



Polímeros: Ciência e Tecnologia

ISSN: 0104-1428

abpol@abpol.org.br

Associação Brasileira de Polímeros  
Brasil

Moreno, Rogério M. B.; Martins, Maria Alice; Mattoso, Luiz H. C.; Corradini, Elisângela; Job, Aldo E.;  
Gonçalves, Paulo de S.

Monitoramento das Propriedades Térmicas das Borrachas Naturais de Novos Clones: IAC 301 e IAC  
303

Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 23, núm. 5, 2013, pp. 649-653  
Associação Brasileira de Polímeros  
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47028880014>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Monitoramento das Propriedades Térmicas das Borrachas Naturais de Novos Clones: IAC 301 e IAC 303

Rogério M. B. Moreno, Maria Alice Martins, Luiz H. C. Mattoso  
*Embrapa Instrumentação*

Elisângela Corradini  
*Departamento de Engenharia de Materiais, UTPF*

Aldo E. Job  
*Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP*

Paulo de S. Gonçalves  
*Instituto Agrônomo, IAC*

**Resumo:** A borracha natural (BN) de três clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss. Muell.-Arg.)] de um período de sete meses foi obtida por coagulação do látex com solução de ácido acético a 10% e seca a 65°C. As curvas TG-DTG foram utilizadas para monitorar as propriedades térmicas da BN. Os resultados indicaram pequenas variações entre clones e coletas, exceto no valor de  $T_f-T_0$ , indicando que o clone IAC 301 sofre degradação mais rápida durante o processo termo degradação da BN seca. Não houve diferenças significativas nos valores de  $T_g$  entre clones e coletas.

**Palavras-chave:** Borracha natural crua, novos clones, monitoramento, propriedades térmicas.

## Monitoring the Thermal Properties of Natural Rubbers from New Clones: IAC 301 and IAC 303

**Abstract:** Natural rubber (NR) tapped from three clones of the rubber tree [*Heveabrasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss. Muell.-Arg.)] over a seven month period was obtained by coagulation of lattices with 10% acid acetic and dried at 65 °C. TG-DTG curves were used to monitor thermal properties of NR. The TG-DTG results indicated very small differences among the clones and tappings, except in the value of  $T_f-T_0$ , which indicated that the IAC 301 clone suffered the fastest thermal degradation, during decomposition of the dried, raw NR. There was no significant difference in  $T_g$  values among clones and tappings.

**Keywords:** Raw natural rubber, new clones, monitoring, thermal properties.

### Introdução

A borracha natural (BN) é uma importante matéria prima para as indústrias automobilística, farmacêutica e de biopolímeros, devido a sua boa resistência mecânica, bem como pelas suas propriedades isolante e de impermeabilidade<sup>(1,2)</sup>.

A principal fonte de látex utilizado para a obtenção da BN seca é a seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.], onde o Brasil foi o principal produtor e exportador da BN no início do século XX. Hoje, o país é responsável por apenas 1,2% da produção mundial. Dessa forma, recorre-se à importação de 62% da BN consumida no país<sup>(3)</sup>.

Com o aumento gradual do consumo de BN pela indústria nacional, mais esforços em pesquisas estão sendo realizados pelo Instituto Agrônomo (Campinas/SP) e pela Embrapa Instrumentação (São Carlos/SP) para promover a melhoria da produtividade e da qualidade da BN brasileira<sup>(4-15)</sup>.

As propriedades tecnológicas da BN plasticidade Wallace ( $P_0$ ), índice de retenção de plasticidade

[PRI (%)], viscosidade Mooney ( $V_R$ ), % de extrato acetônico, % de nitrogênio e % de cinzas são amplamente difundidas no controle de qualidade da matéria prima BN e são influenciadas pelas condições climáticas<sup>(6,7,9,12,13,15,16)</sup>. Outra importante propriedade da BN que deve ser avaliada é o comportamento térmico. Esse é muito importante, pois as diversas técnicas convencionais utilizadas no processamento da BN utilizam, geralmente, temperaturas elevadas.

As propriedades físicas e aplicações tecnológicas são afetadas pela resistência à temperatura e, neste sentido, um estudo de avaliação e monitoramento do comportamento térmico da BN por termogravimetria (TG), sendo uma técnica amplamente difundida em estudos das propriedades térmicas de materiais poliméricos, é bastante útil para se conhecer o comportamento térmico da BN em diferentes períodos do ano.

