



## EFEITO DO ENVELHECIMENTO POR OZÔNIO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA BORRACHA NATURAL

Lérida E. da Silva<sup>1</sup>, Renata C. S. Araújo<sup>1\*</sup>

Endereço institucional do(s) autor(es). Incluir o e-mail do autor designado para receber as correspondências. Ex.:  
1 - Departamento de Química - ICEX, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG,  
[renatasa@ufmg.br](mailto:renatasa@ufmg.br)

**Resumo:** Visando verificar o efeito de um aditivo antiozonante borrachas com e sem aditivo foram expostas por diferentes períodos em câmara de ozônio e retiradas para verificação de modificações superficiais e ensaios de tração. Foi possível observar a ocorrência de fendilhamento macroscópica e microscopicamente. À medida que o tempo de exposição aumentou, a ocorrência de micro e macro fraturas na borracha também aumentou. Nos ensaios de tração foram determinados a carga máxima e alongamento e observou-se a redução drástica de ambos com o aumento do tempo de exposição ao ozônio.

**Palavras-chave:** Borracha natural, aditivo antiozonante, MEV, Ensaio de tração.

### *Ozone aging effects on mechanical properties of natural rubber.*

**Abstract:** Aiming to verify the effect of an antiozonant additive rubber, samples were exposed for different periods in the ozone chamber and removed for verification of surface modifications and tensile tests. It was possible to observe the occurrence of macroscopic and microscopic cracking. As the exposure time increased, the occurrence of micro and macro fractures in the rubber also increased. In the tensile tests, the maximum load and elongation were determined and the drastic reduction of both was observed with the increase of the time of exposure to the ozone.

**Keywords:** Natural rubber, antiozonant additive, SEM, Tensile test.

### **Introdução**

A borracha natural foi um dos primeiros polímeros a ser utilizado pelo homem e ainda hoje é largamente utilizado devido às suas características únicas. Borrachas natural e sintéticas são amplamente utilizadas na indústria automobilística. As borrachas têm aplicações desde itens de segurança, como palhetas e pneus, até partes do motor, em guarnições de vedação e tubulações, entre outros [1,2]. Em muitos casos ela pode substituir a borracha natural já que resiste melhor ao envelhecimento, às rachaduras e à abrasão do que o produto natural. Entretanto, sua resistência e flexibilidade são pobres e em algumas aplicações, é misturada à borracha natural. Ainda não se conseguiu fazer a borracha sintética exatamente igual à natural.

Para um correto desempenho de um elastômero em uma determinada aplicação, é necessário que a escolha do mesmo esteja de acordo com as condições da aplicação. É necessário levar em consideração propriedades químicas e físicas do mesmo e dos materiais que estarão em contato com ele durante o uso. Uma escolha inadequada de um elastômero pode causar uma falha no material e seu desempenho pode ser diferente do esperado.

O cracking que se caracteriza pelo aparecimento de fissuras no elastômero, é uma das falhas que podem ser observadas ao microscópio e muitas vezes a olho nu. Dependendo da aplicação do material que apresenta esse tipo de falha, ela pode causar danos no veículo ou desempenho inadequado. Quando do aparecimento desse tipo de anomalia, diversas análises são realizadas a fim de identificar o motivo de tal fenômeno ocorrer para sanar o problema o quanto antes. As causas podem ser desde o emprego de um material diferente daquele indicado para a aplicação, até problemas em sua formulação.

A resistência ao ozônio dos materiais elastoméricos é uma propriedade fundamental a ser verificada para identificar o quão suscetível o material é ao cracking por envelhecimento na presença de ozônio. Elastômeros diferentes têm diferentes resistências ao ozônio, sendo que o uso de aditivos antiozonantes pode melhorar essa propriedade para alguns tipos de elastômeros, tornando-os mais resistentes.

O envelhecimento de elastômeros por ação do ozônio pode ser simulado em câmara específica e as variações de suas propriedades químicas e mecânicas podem ser acompanhadas.

Lisevsky mostrou em seu estudo que amostras tracionadas de borracha natural, expostas à atmosfera de ozônio apresentaram grande aumento de surgimento de fissuras comparando-se a amostras não expostas [2]. Neste trabalho também será estudado a exposição de amostras tracionadas de borracha natural, com e sem aditivos a atmosfera de ozônio.

## **Experimental**

### *Microscopia Eletrônica de Varredura*

Utilizou-se o microscópio eletrônico de varredura (MEV) do fabricante Phillips modelo XL30. O exame microscópico foi feito após o recobrimento das superfícies de fratura das amostras com fina camada de ouro, em câmara a vácuo.

