificação são extremamente aceleradas quando irradiadas com micro-ondas (SUAREZ, 2007).

Mortley et al. (2007) estudaram modificações ocorridas em poliuretanos baseado em óleo de mamona quando tratados com radiação e verificaram incrementos nas propriedades mecânicas deste material após o tratamento.

Poliuretanos obtidos a partir de óleo de mamona em substituição a glicóis sintéticos podem ser aplicados em diversas áreas como adesivos, bioadesivos, elastômeros (borrachas), compósitos, próteses, filmes, mantas, painéis, espumas, entre outras (SOMANI, 2003; FERREIRA, 2007; CHEN, 2011; SILVA, 2010; MILÉO, 2011; KÖNIG, 1999; CARDOSO, 2012).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Óleos vegetais e seus derivados têm sido usados há algum tempo para a obtenção ou modificação de propriedades de materiais poliméricos. Este interesse tem sido reforçado pela necessidade crescente de utilização de recursos renováveis, bem como pelo aumento de trabalhos envolvendo oleoquímica. Devido a diferentes propriedades apresentadas por este tipo de óleo, pode se obter vários tipos de polímeros, sendo que, destes, um grupo que apresenta grande interesse industrial é o dos poliuretanos.

A utilização de óleo de mamona na produção de poliuretanos oferece uma grande oportunidade considerando a diversidade de propriedades e características que se podem obter pela utilização de diferentes isocianatos, formulações, métodos de síntese e/ou tratamentos do

óleo ou do polímero, entre outros. Esta variedade de propriedades faz com que este polímero possa ser utilizado em diferentes aplicações industriais e de consumo.

Estudos envolvendo este tipo de matéria-prima e de polímero estão longe do fim, pois existem sempre possibilidades novas de melhoria do que já se conhece ou desenvolvimento de novos materiais. Além disso, podem-se obter poliuretanos biodegradáveis envolvendo recursos sustentáveis, o que por si só justifica este tipo de estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido dos nossos parceiros: MERCUR e Cooperfumos do Brasil, do Pólo de Modernização Tecnológica do Vale do Rio Pardo, bem como o suporte financeiro da Secretaria de Ciência, Inovação e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

ABOISSA – óleos vegetais. *Mamona, isso ainda pode ser grande*. Drying oils business unit. Disponível em: <<http://www.aboissa.com.br>>. Acessado em: 10 dezembro de 2012.

ACHAYA, K. T. Chemical derivatives of castor oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 48, n. 11, p. 758-763, 1971.

BELGACEM, M. N.; GANDINI, A. *Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*. Elsevier: Amsterdam, 2008.

BOTARO, V. R.; GANDINI, A. Modificação do acetato de celulose em meio homogêneo via reações de condensação com diferentes isocianatos. *Polímeros*, v. 8, n. 3, p. 64-71, 1998.

BRIGHAM, R.D.; Castor: Return of an old crop, 1993, 380. In: JANICK, J. and SIMON, J. E. (eds.). *New crops*. New York: Wiley, 2001.

BUDAVARI, Susan (org.). *The Merck Index*. 11 ed. Whitehouse Station: Merck & Co., Inc., 1989.

CARDOSO, G.T.; NETO, S.C.; VECCHIA, F. Rigid foam polyurethane (PU) derived from castor oil (*Ricinus communis*) for thermal insulation in roof systems. *Frontiers of Architectural Research*, v. 1, p. 348–356, 2012.

CHEN, S.; WANG, Q.; WANG, T. Hydroxy-terminated liquid nitrile rubber modified castor oil based polyurethane/epoxy IPN composites: Damping, thermal and mechanical properties. *Polymer Testing*, v. 30, p. 726–731, 2011.

COSTA, A. F.; *Farmacognosia*. 5 ed. vol 1. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1994.

ESPINOSA, L. M.; MEIER, M. A. R. Plant oils: The perfect renewable resource for polymer science?! *European Polymer Journal*, v. 47, p. 837–852, 2011.

FERREIRA, P.; PEREIRA, R.; COELHO, J. F. J.; SILVA, A. F. M., GIL, M. H. Modification of the biopolymer castor oil with free isocyanate groups to be applied as bioadhesive. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 40, p. 144–152, 2007.