O objetivo desse trabalho foi avaliar e monitorar o comportamento térmico da BN por TG e DSC obtida do látex de dois novos clones (IAC 301 e IAC 303) e de um

clone Asiático de referência (RRIM 600) para auxiliar na seleção de novos clones aptos ao plantio no Estado de São Paulo.

### Materiais e Métodos

Os látices foram coletados de seis árvores de cada um dos clones IAC 301, IAC 303 e do clone Asiático de referência (RRIM 600) em sete meses consecutivos: 10/2003 (1), 11/2003 (2), 01/2004 (3), 02/2004 (4), 03/2004 (5), 04/2004 (6), 05/2004 (7). Os látices foram estabilizados com solução comercial de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (4,7 mL  $\text{NH}_4\text{OH}/100$  mL de látex) e coagulados com solução de ácido acético à 10% (v/v). Os coágulos obtidos foram triturados em calandra de cilindros raiados e secos em estufa por 48 horas a 65 °C.

As amostras de BN secas foram analisadas por TG utilizando o equipamento TA Q500 da TA Instruments com amostras de 7 mg, aproximadamente, em um porta amostra de platina, aquecidas até 650 °C com uma taxa de aquecimento de 10 °C.min<sup>-1</sup>, sob atmosfera oxidante (ar sintético) com fluxo de 40 mL.min<sup>-1</sup>. Para as medidas por calorimetria diferencial exploratória (DSC-Differential Scanning Calorimetry) utilizou-se o equipamento T100 da TA Instruments com amostras de 6 mg, aproximadamente, aquecidas em painéis de alumínio de -80 °C até 0 °C a uma taxa de aquecimento de 10 °C.min<sup>-1</sup> sob fluxo de nitrogênio de 20 mL.min<sup>-1</sup>.

### Resultados e Discussões

A Tabela 1 apresenta os parentais e a produção anual média dos novos clones IAC 301, IAC 303 e do RRIM 600. A Tabela 2 apresenta os resultados da temperatura inicial do processo de degradação térmica [ $T_0$  (°C)], a temperatura do final do processo de degradação térmica [ $T_f$  (°C)] e a faixa de temperatura que ocorre o processo de degradação térmica [ $T_f - T_0$  (°C)] para as BN dos três clones nas sete coletas. As curvas de TG e das derivadas das curvas TG (DTG) são apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3.

As BN dos três clones avaliados apresentaram comportamentos parecidos de perda de massa, onde as temperaturas médias de início do processo de degradação térmica das BN dos clones IAC 301, IAC 303 e RRIM 600 nas sete coletas foram de 331, 328 e 327 °C, respectivamente. As temperaturas médias do fim do processo de degradação térmica foram de 593, 600 e 603 °C. Os valores médios de início e fim deste processo mostram poucas variações entre clones e coletas. Apesar das pequenas variações médias (Tabela 2), nota-se que os clones IAC 301 e IAC 303 demonstraram variabilidade superior em relação ao clone RRIM 600 indiciando uma maior heterogeneidade no comportamento térmico.

Dos resultados apresentados na Tabela 2 observa-se que o clone IAC 301 teve um valor significativamente menor da  $T_f - T_0$  média com C.V. (%) menor que do clone RRIM 600. Os valores da  $T_p$  média foram similares para os três clones. Esse comportamento indica que a BN desse clone degrada-se mais rapidamente quando o processo de degradação térmica tem início, apesar de ter uma  $T_0$  ligeiramente maior que dos outros clones. O clone IAC 303 apresentou, também, valor médio de  $T_f - T_0$  um pouco inferior ao do RRIM 600. No trabalho realizado

