



AVALIAÇÃO PROPRIEDADES MECÂNICAS DE BORRACHA NITRÍLICA COM PÓ DE TONER DE IMPRESSORAS

EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF NITRIC RUBBER WITH PRINTER TONNER POWDER

Geovanna Pereira Ragazzo¹

Gilberto Alves dos Santos²

Leandro José dos Santos³

Resumo

É comum o uso de borracha nitrílica (NBR), copolímero butadieno-acrilonitrila, devido excelente resistência química e ao calor. Pertinente a essas propriedades oferecidas, este trabalho tem como objetivo analisar a resistência mecânica das formulações de borrachas nitrílicas através de análises de propriedades como tração e dureza. Foram desenvolvidas quatro formulações variando somente concentração de negro de fumo e pó de toner. Os resultados de tração obtiveram valores simbólicos, pelos quais foi possível notar que com o aumento do teor de pó de toner a capacidade deformacional da NBR diminuiu, assim como a tensão máxima e o módulo de elasticidade, os resultados de dureza demonstraram pequeno aumento com a adição de pó de toner. Sendo assim, é viável a utilização de pó de toner em formulações de borracha.

Palavra-chave: NBR. Borracha nitrílica. Pó de toner. Negro de fumo

Abstract

Nitrile rubber (NBR), butadiene-acrylonitrile copolymer is commonly used due to its excellent chemical and heat resistance. Due to these properties offered by this polymer, this work aims to analyze the mechanical strength of nitrile rubber formulations by analyzing properties such as tensile and hardness. Four formulations were developed varying only carbon black concentration and toner powder. The tensile results showed that as the toner dust content increased the NBR deformational capacity decreased, as well as the maximum stress and elastic modulus, the hardness results showed a slight increase with the addition of toner dust. Therefore, the use of toner powder in rubber formulations is feasible.

Keyword: NBR. Nitrile rubber. Toner powder. Carbon black

¹ Aluna de Graduação em Tecnologia em Polímeros – Faculdade SENAI de Tecnologia – geovanna_gpr@hotmail.com

² Aluno de Graduação em Tecnologia em Polímeros – Faculdade SENAI de Tecnologia – laboratorio@policontrol.com.br

³ Docente e M^e. de Graduação e Pós-Graduação – Faculdade SENAI de Tecnologia – Leandro.jose@sp.senai.br



1. INTRODUÇÃO

A borracha nitrílica é conhecida como borracha de acrilonitrila-butadieno, para outras é chamada de Buna-N, mas para muitas pessoas na indústria, simplesmente nitrila (CIESIELSKI, 1999). Os tipos de NBR fornecidos diferem-se pelo teor de acrilonitrila (ACN) na cadeia polimérica, bem como a viscosidade geral do polímero. Um composto que possui um teor médio de ACN (33%), apresenta boa resistência ao óleo e baixa resistência à temperatura de aproximadamente -40 °C. Uma NBR com baixa concentração de ACN (18%) demonstra boas propriedades até -55 °C. O NBR possui melhor resistência ao envelhecimento térmico assim como a maioria dos elastômeros, a NBR precisa de cargas, aditivos e de reforços para proporcionar boas propriedades mecânicas (CIESIELSKI, 1999). Quanto maior a quantidade de ACN no elastômero, maior e melhor serão suas propriedades químicas como a resistência à óleos e combustíveis, pois, quanto maior for o teor de ACN maior será a sua polaridade.

Os termos óleo e combustível usados, são referentes aos produtos derivados do petróleo o qual a NBR demonstra boas propriedades em uma ampla faixa de temperatura (CIESIELSKI, 1999). Esse elastômero tem um grande potencial na indústria de vedantes (selantes) devido ao seu baixo custo, excelente resistência a graxas, baixa taxa de abrasão e boa processabilidade (LIU et al., 2016; SHEN et al., 2016). No entanto, a resistência ao envelhecimento da NBR é sensível a fatores ambientais devido à presença de duplas ligações do polibutadieno. Alguns ambientes mais agressivos e degradantes, como o ambiente caracterizado por alta temperatura, ou alto teor de umidade, luz forte, baixa temperatura ou carga mecânica, pode ter um efeito catastrófico na durabilidade da NBR (LIU et al., 2016).

