

**BORRACHA**

**DE**

**POLIBUTADIENO**

**CARACTERÍSTICAS**

**COMPOSTOS**

**APLICAÇÕES**



**Índice:**

- Borracha de Polibutadieno;
- Histórico;
- Produção do Monômero de Butadieno;
- Estrutura do Polibutadieno;
- Microestrutura;
- Microestrutura, Formação Isomérica CIS 1,4 – Figura 1;
- Microestrutura, Formação Isomérica TRANS 1,4 – Figura 2;
- Microestrutura, Formação Isomérica VINIL 1,2 Figura 3;
- Posição dos Grupos Vinil Pendentes Figura 4;
- Situação dos Grupos VINIL na condição Isotático e Sindiotático;
- Polibutadieno, Temperaturas de Tg e Tm, Tabela 01
- Sistema Iônico de Polimerização por Adição do Polibutadieno;
- Formação da Microestrutura em Função do Catalisador Empregado Tabela 02;
- Polimerização por Coordenação;
- Macroestrutura;
- Polibutadieno de Alto CIS 1,4 Tabela 03;
- Polibutadieno de Baixo CIS 1,4 Tabela 04;
- Polibutadieno VINÍLICO Tabela 05;
- Processamento dos Polímeros de Polibutadieno;
- Compostos com Polibutadieno;
- Aplicação do Polibutadieno;
- Formulação de Referência para Banda de Rodagem de Pneus contendo Polibutadieno de Alto CIS 1,4 Tabela 06;
- Conclusão;
- Referências Bibliográficas.



## **BORRACHA DE POLIBUTADIENO**

### **Histórico**

Em 1863, através da pirólise de um amino-alcool, o pesquisador Eugene Caventou produziu as primeiras sínteses do Butadieno, porém, somente por volta de 1910 que outro pesquisador, o Dr. Lebedev, conseguiu a polimerização do 1,3 – Butadieno, usando sódio como catalisador.

Nos anos de 1914 a 1918, durante a Primeira Guerra Mundial, principalmente na Alemanha, houve problemas com a falta de Borracha Natural. O Isopreno, no início das pesquisas e desenvolvimentos, apresentavam-se com elevados custos e, sua era produção muito limitada. Igualmente, o 1,3 – Butadieno, além de caro, era difícil de produzir.

Todas estas dificuldades conduziram os alemães a desenvolver e produzir um tipo de material com características elastoméricas cujo monômero básico era o 2,3 – Dimetil – 1,3 – Butadieno, em que, a produção deste tipo de borracha foi encerrada, tão logo terminou a guerra.

Esforços e trabalhos adicionais sobre desenvolvimentos de borrachas sintéticas, usando as mesmas linhas de raciocínio científicos, se seguiram até o início de 1920 em que aumentos excessivos nos preços da Borracha Natural eram praticados no mercado. Paralelamente já se percebia larga expansão das indústrias automotivas. Tudo isso levou à revisão dos conceitos de mercado e incremento de pesquisas científicas no desenvolvimento das borrachas sintéticas.

Ainda na Alemanha, a I.G.Farbenindustrie, concentrou esforços em pesquisas na base do monômero de 1,3 – Butadieno, dado às experiências já colhidas nos anos de 1914 a 1918. Também, na época, acontecia os primeiros passos de desenvolvimento dos polímeros isoprênicos, sendo esses de manufatura difícil e elevado custo. Catalisadores base sódio eram usados na polimerização do 1,3 – Butadieno e nascia um polímero que foi chamado de “BUNA” Em 1932, a Rússia também iniciou a produção da SK Rubber, um Polibutadieno polimerizado com catalisadores base sódio.

Já em 1930, usando peróxidos como iniciadores, originavam-se os primeiros sistemas de polimerização em emulsão que, conseguia-se melhores qualidades técnicas dos produtos, porém, ainda longe das propriedades oferecidas pela Borracha Natural.

Somente por volta de 1935, com o processo de copolimerização de 1,3 – Butadieno – Acrilonitrila, a “BUNA N”, (atual NBR ), é que observou-se grandes vantagens técnicas do material. Na seqüência, no ano de 1937, nascia a “BUNA S”, um copolímero 1,3 – Butadieno – Estireno o nosso atual SBR.

A Standard Oil Company, nos EUA adquiriu esta tecnologia de polimerização o que foi de grande importância para as Forças Armadas, durante a Segunda Grande Guerra Mundial, sendo considerado como tecnologia estratégica, pelo governo Americano, na época.