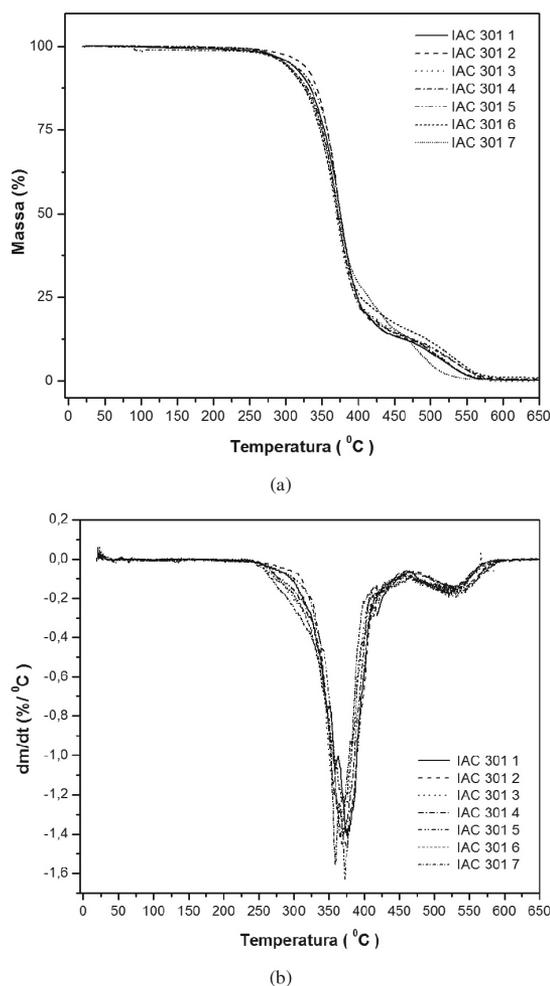


Figura 1. Curvas TG (a) e DTG (b) da BN das sete coletas do clone IAC 301.

Tabela 1. Parentais e produção anual média (média de 3 anos) dos novos clones IAC 301, IAC 303 e RRIM 600<sup>[17]</sup>.

Clones	Parentais	Produção anual média (Kg/ha/ano)
IAC <sup>a</sup> 301	RRIM <sup>b</sup> 501 (Pil <sup>c</sup> 49 × Lun <sup>d</sup> N) × AVROS <sup>e</sup> 1518	1.750
IAC <sup>a</sup> 303	RRIM <sup>b</sup> 511 (Pil <sup>c</sup> B 84 × Pil <sup>c</sup> A 44) × AVROS <sup>e</sup> 1218 (AVROS <sup>e</sup> 214 × AVROS <sup>e</sup> 216)	1.086
RRIM <sup>b</sup> 600	Tjir <sup>f</sup> 1 × PB <sup>g</sup> 86	1.268

<sup>a</sup>IAC: Instituto Agronômico de Campinas. <sup>b</sup>RRIM: Rubber Research Institute of Malaysia. <sup>c</sup>Pil: Pilmoor. <sup>d</sup>Lun: Lunderston. <sup>e</sup>AVROS: Allgemeine Vereinigung Rubber Planters Oostkust Sumatra. <sup>f</sup>Tjir: Tjirandji. <sup>g</sup>PB: Prang Besar.

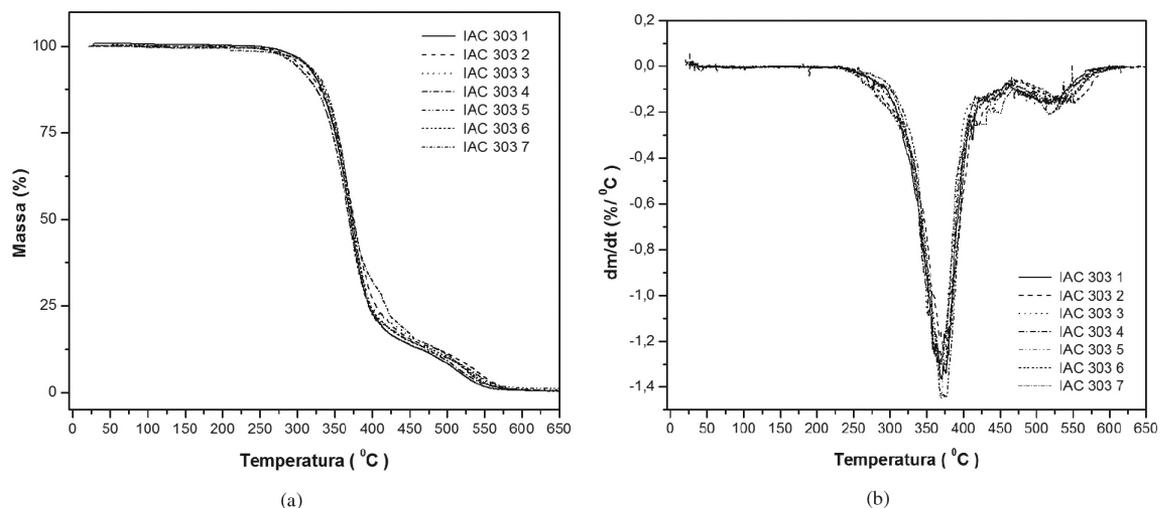


Figura 2. Curvas TG (a) e DTG (b) da BN das sete coletas do clone IAC 303.

