

PROPRIEDADES DA MODIFICAÇÃO DE ELASTÔMERO SBR COM OLIGÔMERO POLIISOBUTILENO

Fabio José Esper^{1,2}, Guillermo Ruperto Martín Cortés^{1,2,3}, Janice Maria Zacharias¹, Daniela Farias Cabral¹ Thais Moreira Da Silva¹

¹Centro Universitário Estácio Radial de São Paulo. Campus Santo Amaro. Engenharia de Petróleo e Gás
[-janice.zacharias@estacio.br](mailto:janice.zacharias@estacio.br) ; daniela.cabral@estacio.br ; thais.moreira@estacio.br

²PMT-EPUSP - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. fabio.esper@usp.br ; germac@usp.br

³ Centro Universitário Faculdades Metropolitanas Unidas- FMU Campus Brigadeiro – Liberdade

RESUMO

Durante a execução do presente trabalho foram identificadas e avaliadas algumas das propriedades físico-mecânicas resultantes da adição do oligômero de Poliisobutileno (PIB 24) ao elastômero de Estireno-Butadieno (SBR). Para isso, cargas com teores diferentes deste oligômero foram adicionadas a composições vulcanizáveis do SBR. Essas misturas foram ensaiadas em Máquina Universal de Ensaio para caracterizar Alongamento na Ruptura e resistência a tração segundo norma ASTM D412 e dureza segundo a norma ASTM D2240. Em todas as formulações elaboradas com teores diferenciados do oligômero PIB 24, o mesmo agiu de forma multifuncional e em sinergia. Os resultados mostraram que os elastômeros modificados por adição deste oligômero em sua composição, adquirem propriedades parcialmente similares as apresentadas pelos polímeros; onde o PIB 24 atua como Agente Plastificante, Agente Amaciante (Softner) e Agente de Pegajosidade (Tack), simultaneamente. Conclui-se que o material resultante, otimiza as propriedades físicas e mecânicas características desses elastômeros, de maneira que podem ser utilizados na produção de diversos artefatos de uso econômico industrial como guarnições de portas, juntas e outros produtos similares.

1.INTRODUÇÃO

O Poliisobutileno (PIB) é um polímero sintético que possui características muito favoráveis e inúmeras aplicações, porém quando não acontece a polimerização completa, é obtido como resultado indesejável um oligômero de igual composição. Esse oligômero não possui aplicação industrial, por isso não é considerado material útil para fins industriais econômicos lucrativos. Quando esse oligômero é acidentalmente obtido é enviado à queima para gerar energia. (WIEBECK e HARADA; 2005). Entretanto,

considerando as exigências globais de sustentabilidade da indústria atual, baseada nas exigências da humanidade que aspira a crescer e se desenvolver em meio ambiente adequado, a preocupação com o meio ambiente e com o controle da emissão de gases poluentes procura evitar, diminuir ou controlar a emissão de gases poluentes como os emitidos durante a queima de esses polímeros inúteis até hoje.

Assim, tendo em vista que:



i) a maioria dos polímeros sintéticos são produzidos a partir de matérias-primas oriundas do petróleo (Mano, 1972),

ii) que a queima do petróleo é considerada uma das principais atividades industriais poluentes,

Ou seja, o oligômero PIB 24 não é uma exceção e a queima deste oligômero certamente é mais uma forma de poluição.

Por causa dos problemas acima citados, o presente trabalho procurou uma solução ambiental e um destino e oportunidade lucrativa para este material.

Por isso, foi proposto avaliar seu comportamento em aplicações que o polímero de igual composição possui: produção e adição em borrachas visando atender às necessidades de mercado de maneira amigável com o meio ambiente.

Sabe-se que todos os polímeros são macromoléculas, porém nem todas as macromoléculas são polímeros (MANO, 1972). Para uma macromolécula ser considerada um polímero é necessário que ela seja sintética e que tenha propriedades físicas e mecânicas tais que permita o seu uso na fabricação de artefatos (MANO, 1991a). Como estas propriedades estão relacionadas com o comprimento da macromolécula, o