Nos anos de 1950, a equipe do pesquisador, Dr. Karl Ziegler , descobriu a coordenação de sistemas de catálise (base Alumino – Vanádio ), trabalho estendido pela equipe do Dr. Giulio Natta que conduziu a novos sistema de polimerização, incluindo os estéreo-específicos Polibutadienos.



No final dos anos de 1950, foram introduzidos no mercado dois sistemas de polimerização, por solução do Polibutadieno, o tipo Alto CIS, usando catalisadores Ziegler – Natta e médio CIS, usando tecnologia de polimerização aniônica. Estes dois tipos de Polibutadieno encontram, ainda hoje grande emprego em compostos de pneumáticos, e também, como modificador de termoplásticos.

No início dos anos de 1970, quando o Estireno tornou-se excessivamente caro, um considerável esforço foi dedicado nos desenvolvimentos de Polibutadieno altamente Vinílicos, principalmente para uso em indústrias de pneus. Conseguiu-se então obter um material, para emprego em pneus, com excelente aderência e força de agarramento, em solo molhado.

O uso de Polibutadienos Vinílicos, bem com, SBRs Vinílicos, não tiveram um crescimento muito grande até o início dos anos de 1980, em que maior vida útil e menor resistência ao rolamento dos pneus, era exigida e concentrava-se principalmente nos EUA, devido às regulamentações da “CAFÉ” – Corporate Average Fuel Economy. Hoje o conceito de economia de combustível, larga vida útil dos pneus, bem como consciência ecológica, é uma realidade mundial.

Atualmente, o uso de Terras Raras e complexos de Urânio tem sido largamente pesquisado no uso em sistemas de catálise para produção de Polibutadienos de Alto CIS, com larga distribuição de peso molecular, o que tende a melhorar as características de processabilidade dos compostos, ainda, os polímeros apresentam melhor tack e cristalização sob estiramento à temperaturas acima daquelas conseguidas pelos Polibutadienos de Alto CIS, Ziegler – Natta.

### **Produção do Monômero de Butadieno**

Diversos, e diferentes sistemas tem sido empregados para produzir o 1,3 Butadieno. Entre os processos empregados estão: Processo Reppe, Processo Aldol, Processo de Dehidrogenação do Butano ou do Buteno, Processo Oxidativo e Dehidrogenação de Buteno e craqueamento direto. De qualquer maneira, a maior produção está em obter o 1,3 – Butadieno como sub-produto na produção do Etileno por craqueamento de Petróleo ou seus derivados.

No processo de craqueamento do Petróleo não envolve catalisadores. A matéria prima é aquecida a uma temperatura entre 700 a 900°C com vapor. O produto, bem como seu processamentos dependem da natureza das matérias primas e suas condições de craqueamento.

O 1,3 – Butadieno produzido por qualquer dos processos acima mencionados, deve ser purificado antes de ser usado como matéria prima para polimerização. A estocagem do monômero de 1,3 – Butadieno deve ser estabilizado e guardado sob pressão ou resfriamento e totalmente isento de oxigênio. Vale lembrar que o monômero de 1,3 – Butadieno não estabilizado tende a formação de peróxidos que são explosivos em contato com ar.

### **Estrutura do Polibutadieno**

A maioria dos tipos de elastômeros de Polibutadienos comerciais são produzidos através de polimerização por coordenação-adição, usando catalisadores base Ziegler – Natta, ou por polimerização aniônica usando catalisadores base alquil – lítio.



Também é possível a produção de polímeros de Polibutadieno por meio da geração de radicais livres e por processo de emulsão, usando catalisadores base neodimium, quando se deseja Polibutadienos de alto CIS.

