

Sempre que pensamos em conjuntos mecânicos, os materiais a eles relacionados e de que mais nos lembramos são, em geral, os materiais metálicos. Por isso, pode ser que você esteja até estranhando um pouco o fato de ter que estudar um capítulo inteirinho sobre um material como a borracha.

No entanto, essa estranheza só pode ser fruto de sua distração. Porque é muito difícil encontrar uma máquina que não tenha borracha para transmitir movimento, unir partes, conduzir fluidos, absorver choques, isolar ruídos. Afinal, de que são feitas as correias, os acoplamentos, os tubos, as guarnições?

Graças às suas propriedades físicas e químicas, a borracha é capaz de desempenhar com muita eficiência todas essas funções dentro das máquinas e equipamentos que nos cercam. Sem falar na fabricação de luvas cirúrgicas, balões de festa, calçados, pneus e... camisinhas.

Esta aula vai ensinar a você algumas das razões pelas quais a borracha é tão importante para a nossa vida e para a indústria mecânica. Acompanhe conosco.

Um pouco de história

A borracha é um material de origem vegetal obtido do látex da seiva de uma árvore chamada *Hevea brasiliensis*. Essa árvore, nativa das florestas tropicais, é a nossa seringueira, encontrada em estado selvagem na Amazônia. Até a segunda metade do

século XIX, o Brasil teve o monopólio da produção mundial da borracha. Em 1876, um contrabando levou 70.000 sementes para a Inglaterra, onde elas foram cultivadas em estufas e depois plantadas na Ásia. Após alguns anos, grandes plantações começaram a produzir em escala comercial. O Brasil, por explorar apenas as plantas nativas, perdeu o monopólio.

Embora tenha sido sempre utilizada por índios da América do Sul na vedação de canoas, na impermeabilização de objetos e na confecção de bolas para jogar, a borracha só foi descoberta pelos europeus em 1736. Porém, essa descoberta foi considerada de pouco valor, pois a borracha natural é mole e pegajosa quando aquecida e dura e quebradiça quando fria. Nessa condição, o único uso encontrado para ela, foi a substituição do miolo de pão para apagar traços de lápis.

Foi somente em 1839, mais de um século depois, que Charles Goodyear descobriu, ao acaso, um modo de tornar a borracha menos rígida e quebradiça. Ele deixou cair accidentalmente uma mistura de borracha e enxofre sobre a chapa quente do fogão. A mistura pegou fogo e começou a soltar muita fumaça. Para se livrar dela, Goodyear atirou-a pela janela. No dia seguinte, descobriu que o material que ele atirara pela janela, se tornara flexível. Estava descoberta a vulcanização.

O uso de aceleradores de vulcanização e de antioxidantes ajudou a melhorar as propriedades da borracha natural, mas as pesquisas em busca de borrachas sintéticas levaram à descoberta do Neopreno (1931) nos Estados Unidos e da Buna (1936) na Alemanha. Como sempre, as necessidades de mercado determinaram o rumo das pesquisas e novos produtos surgiram. Mas, isso é outra história, que fica para a próxima parte da aula.

Para parar e estudar

A primeira parte da aula tem informações interessantes. Dê uma paradinha, leia tudo novamente e faça o exercício a seguir.

Exercício

1. Responda as seguintes perguntas:
 - a) O que é a borracha?
 - b) Como os índios da América usavam a borracha?
 - c) Quais são os inconvenientes que a borracha natural apresenta?
 - d) Como a borracha pode se tornar menos rígida e quebradiça?

Há borrachas e... borrachas

Até aqui aprendemos que a borracha é um material de origem vegetal. Mas, você sabe como ela é obtida? Não? Então, vamos lá.

A borracha bruta é obtida do látex que é uma emulsão natural retirada por meio de um corte oblíquo feito na casca de uma árvore (como a *Hevea brasiliensis*, lembra?). O látex é recolhido em um recipiente preso no tronco logo abaixo do corte.