polímero só é polímero a partir de um certo comprimento do filamento macromolecular ou, o que é a mesma coisa a partir de um determinado peso molecular (BOWER, 2002a). As macromoléculas com tamanhos considerados insuficientes para serem chamadas polímeros, ou seja, que possuam baixa massa molecular são chamadas oligômeros (BOWER, 2002a). Eles são geralmente viscosos, de peso molecular da ordem de 10³. Um exemplo de oligômero do polietileno é a parafina extraída do petróleo. A rota de produção de oligômeros é a mesma de produção de polímeros (WIEBECK e HARADA; 2005). Todos os polímeros têm um oligômero correspondente, mas a recíproca não é verdadeira (BOWER, 2002a). Algumas macromoléculas por mais que cresçam nunca atingem o ponto de serem rotuladas como polímero (BOWER, 2002b). O polimetilmetacrilato, cujo monômero é o metilmetacrilato, é o nosso conhecido acrílico que possui excelentes propriedades óticas e mecânicas (MANO, 1991a). Já o monômero butil acrilato, por mais que seja polimerizado nunca atinge a condição de polímero (MANO, 1991a).

Polímeros são materiais que apresentam em sua estrutura molecular unidades relativamente simples que se repetem, ligadas entre si por ligações covalentes. Este tipo de ligação favorece uma grande estabilidade

físico-química, formando longas cadeias e, portanto, resultando em compostos de alta massa molecular; unidades monoméricas (BOWER, 2002a).

Para os polímeros que realmente possuem alta massa molecular (da ordem de 10³ a 10⁶ g/mol), usa-se a expressão alto polímero (high polymer) (BOWER, 2002a).

O termo polímero vem do grego e quer dizer muitas partes, já o termo oligômero, também do grego, significa poucas partes. Os polímeros, diferentemente das substâncias químicas de baixa massa molecular, são produtos heterogêneos, pois podem possuir uma mistura de moléculas de diferentes massas moleculares, apresentando, portanto, polimolecularidade (WIEBECK e HARADA; 2005).

1.2 OBJETIVO

Este trabalho se propôs agregar valor econômico-industrial ao elastômero SBR através da adição do oligômero de

Poliisobutileno petroquímico como modificador de propriedades físicas e mecânicas.

Também, reduzir as perdas econômicas e o impacto ambiental produzido pela queima desse elastômero SBR para produzir energia quando não é obtida a sua polimerização. Isso pode ser conseguido ao encontrar aplicações industriais modificando suas propriedades físicas e mecânicas mediante adição do oligômero de Poliisobutileno petroquímico.

2. MATERIAIS E METODOS

As borrachas para o trabalho foram cedidas pela empresa “Indústria de Artefatos de Borracha Esper Ltda.” As mesmas foram recebidas em blocos, depois foram cortadas e tratadas por calandras de proporção industrial até se transformarem em “mantas”, formato adequado para ensaios em escala laboratorial (Fig. 1). O oligômero de Poliisobutileno (PIB 24) foi recebido como doação da empresa “Braskem”.

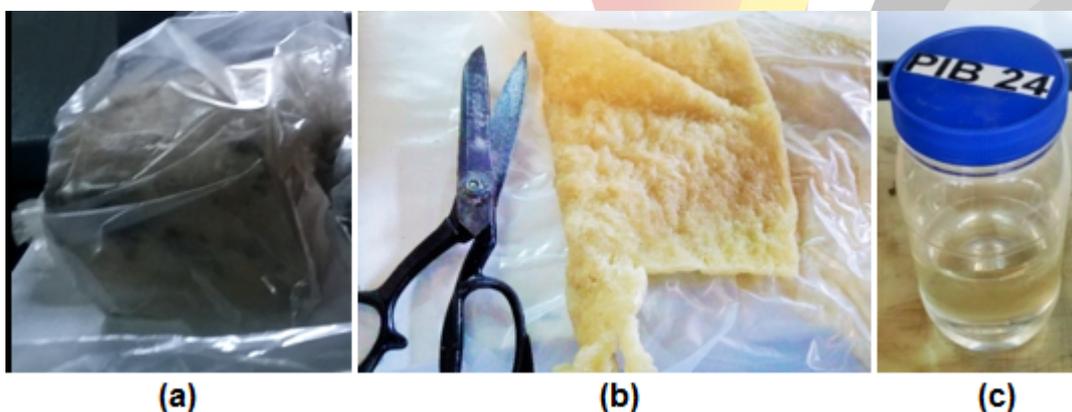


Figura 1: Elastômero SBR1502 em bloco (a) e em manta (b) e oligômero de PIB 24 (c)

Foram pesados 100 g do Elastômero SBR e processados no misturador de rolos em temperatura de 45° C, aproximadamente. Ao decorrer da mistura, processo nomeado de “mastigação”, (aproximadamente 5 minutos) após este período adicionou-se a carga (argila

(caulim) + oligômero) a massa (elastômero) (Fig. 2).