### *Ensaaios mecânicos*

As propriedades mecânicas foram verificadas no Laboratório de Materiais da Fiat Automóveis utilizando-se uma máquina Instron modelo 5867R com extensômetro de contato Instron com comprimento útil de 10 mm e célula de carga de 500N. Os ensaios foram realizados com 5 corpos de prova para cada amostra.

## **Resultados e Discussão**

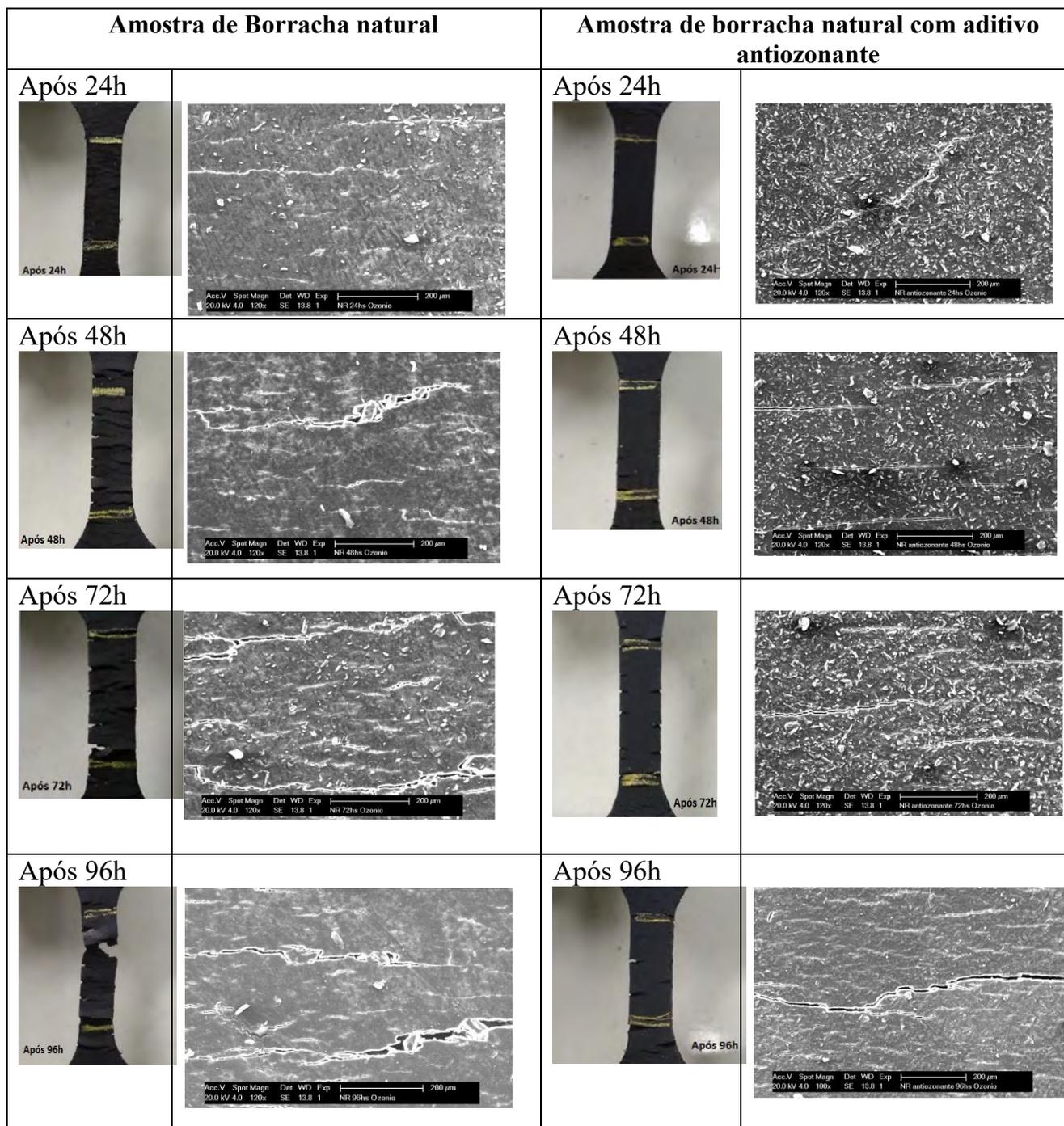
A primeira atividade realizada foi a obtenção dos corpos de prova em formato de gravata a partir das placas de elastômeros cedidas para o trabalho. Foram cortados 40 corpos de prova de cada material recebido.