A formação estrutural do polímero de Polibutadieno, ( Microestrutura e Macroestrutura ) é dependente do tipo de catalisador usado para polimerização, conforme podemos ver nas figuras, Fig 1; Fig. 2 e Fig. 3; abaixo:

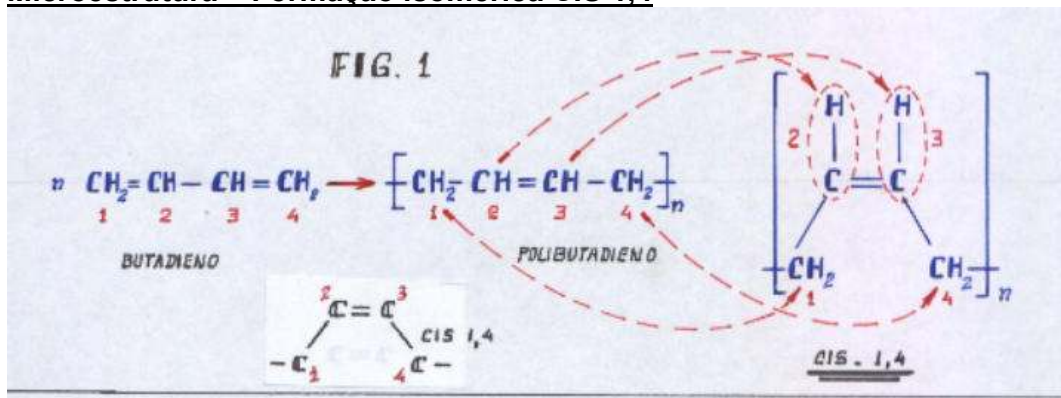
**Microestrutura:**

O crescimento das cadeias moleculares do Polibutadieno pode apresentar-se com três formações isoméricas diferentes, separadas ou conjuntamente.

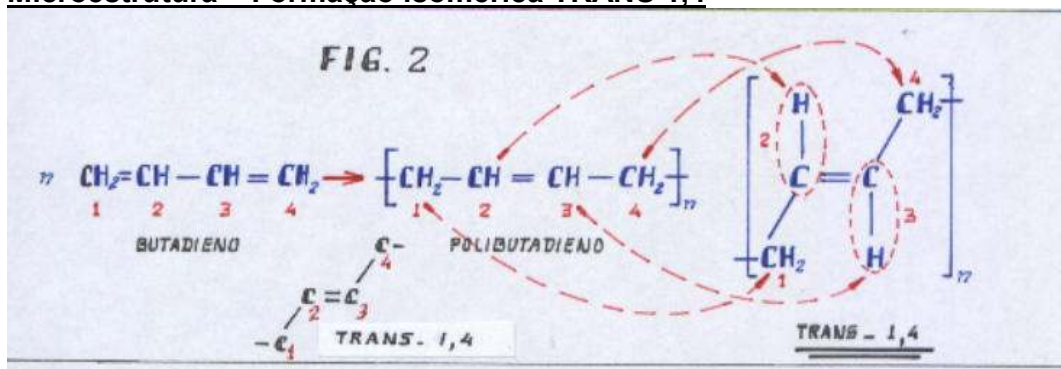
A participação das duplas ligações no processo de polimerização proporciona o crescimento para 1,4 poliadição que pode ser de CIS 1,4 ou TRANS 1,4, dependendo da disposição dos grupos contendo duplas ligações.

A participação de somente uma dupla ligação pendente, resulta em formação VINIL ou 1,2 poliadição, que pode apresentar estruturas com três coordenações possíveis, sendo; Isotático, Sindiotático e Atático; 1,2 ou 3,4 Polibutadieno. Vejamos as Figura 1; 2; 3 e 4, abaixo:

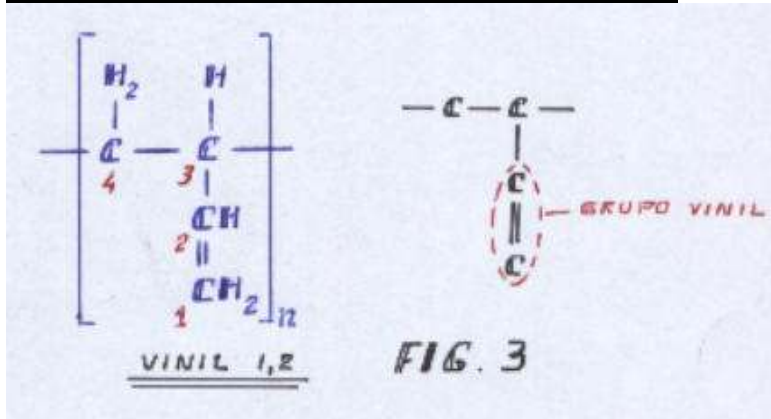
**Microestrutura – Formação isomérica CIS 1,4**



**Microestrutura – Formação isomérica TRANS 1,4**



**Microestrutura – Formação isomérica VINIL 1,2**



A formação VINIL 1,2 poliadição pode teoricamente ocorrer, na constituição molecular como cabeça – cabeça ou calda – calda.