Outras formas de NBR são fornecidas, como a NBR quimicamente modificada contendo ácidos carboxílicos que é produzido por meio de copolimerização de metacrílico ou ácido acrílico com butadieno e acrilonitrila (XNBR). Essa funcionalidade ácida leva a uma excelente interação polímero-carga em compostos. Os polímeros XNBR requerem cuidado ao misturar e as temperaturas normalmente não devem exceder 135 °C. Os compostos tendem a ser duros, exibem boa resistência à abrasão e possuem alta resistência à tração e ao rasgo em comparação com os compostos nitrílicos convencionais (BRENDAN, 2004; SOUTO et al., 2017).

Um segundo tipo de NBR quimicamente modificado é o HNBR, produzido pela hidrogenação catalítica quase completa da insaturação derivada de porções de butadieno. *Nippon Zeon* produz HNBR quase exclusivamente. A pequena quantidade de insaturação residual é usada para vulcanização, isso resulta em um produto com muito maior resistência à oxidação e intemperismo. Como na NBR, a HNBR também está disponível com diferentes concentrações de ACN. O HNBR tem uma temperatura de transição vítrea mais alta, embora tenha aumentado significativamente a resistência ao solvente. Os pedidos de HNBR aproveitam a excelente resistência aos fluidos orgânicos. No entanto, o desempenho aprimorado de alta temperatura do HNBR o torna muito superior ao NBR em aplicações críticas (BRENDAN, 2004; MOLINARI et al., 2016).

Segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR



10.004:2004, resíduos sólidos são aqueles que:

Resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cuja particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções, técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

Os resíduos sólidos apresentam uma vasta diversidade e complexidade, sendo que suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com a fonte ou atividade geradora, podendo ser classificados de acordo com suas classes, sendo elas classe I ou perigosos; classe II ou não-inertes; classe III ou inertes e que são riscos potenciais de contaminação do meio ambiente. Levando em consideração essas informações, o resíduo a ser incorporado e consumido na borracha NBR é o pó de toner, que se encaixa na classe I da norma, classificado como um material perigoso pois contém metais presentes em sua composição (ABNT, 2004; SANTOS; SILVA; BEZERRA; CASTRO, 2016).

O pó de toner por conta do tamanho extremamente reduzido de suas partículas, pode causar irritação no aparelho respiratório em pessoas expostas por longos períodos. Esse pó de toner consiste em uma mistura de estireno acrilato, resina de poliéster ou alguns outros polímeros especiais e óxidos, como óxido ferroso, óxido de chumbo (II) e óxido de zinco (II) e a sílica (SiO₂); sulfato ferroso. Os metais identificados podem acarretar problemas respiratórios e danos ambientais, além de doenças como alergias, bronquite, asma e até câncer, sendo comparado ao amianto. A mistura de todos esses componentes funciona como tinta para as impressoras (SANTOS; LIMA, 2017; HUANG; SARTORI, 2012).

O objetivo deste trabalho foi, a incorporação de resíduos de pó de toner de impressoras na borracha nitrílica, para avaliar as suas propriedades mecânicas de tração e de dureza Shore A.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras dos materiais foram pesadas de acordo com as massas estabelecidas na Tabela 1. Os elastômeros NBR 685 foram inseridos no banbury para “mastigação”, por 1 minuto. Em seguida, foram adicionados o ácido esteárico, óxido de zinco, 6PPD e Banox H, misturados por 30 segundos. Após este tempo, o negro de fumo e plastificantes foram incorporados e misturados por 3 minutos. A massa foi retirada do banbury e colocada em um misturador aberto (calandra COPE) para adição dos aceleradores e agentes de vulcanização (enxofre, MBTS e TMTD) por 2 minutos. Após serem retiradas do misturador aberto, as massas foram deixadas para descansar por 24 horas.