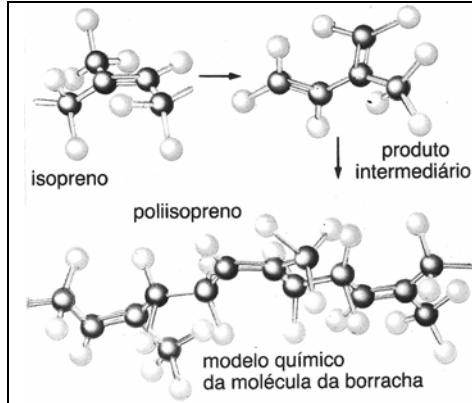
O látex colhido, depois de coado para a retirada de folhas, gravetos e insetos, é derramado em tanques divididos por pare-

des de metal. Lá, ele é coagulado pela adição de ácido acético diluído. O que se obtém dessa operação, é uma massa esponjosa que, em seguida, é laminada entre dois cilindros que giram com velocidades iguais debaixo de água. As folhas de borracha que saem dessa laminação, se depois forem passadas entre cilindros girando em velocidades diferentes, transformam-se no que chamamos de borracha-crepe. Depois, esse material pode ser defumado para evitar que fermente ou moe. Por fim, essas lâminas de borracha são prensadas em grandes blocos e enviadas para as indústrias onde se transformarão em produtos acabados.

Fique por dentro

Os seringueiros que trabalham na extração do látex das árvores no meio da floresta tropical, geralmente deixam que o látex se coagule naturalmente. Depois, formam bolas em torno de um bastão. Essas bolas são então lavadas, secas e defumadas.

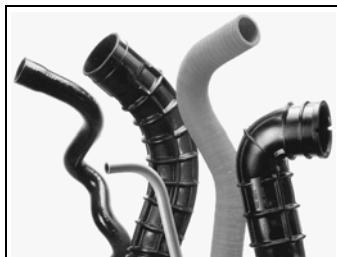
Essa borracha, na verdade um hidrocarboneto cuja fórmula é (C_5H_8), é um produto da polimerização do isopreno.



Ela é elástica, resistente à abrasão, à eletricidade e à água, porém altera-se em presença de luz e calor, além de não ter resistência a muitos óleos e solventes. A vulcanização, que é um tratamento por enxofre (2 a 4%) a quente ($110^{\circ}C$), realizado sob pressão ou em estufas, torna-a mais elástica e praticamente insolúvel.

Não existem artigos feitos de borracha pura. A câmara de ar que se coloca dentro de pneus tem 90% de borracha. Os pneus, cuja

borracha recebe adição de negro de fumo para aumentar sua resistência à abrasão, têm 60% de borracha. Outros produtos, como os solados de borracha, contêm 30% ou menos. Na verdade, ela é misturada com a borracha sintética para a fabricação dos mais diversos produtos.



Para parar e estudar

Nesta segunda parte da aula vimos como a borracha é obtida. Vale a pena retornar ao texto e estudar um pouco. Depois, é só fazer o exercício.