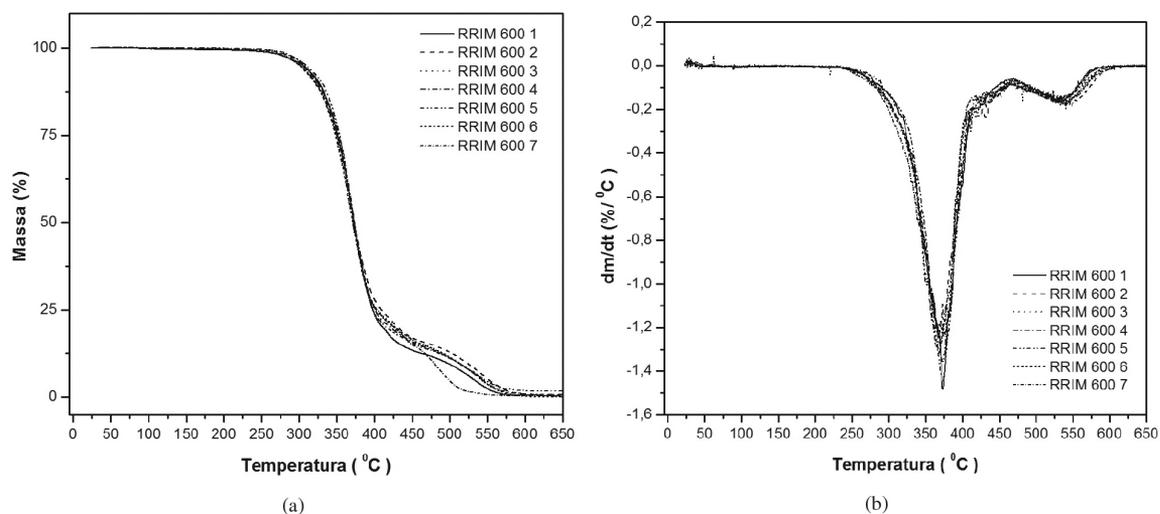


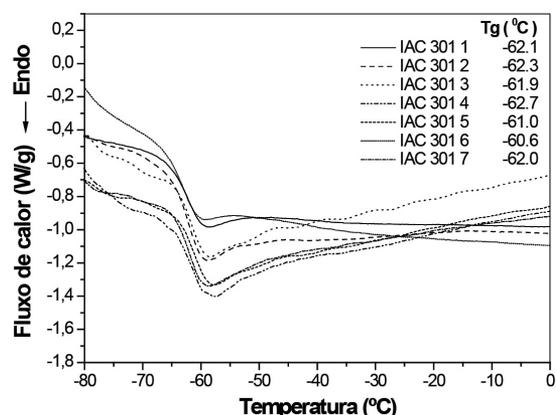
Figura 3. Curvas TG (a) e DTG (b) da BN das sete coletas do clone RRIM 600.

Tabela 2. Valores da  $T_0$  (°C), da  $T_p$  (°C) e da  $T_f - T_0$  (°C), média ( $\bar{X}$ ) e coeficiente de variação [C.V. (%)] nas sete coletas dos clones IAC 301, IAC 303 e RRIM 600.

Coletas	IAC 301			IAC 303			RRIM 600		
	$T_0$	$T_p$	$T_f - T_0$	$T_0$	$T_p$	$T_f - T_0$	$T_0$	$T_p$	$T_f - T_0$
1	332	375	252	324	370	280	328	374	261
2	337	369	265	324	373	293	325	368	291
3	327	368	271	325	369	276	323	368	300
4	329	370	254	326	368	253	328	372	249
5	343	373	256	336	370	266	332	373	276
6	320	368	277	332	372	266	328	373	288
7	329	359	260	332	371	266	323	372	271
$\bar{X}$	<b>331</b>	<b>369</b>	<b>262</b>	<b>328</b>	<b>370</b>	<b>271</b>	<b>327</b>	<b>371</b>	<b>277</b>
C.V. (%)	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>

**Tabela 3.** Valores da % de cinzas, média ( $\bar{X}$ ) e coeficiente de variação [C.V. (%)] nas sete coletas dos clones IAC 301, IAC 303 e RRIM 600.