Também, pode haver, ao longo da cadeia molecular, grupos VINIL pendent, estando estes localizados todos de um único lado da cadeia, ao que chamamos de situação “ISOTÁTICA”, Fig. 5.

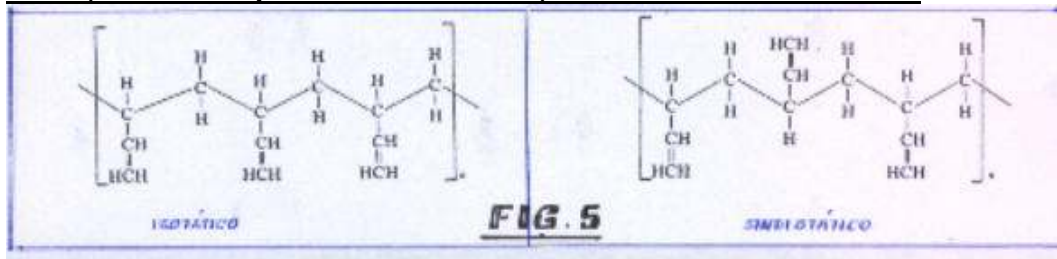
Ainda, os grupos VINIL pendent poderão estar localizados dos dois lados da cadeia, de forma regular e alternadamente, situação “SINDIOTÁTICA”, Fig. 5.

Ou também, poderão se formar de ambos os lados da cadeia de maneira totalmente irregular, assim, chamado de situação “ATÁTICA”. Ver esquema abaixo Fig. 4:

**Posição dos Grupos VINIL pendent**



**Situação dos Grupos VINIL na Condição Isotático e Sindiotático**





Polibutadieno de Alto CIS 1,4 apresenta-se como um polímero macio e de fácil solubilidade oferecendo excelentes propriedades dinâmicas, alta resiliência, muito boa resistência a abrasão, com temperatura de transição vítrea próximo a  $-102^{\circ}\text{C}$ .

Polibutadieno TRANS 1,4 ao contrário, apresenta-se como um elastômero rígido com temperatura de transição vítrea próximo a  $-83^{\circ}\text{C}$  ( p/ 94% deTRANS 1,4 ) tem alta dureza, é pouco solúvel e mostra-se com alta termoplasticidade.

Polibutadienos Vinílicos, 1,2 Isotático e 1,2 Sindiotático, apresentam-se rígidos, cristalinos e com pobres características de solubilidade; a temperatura de transição vítrea está próximo a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Já o Polibutadieno Vinílico 1,2 Atático apresentam-se como elastômeros macios.

Um outro fator importante que influencia nas propriedades do polímero é a interação ou a relação de uma unidade da cadeia polimérica com uma dada configuração de microestrutura e as unidades de suas vizinhas, por exemplo; polímero de 1,2 Polibutadieno que comporta em sua estrutura, ambas configurações, Isotática e Sindiotática.

A Tabela 01, abaixo, apresenta a influência da formação microestrutural do Polibutadieno referente às propriedades de Temperatura de Transição Vítrea “Tg” e Temperatura de Fusão “Tm” ( em  $^{\circ}\text{C}$  ).

**Tabela 01**

**Polibutadieno Temperaturas de Tg e Tm**

<b><u>Polibutadieno</u></b>	<b><u>Tg °C</u></b>	<b><u>Tm °C</u></b>
CIS 1,4	-106	+2
TRANS 1,4	-107	+97 a +145
Sindiotático 1,2	-28	+156
Isotático 1,2	-15	+126
Atático 1,2	-4	Não flui

Nota: Ao longo da cadeia polimérica do Polibutadieno poderão ser encontradas a mistura de todas as formações descritas.

**Obs:-** Polimerização em solução do Polibutadieno permite controles precisos sobre a formação microestrutural do polímero, somente através da variação do tipo de catalisador e dos solventes, diferentemente do processo de polimerização em emulsão.

**Sistema Iônico de Polimerização por Adição do Polibutadieno**

Este sistema de polimerização, também chamado de “Living Polimerização”, devido ao crescimento de cadeias, estando estas ativas até totalmente terminadas as reações.

Materiais, assim produzidos, tem encontrado constante procura, principalmente em novos desenvolvimentos de pneumáticos.

