

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

**Estudo da Processabilidade de *Masterbatches* de Grafeno para
Compostos Elastoméricos da Indústria Pneumática**

Projeto submetido ao edital 04/2022 na modalidade voluntário

Santo André

2022

RESUMO

Com a necessidade de tecnologias para o desenvolvimento de novos materiais para os chamados "Pneus Verdes" da indústria pneumática, o presente trabalho trás a proposta de utilização do grafeno como substituto do Negro de Fumo para pneus de alta fração de sílica, por meio da confecção de *masterbatches* de grafeno modificado em matriz de polioisopreno ou polibutadieno dissolvidas em tolueno, melhorando sua dispersão no composto elastomérico final e conseqüentemente suas propriedades dielétricas e dinâmico-mecânicas.

Palavras-chave: Pneu verde; Grafeno; *Masterbatch*; Histerese.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	MATERIAIS E MÉTODOS	6
2.1	Materiais	6
2.2	Metodologia	6
2.3	Cronograma de Execução	7
	REFERÊNCIAS	8

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o setor da indústria de transformação representa em torno de 11,3% do PIB do Brasil (CNI, 2022) ¹. Desta fração, historicamente, 4,0% compõem o subsetor de produtos de borracha e material plástico (FIESP, 2019) ². O que torna o estudo do processamento destes materiais algo de grande interesse econômico.

Iniciado através da Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (PD&I) da produtora de pneus francesa *Michelin* em 1992, o conceito de “Pneu Verde” (do inglês: *Green Tire*) surge como resultado da diminuição da resistência ao rolamento dos mesmos através da modificação de sua formulação. Alterando-se a composição da massa da banda de rodagem, via adição de silano à sílica em condição de mistura controlada, é possível uma substituição parcial do negro de fumo, utilizado como reforçante padrão desde o início da produção industrial de pneus, além de aumentar a aderência às superfícies frias e, consequentemente, maior longevidade do pneu. Porém, ao mesmo tempo, a mesma tende a facilmente formar aglomerados que dificultam sua dispersão na matriz elastomérica (ZHAI *et al.*, 2021).

Outro problema é alta histerese relacionada aos compostos elastoméricos reforçados com sílicas (ROLAND, 2016), se comparados aos elastoméricos tradicionais reforçados com negro de fumo (NF) e, da mesma maneira, tais compostos são condutores elétricos e antiestáticos inferiores, condições necessárias à aplicação no setor pneumático. Atualmente, para resolver esta questão, há uma tendência do uso de nanorreforços para substituição total/parcial do NF na formulação dos compostos. Dentre as possibilidades, apesar de recente, é o uso do grafeno, que já movimenta um mercado milionário com previsão de crescimento de mais de 40% entre 2022-2025 ³. A vantagem deste é a capacidade de utilização de menor volume para mesma eficiência, dado sua elevada razão superfície/volume, além do horizonte exploratório que ainda existe sobre o tema (MATOS; ZARBIN; GALLEMBECK, 2019).

¹Base de cálculo: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) / Ministério da Economia.

²Base de cálculo: Pesquisa Industrial Anual (PIA) e Contas Nacionais - IBGE (2016, último dado disponível para a PIA).

³Dados retirados do levantamento da *Markets and Markets Research Private Ltd.*

Para investigar vias de utilização do grafeno em compostos elastoméricos, com intuito de substituir a quantidade de NF necessária em compostos elastoméricos de alta porcentagem de sílica, será estudado o comportamento da dispersão de grafeno na matriz à partir da confecção de *masterbatches* de bases poliisopreno e butadieno.

O presente projeto é vinculado à Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII): Unidade de Materiais Funcionais do Grupo de Ciência, Tecnologia e Inovação em Materiais da Universidade Federal do ABC (CTIM), em parceria com a empresa do setor privado PROMETEON TYRE GROUP S.r.l.[©] (Prometeon) desde setembro de 2021. Por este motivo os detalhes dos parâmetros de processo e formulação, dos compostos a serem obtidos, não serão compartilhados afim de atender às Lei nº 9.279/96 (Lei da Propriedade Industrial) e Lei nº 10.973/04 (Lei da Inovação), e ao Decreto nº 9.283/18 (Novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação), que regulamento a confidencialidade e sigilo da pesquisa industrial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a confecção de todos os *masterbatch* e compostos será utilizado o grafeno não modificado em forma de pó GP Graphene[®] (2DM[©]), com teor de carbono maior de 90% e área específica de 90 m²/g.

Para as matrizes elastoméricas serão utilizadas as borrachas sintéticas poliisopreno *SKI-3 Group II* de alto cis-1,4-(poli)isopreno via catalítica de Ti, IR-970[®] (SIBUR-PJSC NKNH^{©1}), e polibutadieno de alto cis-1,4-(poli)butadieno via catalítica de Nd, BUNA CB 24[®] (Arlanxeo[©]). As mesmas serão solubilizadas em tolueno e o grafeno precipitado em etanol para produção dos *masterbatches*.

2.2 Metodologia

A definição dos parâmetros de experimento será realizada através da previsão estatística de Delineamento de Composto Central Rotacional (DCCR), com os parâmetros de quantidades de grafeno e rotação do misturador durante a 2^a fase de mistura.

Os *masterbatches* serão produzidos através da solubilização com agitação e aquecimento das borrachas em tolueno, seguida da precipitação do grafeno no meio através da adição de etanol, no laboratório de Síntese de Macromoléculas da UFABC (S05, bloco A, *campus* Santo André).

Os compostos de borracha serão confeccionados em misturador interno de rotores tipo *intermix* (Brabender) do laboratório de Processamento de Polímeros da UFABC (S06, bloco A, *campus* Santo André), obedecendo uma sequência de mistura e fator de enchimento padrão para todas as repetições, mantido sob sigilo por serem procedimentos-padrão da empresa Prometeon.

A cada etapa o composto intermediário será uniformizado em cilindro aberto sem aquecimento, de espessura de filme padrão para todas as repetições, garantindo uma melhor dispersão dos ingredientes e reforços na matriz elastomérica.

¹ Acrônimo para *Nizhnekamskneftekhim*.

[illegible]

REFERÊNCIAS

CNI. **A Indústria em Números**. 2022. 2-2 p. Acessado em: 25 de jun. de 2022. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/ed/74/ed7416d6-a2e0-44e3-98db-5d032244f519/industriaemnumeros_maio2022.pdf>. Citado na página 4.

FIESP. **Panorama da Indústria de Transformação Brasileira**. 18. ed. São Paulo [*Online*]: Departamento de Economia, Competitividade e Tecnologia, 2019. 11-11 p. Acessado em: 25 de jun. de 2022. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=254650>>. Citado na página 4.

MATOS, C. F. de; ZARBIN, A. J. G.; GALEMBECK, F. Nanostructures and compatibility in rubber nanocomposites containing carbon nanofillers. **Carbon-Based Nanofillers and Their Rubber Nanocomposites: Fundamentals and Applications**, Elsevier, p. 7–23, 2019. Acessado em: 26 de jun. de 2022. Citado na página 4.

ROLAND, C. Reinforcement of elastomers. **Reference Module in Materials Science and Materials Engineering**, Elsevier, v. 10, p. 2–3, 2016. Acessado em: 26 de jun. de 2022. Citado na página 4.

ZHAI, X. *et al.* New designed coupling agents for silica used in green tires with low vocs and low rolling resistance. **Applied Surface Science**, Elsevier B.V., v. 558, 8 2021. ISSN 01694332. Acessado em: 26 de jun. de 2022. Citado na página 4.