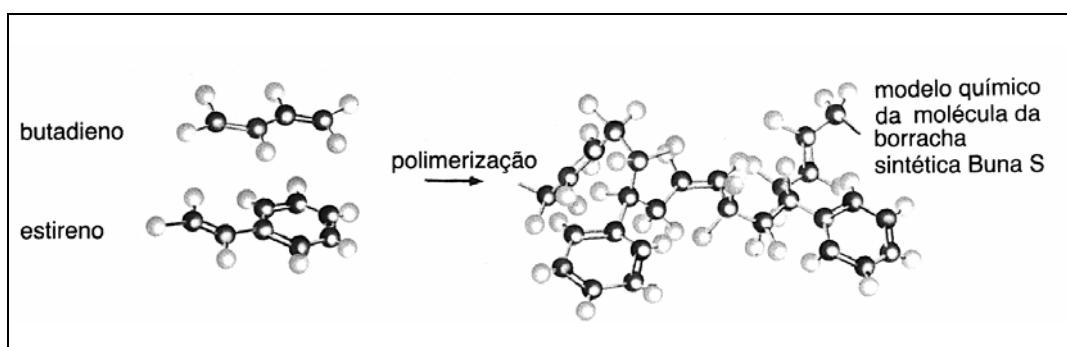
Exercício

2. Complete as seguintes sentenças sobre a obtenção da borracha.
 - a) O látex é uma natural recolhida em um recipiente preso ao tronco de árvores como
 - b) O látex colhido é coado e depois em tanques pela adição de diluído.
 - c) A massa esponjosa que resulta da coagulação é duas vezes. Na primeira laminação são obtidas folhas de borracha. Após a segunda, obtém-se
 - d) Depois da laminação, o material pode ser para ser protegido contra e

- e) O sringueiro que extrai o látex no meio da floresta, geralmente deixa que se naturalmente.

Borrachas sintéticas: por quê? Para quê?

Já que a borracha sintética foi mencionada na segunda parte desta aula, com certeza vem a pergunta: "Por que mesmo elas foram criadas?" A resposta é fácil: para tentar obter um material que melhorasse as propriedades que a borracha já tinha, e para tentar afastar as incertezas dos mercados fornecedores de borracha natural.



Dois países entraram nessa corrida na década de 30: a Alemanha, que se preparava para a guerra e os Estados Unidos, que perceberam a incerteza a que o fornecimento de borracha natural estava sujeito em caso de guerra, uma vez que a maioria dos produtores estava no sudeste da Ásia.

Assim, em 1931 os alemães desenvolveram as borrachas conhecidas como Buna-S, um copolímero de estireno-butadieno e Buna-N, um copolímero de butadieno-acrilonitrila. Já na metade dessa década (1936), empresas americanas desenvolveram pesquisas para obter um produto com propriedades superiores às da borracha natural. Esses produtos foram as borrachas nitrílicas (Buna-N) e as butílicas (copolímeros de isobutileno-isopreno).

Fique por dentro

Os SBRs, ou copolímeros de estireno-butadieno, combinados na proporção de 75% de butadieno e 25% de estireno, são as borrachas sintéticas mais comuns no mercado.

As borrachas sintéticas, também chamadas de elastômeros sintéticos, têm as mesmas propriedades das borrachas naturais, ou seja, elasticidade, possibilidade de vulcanização, solubilidade em solventes, resistência à água, à eletricidade e à abrasão. Por outro lado, apresentam melhor desempenho quanto à durabilidade e à resistência a óleos, ao calor e à luz. O quadro a seguir apresenta algumas borrachas sintéticas, suas vantagens e desvantagens em relação à borracha natural e suas aplicações. Leia-o com atenção.

Tipo	Vantagens	Limitações	Aplicações
Borracha de poli-isopreno	Propriedades iguais ou superiores às da borracha natural	Facilidade limitadas de fabricação e processamento	Pneus para automóveis e caminhões
Butadieno-estireno (SBR)	Propriedades semelhantes às da borracha natural Amplas facilidades de produção	Um pouco inferior à borracha natural em resistência à tração e ao desgaste	Combinações com a borracha natural, pneus; correias; mangueiras; solas; tapetes
Copolímeros de butadieno-acrilonitrila (Nitrila)	Maior resistência a óleos e solventes	Menor resistência à tração	Diaphragmas para carburador; tanques de combustíveis; mangueiras para gasolina e óleo
Polímeros de clorobutadieno (Cloropreno e Neopreno)	Alta resistência ao calor, à luz, a óleos e a produtos químicos. Boa resistência elétrica.	Não é processado como a borracha natural	Mangueiras e guarnições para óleo em temperaturas altas; pneus para serviços pesados
Copolímeros de isobutileno (Borrachas butil)	Excepcional impermeabilidade a gases; elevada resistência à abrasão, ao calor, à luz e aos ácidos; durabilidade	Dura quando fria. Queima com facilidade.	Tubos internos; mangueiras e diafragmas para vapor; máscaras contra gases; isolamento elétrico; câmaras de ar
Poli-sulfetos (Thiokol)	Excelente resistência a óleos e solventes. Boa resistência química.	Baixa resistência à tração à abrasão e à chama.	Vedações em equipamentos para refinaria e campos de petróleo; guarnições; diafragmas, discos de sede de válvulas.
Poliacrílicos (Borracha acrílicas; Hycar)	Excelente resistência a óleos, solventes e ácidos. Suporta temperaturas altas.	Baixa resistência à abrasão e à tração. Alto custo	Tubos para a passagem de óleo quente; aparelhos para a indústria química; guarnições para automóveis
Borrachas de silicone (Polisiloxane)	Supõe temperaturas de trabalho entre 150 a 260°C. É elástica até -38°C.	Baixa resistência à tração, rasgamento e abrasão. Não é compatível com a borracha. Custo elevado.	Cobertura de fios e cabos; guarnições e tubos para condições extremas; partes de aviões; mísseis e naves espaciais..