Para produção de Polibutadieno por este sistema, normalmente emprega-se catalisadores base metais alquil – álcalis. A formação da microestrutura varia dependendo do tipo da base metálica usada para catalise.

Dependendo do metal base do catalisador pode-se conseguir polímeros de Polibutadieno com formação de microestrutura com maior ou menor porcentagem CIS, bem como, TRANS ou



VINIL, conforme apresentado pela Tabela 02 abaixo. Observando-se que estes dados referem-se ao resultado do emprego de catalisadores alkil – metais tendo como veículo solventes não polares.

**Tabela 02**  
**Formação da Microestrutura em Função do Catalizador Empregado**

<u>Tipo de Metal do Catalizador</u>	<u>% de Formação CIS 1,4</u>	<u>% de Formação TRANS 1,4</u>	<u>% de Formação VINIL 1,2</u>
Lítio	35	52	13
Sódio	10	25	65
Potácio	15	40	45
Rubídio	7	31	62
Césio	6	35	59

Como podemos ver catalisadores com base em metal “Lítio” é o que produz Polibutadieno com menor nível de formação VINIL, na microestrutura. Também a utilização de solventes de média polaridade induz a grande parte desta formação microestrutural.

Conforme a polaridade da solução aumenta ocorre maior separação dos íons metálicos que se propagam nas cadeias tornando-as maiores na formação VINIL 1,2 de maneira a que este tipo de microestrutura se torne proeminente na constituição polimérica do Polibutadieno.

A percentagem de VINIL 1,2 interfere diretamente na temperatura de Transição Vítrea “Tg” do polímero de Polibutadieno, sendo que menor VINIL 1,2 oferece melhor Tg.

Produtores de Polibutadieno oferecem ao mercado diversos grades deste material com variadas percentagens de formação VINIL 1,2 Polibutadieno.

Estudos mostraram que com limites de 80% VINIL 1,2 a Tg está próximo a -20°C, polímero assim constituído às vezes são utilizados em banda de rodagem de pneus para melhor agarramento ao solo em regiões úmidas.

Polibutadieno com alta formação VINIL 1,2 apresenta-se com características mais borrachosas em trabalhos a temperaturas mais elevadas, gerando menor quantidade de calor em trabalhos dinâmicos como em pneus, assemelhando-se ao SBR.

### **Polimerização por Coordenação**

Além dos sistemas de produção de Polidutadieno, visto no texto acima, certa estéreo-regularidade pode ser conseguida usando sistemas de catalise Alkil – Álcali – Metais em processos de polimerização por coordenação. Neste caso, os principais tipos de catalisadores empregados são conhecidos por “Tecnologia Ziegler – Natta” . Estes são basicamente transição de metais complexos com alkil-derivados de metais ou hidretos dos Grupos I – III da Tabela Periódica.

A produção de Polibutadieno usando sistema de catalise Zielgler – Natta devidamente selecionado, pode produzir materiais com formação microestrutural do mais alto CIS 1,4, na cadeia polimérica. O elevado grau de estéreo-regularidade é devido ao complexo catalítico





somente permitindo que o monômero se aproxime da superfície do catalisador de uma maneira, assim assegurando a regularidade do crescimento da cadeia polimérica.

Os principais metais em transição usados no catalisador Ziegler – Natta, para produzir Polibutadieno de alto CIS 1,4 são Cobalto, Titânio e Níquel, sendo que, Polibutadieno da mais elevada formação Alto CIS 1,4 é conseguido com catalisador base Cobalto adicionado de alguns modificadores, desta forma consegue-se níveis de até 98 % CIS 1,4 Butadieno.

### **Macro Estrutura**

O sistema de catálise usado também influencia na macroestrutura do polímero.

Como parâmetros da macroestrutura entende-se a linearidade das cadeias, o peso molecular médio e a distribuição de peso molecular.

Polibutadieno polimerizado por sistemas de catalise Alkil – Lítio apresentam cadeias de elevada linearidade, e muito poucas ramificações tendendo na direção de uma monodispersividade, por ex. bem estreita distribuição de peso molecular.

A polidispersividade aumenta quando usado sistemas de catalise Ziegler – Natta base metais tipo Titânio, Cobalto e Níquel. Outros tipos de materiais como terras raras, ex. complexos de Urânio produz polímeros lineares com muito larga distribuição de peso molecular.