FERRER, M. C. C.; BABB, D.; RYAN, A. J. Characterisation of polyurethane networks based on vegetable derived polyol. *Polymer*, v. 49, p. 3279-3287, 2008.

GUNERA, F. S.; YAG, Y., ERCIYES, A. T. Polymers from triglyceride oils. *Progress in Polymer Science*, v. 31, p. 633–670, 2006.

HOLANDA, A. *Biodiesel e inclusão social, Cadernos Altos Estudos – 01 Câmara dos Deputados*, Brasília, Coordenação de Publicações, 2004.

JUNIOR, A. F. *Mamona uma rica fonte de óleo e divisas*. 1 ed. Ed. Ícone: São Paulo, 1986.

JÚNIOR, B. K.; FORGER, S. E.; MASCARO, M. B.; BECK, T. J. Biocompatibility of the polyurethane resin of the castor bean inserted into the alveolar bone of the dog. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, v. 181, p. 581-584, 1999.

LAKSHMINARAYANA, G.; PAULOSE, M. M.; KUMARI, B. N. Characteristics and composition of newer varieties of indian castor seed and oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 61, n. 12, p. 1871- 1872, 1984.

LYON, C. K.; GARRET, V. H. New castor oil-based urethane elastomers. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 50, n. 4, p. 112-114, 1973.

MADRA, H.; TANTEKIN-ERSOLMAZ, S. B.; GUNER, F. S. Monitoring of oil-based polyurethane synthesis by FTIR-ATR. *Polymer Testing*, v. 28, p. 773-779, 2009.

MEHDIPOUR, S.; KESHAVARTZ, A. S. Synthesis and characterization of novel diimide-dinaphthols and resulting poly(urethane-imide)s. *Polymer International*, v. 52, n. 9, p. 1487-1492, 2003.

MILÉO, P. C.; MULINARI, D. R.; BAPTISTA, C. A. R. P.; ROCHA, G. J. M.; GONÇALVES, A. R. Mechanical Behaviour of Polyurethane from Castor oil Reinforced Sugarcane Straw Cellulose Composites. *Procedia Engineering*, v. 10, p. 2068–2073, 2011.

MORTLEY, A.; BONIN, H. W.; BUI, V. T. Synthesis and properties of radiation modified thermally cured castor oil based polyurethanes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, v. 265, p. 98–103, 2007.

PAYNE, H. T.; *Organic coating technology*. v. 9. John Wiley & Sons: New York, 1954.

PEARCE, E. M. *Encyclopedia Kirk Othmer of Chemical Technology*. 3 ed. v. 5. John Wiley & Sons: New York, 1978.

PHAM, J. V.; THO, Q. *Castor oil-based polyurethanes: 1. Structural characterization of castor oil nature of intact glycerides and distribution of hydroxyl groups*. Centre de Service d'Analyse et d'Experimentation. Vernaison: France, 1996.

RAMOS, L. C. S.; TABGO, J. S.; SAVI, A.; LEAL, N. R. Variability for oil and fatty acid composition in castorbean varieties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 61, n. 12, p. 1841-1843, 1984.

RODRIGUES, J. M. E. *Preparação de poliuretanas à base de óleo de mamona*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade federal do Rio Grande do Norte. Natal- RN, 2005.

SHARMA, V.; KUNDU, P.P. Addition polymers from natural oils – A review. *Progress in Polymer Science*, v. 31, p. 983–1008, 2006.

_____. Condensation polymers from natural oils. *Progress in Polymer Science*, v. 33, p. 1199–1215, 2008.

SILVA, B. B. R.; SANTANA, R. M. C.; FORTE, M. M. C. A solventless castor oil-based PU adhesive for wood and foam substrates. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, v. 30, p. 559–565, 2010.

SOMANI, K. P.; KANSARA, S. S.; PATEL, N. K.; RAKSHI A. K. Castor oil based polyurethane adhesives for wood-to-wood bonding. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, v. 23, p. 269–275, 2003.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P.; MENEGHETTI, M. R.; WOLF, C. R. O biodiesel e a política de C & T brasileira. *Química Nova*, v. 30, n. 6, p. 667-676, 2007.

THOMSON, T. *Polyurethanes as specialty chemicals: principles and applications*, CRC Press: Boca Raton, 2005.

VILAR, W. *Química e tecnologia dos poliuretanos*. 3 ed. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 2010.