Foram pesados 40 g de argila juntamente com 4 g do oligômero (carga) (Tabela 1) e essa mistura foi adicionada a massa no misturador (Fig. 3).



Figura 2. Elastômero com argila e oligômero no misturador de rolos. Foto do autor.



Figura 3. Adição de ativadores e catalizadores no misturador do laboratório. Fotos do Autor.

Tabela 1. Composição inicial das massas

Materiais e Reagentes	Quantidades
Carga (Argila)	40,0 (phr)*
Oligômero PIB-24	4,0 (g)



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Oxido de Zinco	5,0 (phr)
Ácido Esteárico	2,0 (phr)
Enxofre	1,0 (phr)
MBTS (mercaptobenzotiazol sulfenamida)	1,0 (phr)
TMTD (tetrametil thiuran dissulfeto)	0,5 (phr)
Elastômero SBR	100,0 (phr)
TOTAL	153,50 (phr)

Fonte: Composição utilizada na Ind. Artefatos de Borracha Esper, Ltda.

*phr significa partes por cada 100 partes de borracha.

2da. e 3ra. Variações de Composição

Essas formulações foram processadas da mesma forma, porem com distinção na composição. Na segunda e na terceira formulação utilizaram-se os mesmos produtos, porem em quantidades diferentes de oligômero.

Na segunda mistura utilizou-se 7g de oligômero e na terceira 10 g de oligômero. A única variação efetuada nessas formulações referente a anterior descrita, foi a de oligômero pois o resto de cada formulação utilizou a mesma quantidade de materiais e reagentes.



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO



Fig. 4 Massa homogeneizada e composição completa (Foto do Autor)

Já no caso da carga adicionada a massa, teve-se também uma variação que foi a adição de argila, não tendo oligômero algum em sua composição.

A mistura assim composta, foi submetida ao misturador de rolos e processada da mesma maneira, mas, quando a massa obtida apresentou aspecto totalmente homogêneo foi retirada do misturador (Fig. 4) e colocada na Prensa Hidráulica para o processo de vulcanização.



Fig. 5 Vulcanização (Foto do Autor)

A Prensa já estava em condições necessárias para o processo: temperatura 160°C e pressão 3 bar, aproximadamente. As massas foram mantidas na prensa hidráulica (Fig. 5) por aproximadamente 5 minutos visando obter uma vulcanização ideal.

Após os 5 minutos o material, já vulcanizado, foi retirado (Fig. 6) e então colocado embaixo de água corrente para ser resfriado.

www.conepetro.com.br

br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO



Fig. 6 Retirando material vulcanizado da Prensa Hidráulica (Foto do Autor)

Sobre a face inferior foi colocada uma placa que serviu de superfície para a placa vulcanizada e a cima dela foi colocado o molde de corpo de prova, de maneira que fossem dispostas umas sobre as outras. Assim a placa foi submetida a cortes de forma que os manetes superiores do Balancim fossem rosqueados até cortarem de fato, os corpos de

prova (Fig. 7)

Foram produzidos tantos corpos de prova com as quatro composições anteriormente descritas como necessários e suficientes para realizar os ensaios subsequentes propostos na metodologia prevista.

www.conepetro.com.br

br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO



Fig. 7 Balancim, molde para corte de corpos de prova de 8 mm adequados para os ensaios do trabalho e, no extremo direito um corpo de prova. (Fotos do Autor)

Ensaio de Laboratório

Ensaio de dureza ASTM D 2240

Com o Durômetro Shore aferimos a dureza do material vulcanizado. A amostra própria para o ensaio, foi colocada entre as chapas de metais que pressionam o corpo de

prova com o tempo regulado para 5 s. Os resultados que se apresentam na seção correspondente são a média das medidas de 6 corpos de prova de cada composição.



Fig. 8 Durômetro Shore A e Corpo de prova para aferir dureza

(Fotos do Autor)

www.conepetro.com.br

br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

Ensaio de alongamento e ruptura segundo a Norma ASTM D 412.

Com a máquina universal (Fig. 9a) de ensaio foi realizado o ensaio de alongamento e ruptura. Os corpos de prova produzidos foram fixados por suas extremidades nas garras do equipamento. Este equipamento aplica esforços crescentes na sua direção axial, sendo medida a deformação de

alongamento ou estiramento axial até a ruptura do material (Fig. 9b), ou seja, um [ensaio destrutivo](#).