Para ilustração e melhor conhecimento prático dos tipos de Polibutadieno produzidos pelos diversos sistemas de catálise, bem como método de polimerização, as Tabelas 03; 04 e 05 abaixo informa os nomes comerciais e outros dados interessantes deste polímero. Os dados das tabelas foram conseguidos através do Rubber Handbook Vanderbilt de 1990.

**Tabela 03**  
**Polibutadieno de Alto CIS 1,4 ( > 90% CIS 1,4 )**

<b><u>Nome Comercial</u></b>	<b><u>Sistema de Catálise</u></b>	<b><u>Fabricante</u></b>	<b><u>Localização</u></b>
CISDENE	Ziegler Natta	American Synthetic	USA
AUSTRAPOL	Cobalto – Ziegler Natta	Rubber Corporation Australian Synthetic	Australia
BUNA	Cobalto – Ziegler Natta Titânio – Ziegler Natta	Rubber Company Bunawerke	Europa
EUROPENE CIS	Titânio – Ziegler Natta	Huls GMBH Enichem	Europa
BUDENE	Cobalto – Ziegler Natta	Goodyear	USA
CISAMER	Cobalto – Ziegler Natta	Indian Petrochemical Corporation	India
JSR	Níquel – Ziegler Natta	Japan Synthetic Rubber	Japão
KOSYN	Níquel – Ziegler Natta	Kumho Petrochemical	Koreia
NIPOL	Cobalto – Ziegler Natta	Nippon Zeon	Japão



PETKACUK	Cobalto – Ziegler Natta	Petkim	Europa
TAKTENE	Cobalto – Ziegler Natta	Polysar	USA
CARIFLEX	Cobalto – Ziegler Natta	Shell Chemical S.A.	Europa
TAIPOL	Cobalto – Ziegler Natta	Taiwan Synthetic Rubber	Taiwan
UBEPOL	Cobalto – Ziegler Natta	UBE Industries	Japão

**Tabela 04**  
**Polibutadieno de Baixo CIS 1,4 ( < 40% CIS 1,4 )**

<u>Nome Comercial</u>	<u>Sistema de Catalise</u>	<u>Fabricante</u>	<u>Localização</u>
ASADENE	Alkil - Lítio	Asahi Chemical Co.	Japão
BUNA	Alkil - Lítio	Bunawerke Huls GMBH	Europa
CALPRENE	Alkil - Lítio	Calatrava	Europa
COPERFLEX	Alkil - Lítio	Coperbo	Brasil
INTENE	Alkil - Lítio	Enichem	Europa
FINAPRENE	Alkil - Lítio	Finaprene N.V.	Europa
DIENE	Alkil - Lítio	Firestone Synthetic Rubber	USA
BUNA	Alkil - Lítio	VEB Chemische werke Buna	Europa
SOLPRENE	Alkil - Lítio	Negromex	México
TAKTENE	Alkil - Lítio	Polisar	USA

**Tabela 05**  
**Polibutadieno Vinílico Vinil 1,2**

<u>Nome Comercial</u>	<u>Nível de Vinil 1,2</u>	<u>Fabricante</u>	<u>Localização</u>
BUNA	Médio a Alto Médio 50%, Alto >70%	Bunawerke Huls GMBH	Europa
INTOLENE	Médio a Alto	Enichem	Europa
BUDENE	Médio	Goodyear	USA
NIPOL	Alto	Nippon Zeon	Japão
POLYSAR VBR	Alto ( Polibutadieno produzido em solução por blenda de Alto CIS e Alto Vinil )	Polysar	USA



## **Processamento dos Polímeros de Polibutadieno**

Elastômeros de Polibutadieno podem ser compostos, normalmente combinado com outros polímeros, de origem química similar, ( NR. SBR, IR ), e é facilmente blendado, assimilando perfeitamente também os outros ingredientes de composição, para obtenção de propriedades desejadas, nos artefatos finais.

A formação macroestrutural do polímero de Polibutadieno, apresenta efeito significativo no processamento do composto. Polímeros de muito baixa viscosidade, ( característica típica do Polibutadieno base Alkil – Lítio ), oferecem baixo grau de cisalhamento, o que torna-se um problema, causando até certa fluidez em temperatura ambiente. Para minimizar este problema, muitas vezes, durante a polimerização, materiais como divinil benzeno ou polímeros com ramificações na cadeia são adicionados, conjuntamente com um aditivo de acoplamento, para unirem-se à cadeia do polímero em formação.