Coletas	IAC 301	IAC 303	RRIM 600
	% de cinzas	% de cinzas	% de cinzas
1	0.173	0.215	0.169
2	0.253	0.232	0.177
3	0.199	0.217	0.134
4	0.257	0.195	0.184
5	0.236	0.196	0.171
6	0.334	0.227	0.207
7	0.247	0.238	0.221
$\bar{X}$	<b>0,243</b>	<b>0,217</b>	<b>0,180</b>
C.V. (%)	<b>20,905</b>	<b>7,742</b>	<b>15,611</b>



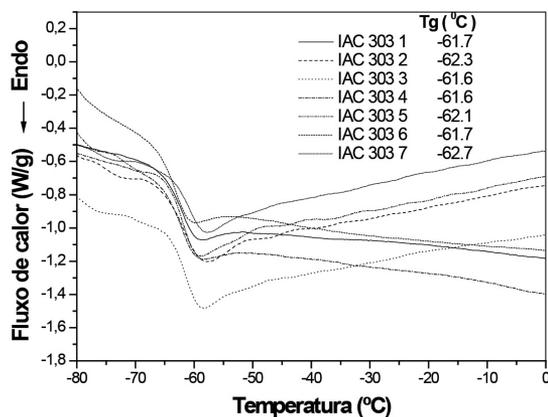
**Figura 4.** Curvas de DSC da BN das sete coletas do clone IAC 301.

por Moreno et al.<sup>[18]</sup> utilizando o método de Flynn-Wall-Ozawa para o estudo cinético de decomposição da BN, de novos clones observou-se, por intermédio da energia de ativação ( $E_a$ ) em apenas uma coleta, que o clone IAC 301 teve a menor estabilidade térmica e o clone IAC 303 a maior.

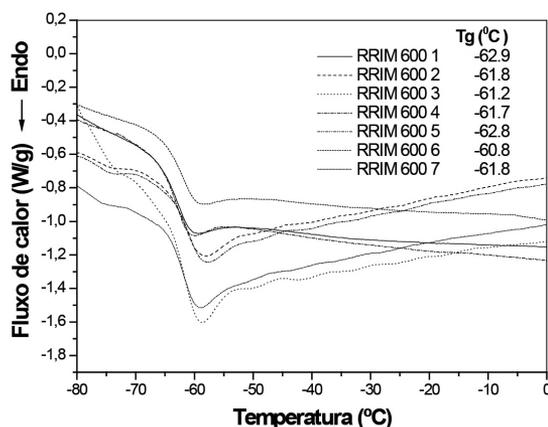
Das curvas de TG e DTG observa-se que a degradação térmica não ocorre em uma reação de um passo, onde a pequena perda de massa inicial é atribuída à eliminação de compostos voláteis, tal como a água e compostos orgânicos de baixa massa molar.

Os resíduos obtidos no final do processo de degradação térmica são as cinzas de origem inorgânica e variam entre clones e coletas (Tabela 3), onde os clones IAC apresentaram a média da % de cinzas ligeiramente superior ao clone RRIM 600 e o clone IAC 303 uma variabilidade significativamente menor. Resultados similares da % de cinzas foram obtidos nas regiões de Matão e Votuporanga/São Paulo-Brazil<sup>[6,9,12,13,15]</sup>.

O trimestre março a maio é conhecido como o período de máxima produtividade da seringueira no Estado de São Paulo<sup>[19]</sup>. Nesse período nota-se um discreto aumento na estabilidade térmica da BN dos três clones estudados, tal como ocorreu no trabalho realizado por Moreno et al.<sup>[4]</sup>.



**Figura 5.** Curvas de DSC da BN das sete coletas do clone IAC 303.



**Figura 6.** Curvas de DSC da BN das sete coletas do clone RRIM 600.

As curvas de DSC são apresentadas nas Figuras de 4 a 6.

A temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) é um parâmetro muito importante para elastômeros e muitas propriedades tecnológicas, tais como a resiliência e a resistência a abrasão, podem ser correlacionadas com a  $T_g$ <sup>[20]</sup>. Nota-se que não houve variação entre clones e coletas indicando que a estrutura química da BN não foi afetada significativamente pelas condições climáticas nesse período de tempo de avaliação e monitoramento do comportamento térmico.