Tabela 1 – formulação utilizada para o desenvolvimento

Material	PHR	gramas
NBR 685D	100	400
Ox. de Zinco	3	12
Ac. Esteárico	1,5	6
6PPD	1	4
Banox H	0,5	2
NF 550	0 a 40	0-160
Pó de <i>Toner</i>	0 a 40	0-160
D.O.P.	20	80
Enxofre	1,2	4,8
MBTS	1	4
TMTD	0,7	2,8

Fonte: Autoria própria (2019)

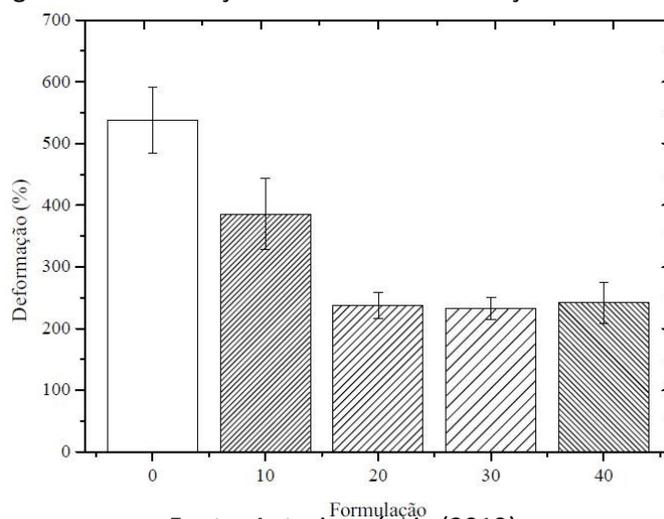
Após o tempo de descanso das massas, as mesmas foram cortadas e prensadas em uma prensa COPE e os corpos de prova foram cortados com um estampo seguindo as dimensões especificadas pelas normas para os ensaios de tração (ASTM D412) e de dureza Shore A (ASTM D2240), calculando-se a perda das propriedades originais dureza Shore A e tração.

As concentrações de pó de toner foram adicionadas em 10, 20, 30 e 40 PHR “*Parts per Hundred Rubber*” (parte por cem de borracha), sendo que as concentrações de 10, 20 e 30 foram somadas ao negro de fumo (NF) e a concentração de 40 PHR substituiu completamente a concentração de NF.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ensaio de tração

Figura 1 – Deformação máxima das formulações estudadas

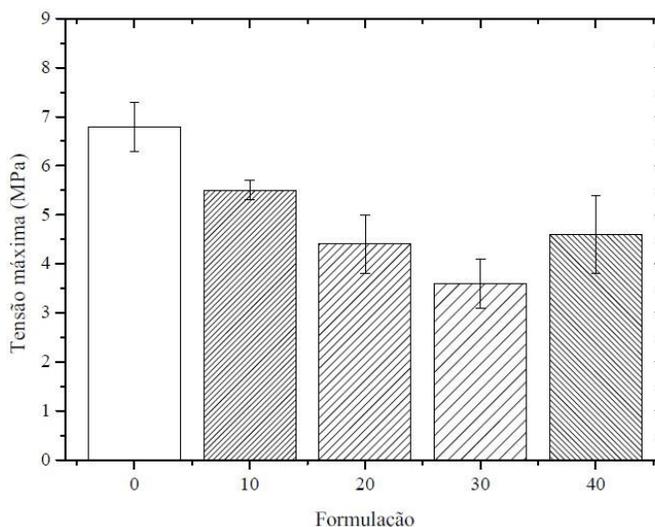


Fonte: Autoria própria (2019)



Analisando os resultados de deformação máxima das formulações (Figura 1), é possível notar que com o aumento de pó de toner, a capacidade deformacional dos compostos diminui, ou seja, a adição de uma carga diferente do negro de fumo causa diminuição na elasticidade do composto, também é possível notar que a partir da concentração de 20 PHR de pó de toner a propriedade mantém-se estável, porém menores que as formulações contendo apenas negro de fumo.