A baixa viscosidade do polímero conduz a um baixo grau de cisalhamento, durante o processamento de mistura e incorporação de cargas, o que provoca má dispersão e a elaboração de um composto heterogêneo que produzirá artefatos com características mecânicas pobres.

Polibutadieno com certa quantidade de ramificações, na cadeia polimérica, oferece maior grau de cisalhamento, portanto, blenda mais facilmente e a incorporação das cargas e outros ingredientes de composição é significativamente superior.

Notadamente percebe-se que o Polibutadieno apresenta pobres características de mastigação e mistura em Misturador Aberto, tendendo a uma desagregação estrutural ( esfarelamento ), porém, como a grande maioria das vezes este participa como segundo polímero, no composto, via de regra, inicia-se a mastigação com o polímero principal e logo que formada a banda sobre o rolo do misturador, adiciona-se o Polibutadieno.

Polibutadieno de Alto CIS 1,4, principalmente os produzidos pelos sistemas de catalise por Neodimium ou Urânio apresenta muito larga distribuição de peso molecular, o que promove maior facilidade na formação da banda em torno do rolo do Misturador Aberto.

De qualquer maneira é sempre aconselhável produzir compostos contendo Polibutadieno em Banbury, principalmente se houver altas quantidades deste polímero, ( até aprox. 50 phr ).

## **Compostos com Polibutadieno**

Como podemos observar, pelas Figuras 1, 2 e 3 acima, polímeros de Polibutadieno apresentam cadeias insaturadas, assim sendo, podem ser vulcanizados por Enxofre e tendo Óxidos Metálicos e Ácidos Graxos como ativadores.

Polibutadienos Vinílicos apresentam superior estado de cross-link.

Comparativamente à Borracha Natural, compostos com Polibutadieno requer menores teores de Enxofre e ligeiramente maiores teores de Aceleradores, para se obter similar densidade de cross-link.



Para cura por peróxidos, Polibutadieno de Alto CIS 1,4, e mínimo conteúdo de Vinil 1,2 resulta em melhores propriedades.

Normalmente aceleradores primários da família das Sulfenamidas ( CBS ) combinadas com Tiurams ( TMTD ) ou Guanidinas ( DPG ), como aceleradores secundários, apresentam consideráveis resultados.

Compostos contendo Polibutadieno podem ser elaborados com altas quantidades de cargas, tipo reforçantes ( Negro de Fumo ou Sílicas ) ou inertes, bem como de plastificantes, ( preferencialmente derivados de Petróleo, os Aromáticos e Naftênicos, e em menor proporção, os Parafínicos ), dependendo do tipos e propriedades desejadas dos artefatos finais.

Devido a grande quantidade de insaturação nas cadeias poliméricas do Polibutadieno, o emprego de agentes de proteção são recomendados. Antiozonantes tipo 6PPD combinado com Antióxidantes tipo TMQ são de grande eficácia.

Blendas de Polibutadieno com outros polímeros são muito comuns, preferencialmente os de mais baixa polaridade, como Borracha Natural e SBR, porém, para combinação com elastômeros de alta polaridade, como NBR, a quantidade limita-se em máximo de 25% sobre a NBR.

Vinil Polibutadieno oferece maior compatibilidade na blenda com NR, melhorando a Tg, resistência a abrasão e à reversão em casos onde é necessário longos períodos de cura.

### **Aplicação do Polibutadieno**

Certamente o maior emprego de polímeros de Polibutadieno é em compostos para componentes de pneumáticos.

Compostos para fabricação de componentes da construção de pneus, como carcaça, laterais e banda de rodagem, normalmente contém quantidades consideráveis de Polibutadieno, principalmente devido propriedades de alta resiliência, baixa geração de calor interno, resistência a abrasão e resistência a fadiga, que este polímero confere ao composto vulcanizado.

Comumente, esses compostos para pneumáticos são blendas de NR ou SBR com Polibutadieno, buscando assim as propriedades desejadas.

Polibutadieno altamente Vinílicos, conferem aos compostos de banda de rodagem dos pneus, melhor agarramento ao solo molhado e baixa resistência ao rolamento, porém, a resistência à abrasão é inferior.