### Conclusões

O processo de degradação das BN ocorreu em duas etapas. Houve pequena variação do comportamento térmico entre clones e coletas. Houve variação significativa entre clones e coletas para a % de cinzas. Não houve variação clonal e sazonal da  $T_g$ .

### Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela FAPESP, CNPq e CAPES.

## Referências Bibliográficas

1. Neves-Junior, W. F. P.; Ferreira, M.; Alves, M. C. O.; Graeff, C. F. O.; Mulato, M.; Coutinho-Netto, J. & Bernardes, M. S. – *Braz. J. Phys.*, **36**, p.586 (2006). <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-97332006000400021>
2. Thongnuanchan, B.; Nokkaew, K.; Kaesaman A. & Nakason, C. - *Polym. Eng. Sci.*, **47**, p.421 (2007). <http://dx.doi.org/10.1002/pen.20668>
3. International Rubber Study Group Natural - *Rubber Stat. Bull.*, **16**, p.1 (2012).
4. Moreno, R. M. B.; Galiani, P. D.; Martins, M. A.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. - *KGK: Kautsch. Gummi Kunstst.*, **9**, p.448 (2009).
5. Dall'Antonia, A. C.; Moreno, R. M. B.; Martins, M. A.; Job, A. E.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Polímeros*, **19**, p. 63 (2009). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282009000100015>
6. Moreno, R. M. B.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. - *Prog. Rubber Plast. Recycl. Technol.*, **24**, p.10 (2008).
7. Moreno, R. M. B.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. - *KGK: Kautsch. Gummi Kunstst.*, **10**, p.528 (2008).
8. Martins, M. A.; Moreno, R. M. B.; Ferreira, M.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Thermochim. Acta*, **474**, p.62 (2008). <http://dx.doi.org/10.1016/j.tca.2008.06.001>
9. Moreno, R. M. B.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. - *KGK: Kautsch. Gummi Kunstst.*, **12**, p.659 (2007).
10. Moreno, R. M. B.; Job, A. E.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Polímeros*, **16**, p.235 (2006). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282006000300014>
11. Dall'Antonia, A. C.; Moreno, R. M. B.; Martins, M. A.; Ferreira, F. C.; Job, A. E.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Polímeros*, **16**, p. 239 (2006). <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282006000300015>
12. Moreno, R. M. B.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Sci. Agric.*, **62**, p.122 (2005).
13. Moreno, R. M. B.; Ferreira, M.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Pesqui. Agropecu. Bras.*, **38**, p.583 (2003).
14. Medeiros, E. S.; Moreno, R. M. B.; Ferreira, F. C.; Alves, N.; Job, A. E.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Prog. Rubber Plast. Recycl. Technol.*, **19**, p.189 (2003).
15. Ferreira, M.; Moreno, R. M. B.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Rubber Chem. Technol.*, **75**, p.1 (2002).
16. Malmonge, J. A.; Camilo, E. C.; Moreno, R. M. B.; Mattoso, L. H. C. & MacMahan, C. M. – *J. App. Polym. Sci.*, **111**, p.2986 (2009). <http://dx.doi.org/10.1002/app.29316>
17. Gonçalves, P. de S.; Furtado, E. L.; Sambugaro, R. & Bataglia, O. C. – *Pesqui. Agropecu. Bras.*, **36**, p. 589, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000400001>
18. Moreno, R. M. B.; Medeiros, E. S.; Ferreira, F. C.; Alves, N.; Gonçalves, P. S. & Mattoso, L. H. C. – *Plast. Rubber Compos.: Macromol. Eng.*, **35**, p.15 (2006).
19. Ortolani, A. A.; Sentelhas, P. C.; Camargo, M. B. P.; Pezzopane, J. E. M. & Gonçalves, P.S. – *Rev. Bras. Agrometeorol.*, **4**, p.147 (1996).
20. Sircar, A. K.; Galaska, M. L. & Rodrigues, R. P. - *Rubber Chem. Technol.*, **72**, p. 513 (1998). <http://dx.doi.org/10.5254/1.3538816>

Enviado: 09/08/12

Reenviado: 24/10/12

Aceito: 08/11/12