Figura 2 – Tensão máxima das formulações estudadas



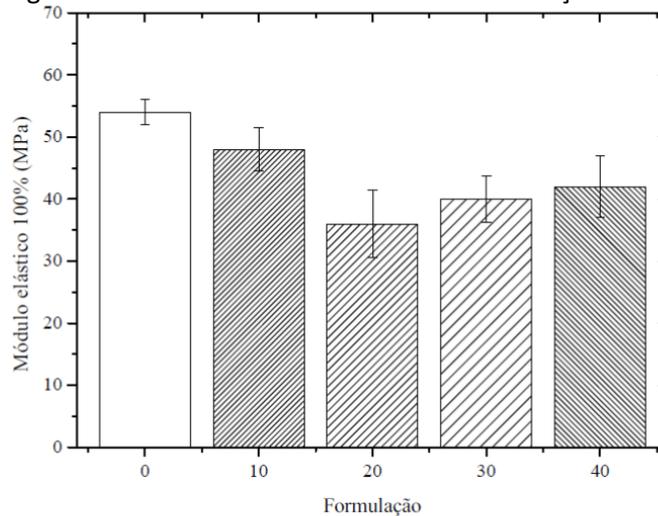
Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 2 demonstra a tensão máxima exercida sobre os compostos de borracha e é notável que com o aumento da concentração de pó de toner, a resistência dos compostos de borracha diminuem gradativamente, até a concentração de 30 PHR, já a amostra de 40 PHR de pó de toner demonstrou melhor comportamento sob tração do que as formulações contendo NF e o pó de toner. Isso pode nos levar a crer que os aditivos particulados não apresentam compatibilidade entre eles.

O módulo elástico é a razão entre a tensão e a deformação na direção da força aplicada ao polímero, sendo a máxima tensão que o material suporta sem sofrer deformação permanente. Com isso, nos elastômeros essa aferição é feita em determinadas deformações, como no caso o módulo elástico foi avaliado sob deformação em 100%. É possível verificar que as formulações contendo concentrações de 20, 30 e 40 PHR de pó de toner, demonstraram módulos de elástico bem próximos, não muito homogêneos e inferiores ao módulo da formulação contendo somente negro de fumo que se comportou de forma mais homogênea.



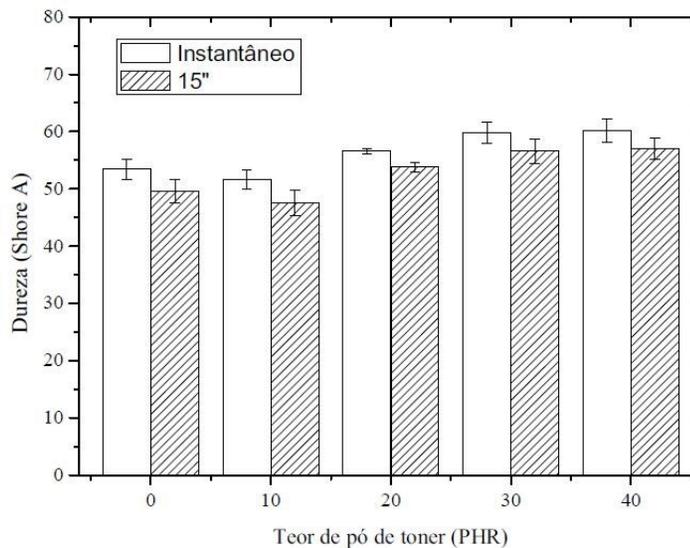
Figura 3 – Módulo elástico a 100% das formulações estudadas



Fonte: Autoria própria (2019)

Ensaio de dureza Shore A

Figura 4 – Tensão máxima das formulações estudadas



Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando os resultados de dureza Shore A é possível notar que, a dureza dos compostos de borracha NBR tem um leve aumento, que pode ser explicado pela composição do pó de toner, provavelmente apresentem maior dureza do que o negro de fumo utilizado (NF550) neste estudo.



4. CONCLUSÃO

A deformação sob tração dos compostos de borracha diminuiu com a adição de resíduo de pó de toner, acompanhado da tensão máxima e do módulo de elasticidade.

A dureza demonstrou um leve aumento, considerando a interferência do tipo da partícula do pó de toner obteve-se o aumento desta propriedade em relação ao negro de fumo.