Adaptado de: Processo de Fabricação e Materiais para Engenheiros, por Doyle, Lawrence E. e outros, São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda., 1962

A borracha não é usada comumente como material de construção mecânica, mas para aplicações especiais decorrentes de suas propriedades únicas: a elasticidade e a capacidade de retornar quase que totalmente à forma inicial. Na Mecânica, isso significa o uso para absorção de choques e isolação de vibrações; correção de desalinhamentos por meio dos acoplamentos flexíveis; mudança de condução por meio de tubos e correias; borrachas hidráulicas.

Natural ou sintética, a borracha mantém seu papel único dentro da indústria mecânica. Só para lembrar da importância desse material, pense nos milhões de correias, transmitindo movimento em milhões de máquinas por este Brasil afora...

Para parar e estudar

Quando comparada com a borracha natural, a borracha sintética tem algumas vantagens que você viu nesta última parte da aula. Vamos estudar um pouco sobre ela? Então releia esta parte com atenção porque a aula tem umas palavras difíceis. Em seguida, faça o exercício que propomos.

Exercícios

- 3.** Combine os elementos da coluna A (tipos de borrachas sintéticas) com os elementos da coluna B (aplicações).

Coluna A

- a)** () Poli-sulfetos (Thiokol).
- b)** () Poliacrílicos.
- c)** () Copolímeros de butadieno-acrilo-nitrila.
- d)** () SBR.
- e)** () Copolímeros de isobutadieno.

Coluna B

- 1.** Diafragma para carburador.
- 2.** Mangueiras e guarnições para óleo em alta temperatura.
- 3.** Guarnições para automóvel
- 4.** Vedaçāo em equipamentos para refinarias.
- 5.** Câmaras de ar.
- 6.** Pneus.
- 7.** Correias.

4. Escreva as vantagens de cada borracha sintética listada no exercício anterior.

O que fazer com tanto pneu velho?

“O Brasil produz 32 milhões de pneus por ano. Quase um terço disso é exportado para 85 países e o restante roda nos veículos nacionais. Apesar do alto índice de recauchutagem (reciclagem dos pneus para reaproveitamento) que prolonga a vida dos pneus em 40%, a maior parte deles, já desgastada pelo uso, acaba parando nos lixões, na beira de rios e estradas e até no quintal das casas, onde acumulam água que atrai transmissores de doenças.”

O parágrafo anterior foi retirado de um boletim da CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem), uma organização do Rio de Janeiro, comentando os problemas que os pneus velhos trazem para o ambiente.

Segundo esse mesmo boletim, no Rio de Janeiro, o impacto dos pneus velhos no lixo urbano é da ordem de 0,5%. Nos Estados Unidos, eles correspondem a 1% desse lixo. E, pode crer, isso dá um bocado de pneus compondo verdadeiros “cemitérios” que, no mínimo, enfeiam a paisagem.