Os testes de envelhecimento foram realizados para definir o alongamento a ser utilizado no trabalho. Para isso, foram realizados envelhecimentos por 70 horas com alongamentos de 10, 20 e 50%. O alongamento é realizado em suporte próprio para câmara de ozônio, medindo-se 10  $\mu\text{m}$  no início e alongando-se até o comprimento desejado (11  $\mu\text{m}$  para 10%, 12  $\mu\text{m}$  para 20% e 15  $\mu\text{m}$  para 50%). O alongamento selecionado foi o de 20%, pois a ação do ozônio pode ser percebida sem ocorrer o rompimento da maior parte das amostras, como ocorreu com o alongamento de 50%.

Definido o alongamento, procedeu-se ao envelhecimento das amostras para estudo. Foram colocadas na câmara de ozônio 20 amostras de NR e 20 amostras de NR com aditivo antiozonante. A cada 24 horas, 5 amostras de cada material (NR e NR com aditivo antiozonante) eram retiradas e armazenadas para as análises seguintes. O tempo total de exposição foi de 96 horas. A diferença de resistência ao ozônio entre as amostras com e sem aditivo antiozonante pode ser observada a olho nu (Fig. 2) com as amostras ainda alongadas.

Na figura 2 pode-se observar claramente o aumento da ocorrência de macro e micro fraturas no material devido à exposição em atmosfera de ozônio. Além do aumento do número de fissuras, há um crescimento da espessura das fendas.

As amostras foram submetidas ao ensaio de tração e os resultados podem ser observado na Tabela 1. Pode-se observar uma redução da carga máxima de ruptura com o aumento de tempo de exposição da borracha à atmosfera de ozônio. Isso era esperado, pois como observou-se visivelmente na Fig. 1, houve uma perda da integridade do material, portanto uma grande redução da resistência mecânica da borracha. Com relação a deformação, observou-se também uma redução da deformação na ruptura, mostrando a perda da elasticidade em relação à amostra inicial.



**Figura 2** – Resultado do envelhecimento em câmara de ozônio de amostras de borracha natural com e sem aditivo antiozonante, por diferentes tempos de exposição.

Não foi possível fazer o ensaio mecânico da amostra sem aditivo antiozonante exposta por 96 h devido à extensão da perda da integridade física.

É importante notar que a presença do aditivo antiozonante aumentou a resistência mecânica e alongamento do material. Portanto esse aditivo tem um efeito positivo na adição à borracha natural.

**Tabela 1** - Resultados dos ensaios de tração para as borrachas com e sem aditivo antiozonante exposta por diferentes períodos de tempo.

Amostra	Carga máxima (Mpa)		Deformação (%)	
	Sem aditivo (DP)	Com aditivo (DP)	Sem aditivo (DP)	Com aditivo (DP)
Nova	14,30 (1,07)	16,85 (0,74)	212,70 (18,25)	481,00 (25,50)
24 h	7,35 (2,54)	10,71(1,39)	203,90 (35,28)	373,30 (8,50)
48 h	2,11 (0,65)	6,14 (0,71)	83,90 (25,55)	281,20 (16,47)
72 h	0,92 (0,27)	5,61 (0,61)	90,90 (20,84)	316,81 (28,70)
96 h	-	2,21 (0,65)	-	147,84 (70,93)

### Conclusões

A adição de substância resistente ao envelhecimento por ozônio mostrou atividade desde as primeiras 24 horas de exposição. Observou-se que a amostra de borracha natural sem aditivo perdeu a integridade física rompendo com alongamento de 20%, com 96 horas de exposição à atmosfera de ozônio.

Os ensaios mecânicos mostraram uma grande redução da carga máxima e do alongamento com o aumento do tempo de exposição da borracha natural em atmosfera de ozônio. Ao mesmo tempo a presença do aditivo conferiu maiores resistência e elasticidade ao material.

### Agradecimentos

À FIAT Automóveis SA

À FAPEMIG – Fundação de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais

### Referências Bibliográficas

1. Baldwin, J. M., Bauer, D. R., & Ellwood, K. R., *Polymer Degradation and Stability*, 2007, 92 (1), 103-109.
2. D. F. Parra, Tese de Doutorado, Instituto de Química - Unicamp, 1996.
3. Lisevski, C. I., Wolski, C. M., Munaro, M., Serta, R. G., Machado, R. P., Kowalski, E., & Pombeiro, A. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* 2012, 142-148.