Considerando que o pó de toner é um resíduo sólido disposto em aterros sanitários e praticamente sem custos para a indústria da borracha, é possível afirmar que é viável sua utilização em formulações elastoméricas, pois, além de proporcionar propriedades aos compostos, ainda contribui para menor disposição desses resíduos no meio ambiente.

Com este estudo é possível comprovar a viabilidade do consumo de pó de toner em substituição parcial ao negro de fumo que ainda é a melhor opção de aditivo reforçante para as borrachas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR. 10.004:2004. **Resíduos sólidos, classificação de resíduos**. Rio de Janeiro, 2004.

BRENDAN, R. **Rubber Compounding Chemistry and Applications**. New York: Marcel Dekker, Inc, 2004.

CIESIELSKI, A. **An introduction to rubber technology**. 1. ed. [s.l.] iSmithers Rapra Publishing, 1999.

HUANG, T. T.; SARTORI, V. C. Estudo sobre remanufatura de cartuchos de toner de impressora de duas faculdades da Unicamp. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 8, n. 2, p. 2-6, 2012.

LIU, J. et al. Investigation of aging behavior and mechanism of nitrile-butadiene rubber (NBR) in the accelerated thermal aging environment. **Polymer Testing**, v. 54, p. 59–66, 2016.

MOLINARI, N. et al. Molecular model for HNBR with tunable cross-link density. **The Journal of Physical Chemistry**, v. 120, n. 49, p. 12700-12707, 2016.

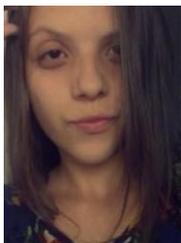
SANTOS, S. D. T. DOS; LIMA, U. R. DE. Estudo sobre a introdução do pó de toner na ferrita de Ni-Zn. **EXPOTEC**, 2017.

SHEN, M. et al. *Fretting wear behavior of acrylonitrile-butadiene rubber (NBR) for mechanical seal applications*. **Tribology International**, v. 93, p. 419–428, 2016.

SOUTO, L. F. C. et al. Estudo das propriedades reológicas, mecânicas e de blindagem eletromagnética de misturas elastoméricas envolvendo borracha nitrílica (NBR) e borracha nitrílica carboxilada (XNBR). **Polímeros**, v. 27, p. 14–19, 2017.



Geovanna Pereira Ragazzo



Atualmente cursando graduação em Tecnologia de Polímeros pela Faculdade SENAI de Tecnologia – Departamento Regional de São Paulo (conclusão 2020). Possui Técnico em Plásticos pela escola SENAI Mario Amato – Departamento Regional de São Paulo (2016). Exercendo função em controle de qualidade na área de indústrias plásticas.

Gilberto Alves dos Santos



Cursando graduação em Tecnologia dos Polímeros na faculdade SENAI de tecnologia – Departamento Regional de São Paulo (término 2019) – Possui graduação em Técnico Químico pela escola ETEC Lauro Gomes Centro Estadual de Educação Tecnológica "Paula Souza" (CEETEPS) (2012). Atualmente Supervisor de Produção Química na empresa Policontrol Instrumentos Analíticos EIRELI – Experiência em formulações de reagentes analíticos, Instrumentos Analíticos, padrões, soluções fatoradas.

Leandro José dos Santos



Possui Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais – Universidade Federal do ABC (UFABC) – Com ênfase em blendas poliméricas. Possui graduação em Tecnologia de Polímeros pela Faculdade SENAI de Tecnologia – Departamento Regional de São Paulo (2016) e Técnico em Plásticos pela escola SENAI Mario Amato – Departamento Regional de São Paulo (2011). Atualmente é professor de Graduação e Pós-graduação da Faculdade SENAI Mario Amato. Tem experiência na área de desenvolvimento de formulações de PVC, elastômeros (termoplásticos e termofixos) e de poliolefinas, atua no desenvolvimento de compósitos particulados e blendas poliméricas, atuando principalmente nos seguintes temas: wollastonita, talco, carbonato de cálcio entre outros, como também com misturas físicas de termoplásticos de engenharia entre eles, poliamidas, poliuretano, ABS e polipropileno.