Também foram calculadas as médias das aferições resultantes dos ensaios, para se obter resultados que se apresentam na seção correspondente.



Fig. 9 Máquina Universal e Corpo de prova fixado às garras (a) e Ruptura do corpo de prova (b).
(Fotos do Autor)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção se apresentam os resultados obtidos nos ensaios descritos na metodologia. Acompanha-se a discussão dos mesmos.

Os estudos se iniciam pela avaliação das propriedades, envolvendo ensaios físicos e

mecânicos, demonstrando e analisando comparativamente os resultados obtidos baseado em informações adquiridas tanto pela empresa que patenteou o polímero Poliisobuteno (PIB 24) quanto pela literatura estudada.



Tabela 2: Resultados de Dureza segundo a Norma ASTM D 2240

Formulação	Dureza Shore A
Sem oligômero	40
1ª Formulação (4g oligômero)	39 Shore A
2ª Formulação (7g oligômero)	36 Shore A
3ª Formulação (10g oligômero)	33,6 Shore A

Da leitura da Tabela 2 Resultados da Dureza Shore A ensaio efetuado segundo a Norma ASTM D2240 se pode comprovar que o aumento na adição do oligômero PIB 24 produz o efeito de diminuição da dureza no elastômero SBR. Isso analisado do ponto de vista de elastômero resulta positivo pois nos

polímeros elastômeros quando diminui a dureza aumenta a elasticidade o que confere propriedades adequadas para produtos como as juntas ou guarnições de portas automotivas o que confere valor industrial ao novo material assim obtido

Tabela 3: Resultados dos Ensaio de Resistência a Tração e Alongamento na Ruptura segundo a Norma ASTM D412.

Composição	Resistência a Tração (MPa)	Alongamento %
Sem oligomêro	3,3	779,5
1ª Composição	3,55	891
2ª Composição	3,73	918
3ª Composição	4.2	922

Já no que se refere à Resistência a tração e ao alongamento na Ruptura se confere que a medida que se aumenta a adição do oligômero PIB 24 a Resistência a Tração aumenta em tanto que o material assim obtido resulta mais elástico, ou seja, o mesmo

consegue ser estirado em maior quantia que o material original, o que resulta num novo material de propriedades muito interessantes para a indústria de polímeros e borrachas em geral.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que a adição do oligômero de Poliisobutileno (PIB 24) ao elastômero estireno-butadieno (SBR) resultou em melhoras das propriedades físicas e/ou mecânicas proporcionando propriedades similares as do polímero PIB 24, plastificando-o (selando, adesivando), conferindo boas características, reduzindo sua dureza e aumentando a porcentagem de alongamento de ruptura.

Ainda, do ponto de vista ambiental, a adição do oligômero PIB 24 ao elastômero SBR resgata materiais que de outra forma

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D2240. Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness.

ASTM D412 - 15a Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension

BOWER, D. I. An Introduction to Polymer Physics; Cambridge University Press: Cambridge, 2002a.

BOWER, D. I. An Introduction to Polymer Physics; Cambridge University Press: Cambridge, 2002b.

seriam destinados à incineração para produzir energia com a subsequente contaminação ambiental o qual se evita com o novo procedimento.

Deve-se destacar ainda que, do ponto de vista econômico e social, com a adição do oligômero PIB 24 ao elastômero SBR pode se oferecer um novo tipo de material com perspectivas de oportunidade lucrativa e sustentável para este produto, antes visto como um resíduo inútil.

A possibilidade de novas aplicações mereceria novos estudos em maior quantidade de aplicações.

E. B. Mano; H. Morawets – “Polymers Science”, North Holland, London, 1972.

E. B. Mano – “Introdução a Polímeros”; Edwarg Blucher, São Paulo, 1991a.

E. B. Mano – “Polímeros como Materiais de Engenharia”; Edwarg Blucher, São Paulo, 1991b

TORRES, Eduardo Mc Mannis. A evolução da indústria petroquímica brasileira. Quím. Nova, v.20, p. 49-54, 1997.

WIEBECK, Hélio; HARADA, Júlio.



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Plásticos de engenharia. São Paulo: Artliber,
2005.



[www.conepetro.com.](http://www.conepetro.com.br)

br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br