Polibutadieno de médio Vinil, oferece á banda de rodagem do pneu, razoável características de agarramento ao solo, durante a tração automotiva, baixa resistência ao rolamento e boa resistência à abrasão.

Polibutadieno de médio a alto CIS 1,4 oferece ao composto para banda de rodagem dos pneus, excelente resistência à abrasão, baixa resistência ao rolamento, porém, apresenta pobres propriedades de agarramento do pneu ao solo molhado.





Outras aplicações de polímeros de Polibutadieno incluem:- Produção de compostos para fabricação de correias transportadoras de alta resistência a abrasão, alta resiliência, e boa resistência a baixas temperaturas. Compostos para bola de golf. Compostos para coxins e peças de alta resiliência etc...

Também, Polibutadieno de alto CIS, são normalmente usados como modificador de impacto para Poliestireno ( para produzir o Poliestireno de Alto Impacto HIPS ). Neste caso, o Estireno é polimerizado na presença de 3 a 12 % de Polibutadieno de alto CIS, que apresenta-se em forma de partículas dispersas e alojam-se como graftizadas homogeneamente em toda matriz do Poliestireno. Para esta aplicação é imprescindível o uso de Polibutadieno livre de gel.

### **Conclusão:**

Como pudemos verificar, existe grande quantidade de tecnologia envolvendo a síntese do polímero de Polibutadieno, de maneira que as usinas produtoras deste material possa oferecer ao mercado manufatureiro de compostos e artefatos de borracha diversas alternativas de escolha, dependendo das características desejadas, do artefato vulcanizado.

Certamente, o grande consumo dos diversos tipos de Polibutadieno reside na construção de pneumáticos, pois, os pneus podem ser considerados como artefatos de borracha com altíssimas propriedades técnicas e de grande responsabilidade, principalmente atinente à segurança, não obstante, as exigências referentes à vida útil, conforto e economia de combustível, das atuais normalizações mandatórias de montadoras automotivas.

Em menor volume de consumo, mas também de grande significância, o emprego de Polibutadieno tem marcado presença em peças técnicas das mais variadas aplicações, onde, principalmente a resistência à abrasão e alta resiliência são características predominantes, portanto, compete ao Tecnologista em Borracha, conhecer com certa profundidade as propriedades técnicas deste material para indica-lo em compostos e artefatos de forma a conseguir extrair os resultados desejados e a performance técnica necessária.





**Referencias Bibliográficas:**

*Synthetic Rubber*, ed. By G.S. Whitby, J. Wiley and Sons, 1954;  
*Textbook of Polymer Science*, F.W. Billmeyer, J. Wiley and Sons, 1970;  
*Polymers; Chemistry and Physics of Modern Materials*, 1973;  
*Developments in Polymerization*, Vol. 1 and 2, ed. By R.N. Haward, Applied Science Pub. 1979/80;  
*Synthetic Rubbers – Their Chemistry and Technology*, D. Blackley, Applied Science, pub. 1983;  
*Rubber Chemistry*, J.A. Brydson, Applied Science, pub. 1978;  
*Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, Vol. II, J. Wiley and Sons, 1985;  
*Polymer Blend*, Vol. 2 Ch. 19 Elastomers Blend in Tires, Academic Press Inc. Calif. 1978.  
L. Gargani, P. de Ponti and M. Bruzone, *High Vinil Polybutadiene, Dynamic Properties*, IRC 86, Goteberg, Sweden, June, 1986;  
N. Nagata, *Effect of Chemical Modification of Solution Polymerized Rubber on Dynamic Properties of Carbon Black Filled Vulcanized*, *Rubber Chem. And Tech.* 1987  
*The Vanderbilt Rubber Handbook*, Thirteenth Edition 1990,  
K. Ziegler, E Holzkamp, H. Breil, and H. Martin, *Angew. Chem.* 67, 541, 1955  
G. Natta and Danusso, Eds. *Stereoregular Polymers and Stereoregular Polymerization*, Pergamon Press, New York, 1958;  
*Rubber Technology*, By Maurice Morton, Third Edition, 1995  
*Several Technical Papers and Bulletins of producer Polybutadiene Rubber, as DOW, Petroflex and Internet search, Etc...*

por:  
V. J. Garbim  
High Performances Elastomers  
Specialist

Este material é um trecho do livro "Tecnologia da Borracha".  
Adquira o livro através do site [www.cenne.com.br](http://www.cenne.com.br) ou pelo telefone: (19) 3395-4206