Apesar desses problemas, há algumas maneiras de diminuí-los. A primeira delas é a reutilização por meio de recauchutagem (ou recapagem), bastante conhecida em nosso país. Os pneus velhos também podem ser usados como pára-choques em ancoradouros ou em pistas de corrida; para formar recifes e aumentar a produtividade da indústria pesqueira; como combustível de fornos com o devido controle da poluição por gases. Para se ter uma idéia da economia que essa queima traz, basta dizer que cada pneu equivale, em capacidade combustível, a 9,4 litros de petróleo

A segunda maneira é a da reciclagem propriamente dita. Com essa tecnologia, já bastante avançada e disponível no Brasil, é

possível, por meio da Trituração dos pneus, do uso de solventes para separar o tecido e o aço e da adição de óleos aromáticos, obter um produto reciclado com a elasticidade e resistência semelhantes ao material virgem. Esse material serve para a fabricação de tapetes para automóveis, solados de sapatos, pisos industriais e borrachas de vedação, entre outros.

Além disso, o pó gerado na recauchutagem e os restos dos pneus moídos podem ser aplicados na composição de asfalto de melhor elasticidade e durabilidade. Esses mesmos resíduos (pedaços de 5 cm) podem ser usados para ajudar na aeração, ou seja, na ventilação de compostos orgânicos para enriquecimento do solo. Essas partículas, após cumprirem sua função, devem ser retiradas do adubo antes da comercialização.

Como você pode perceber, embora o que fazer com pneus velhos seja um problema, há maneiras de diminui-lo, contribuindo para a economia do país.

Para parar e estudar

Poluição é assunto sério, não é mesmo? Releia o que escrevemos sobre o assunto desta aula. Pense um pouco sobre isso e converse com seus amigos. Depois, faça o exercício a seguir.

Exercícios

5. Comente a seguinte afirmação: “10% das 300 mil toneladas de sucata disponíveis no Brasil para obtenção de borracha regenerada são de fato recicladas, segundo dados da empresa Relastomer”. (CEMPRE. Ficha técnica – 8. Rio de Janeiro, s.d.)

Avalie o que você aprendeu

Este é um teste para você mesmo avaliar o quanto aprendeu desta aula. Por isso, estude-a inteirinha antes de fazê-lo.

6. Escreva **V** ou **F** conforme as afirmações a seguir sejam verdadeiras ou falsas.
- a) () A borracha é um material sintético obtido do látex da seiva de uma árvore nativa das florestas temperadas.
 - b) () Até a segunda metade do século XIX, o Brasil tinha o monopólio mundial da produção de borracha natural.
 - c) () Os europeus logo de início perceberam muitas aplicações para a borracha.
 - d) () A borracha natural é mole e pegajosa quando aquecida e dura e quebradiça quando fria.
 - e) () A vulcanização é um processo que facilita a utilização da borracha natural.
 - f) () Elasticidade, resistência à abrasão, à eletricidade e à água são propriedades da borracha natural.
 - g) () Depois de vulcanizada, a borracha natural fica praticamente insolúvel.
 - h) () Existem muitos artigos feitos de borracha pura.
 - i) () A borracha sintética foi criada não só para melhorar as propriedades da borracha natural, mas também para livrar países como a Alemanha e os Estados Unidos da dependência dos mercados produtores de borracha natural.
 - j) () Os copolímeros de estireno-butadieno, ou SBRs, são uma combinação de 25% de butadieno e 75% de estireno.

7. Reescreva corretamente as sentenças que você assinalou **F**.

Gabarito

1. a) A borracha é um material de origem vegetal obtido do látex da seiva de uma árvore chamada *Hevea brasiliensis*.
- b) Na vedação de canoas, na impermeabilização de objetos e na confecção de bolas para jogar.

4.	Borrachas sintéticas	Vantagens
	Poli-sulfetos (Thiokol)	Superior é da borracha natural
	Poliacrílicos	Excelente resistência a óleos e solventes. Boa resistência química
	Copolímeros de butadieno-acrílico-nitrila	Maior resistência a óleos e solventes
	SBR	Propriedades semelhantes às da borracha natural. Amplas facilidades de produção
	Copolímeros de isobutileno	Excepcional impermeabilidade a gases; elevada resistência abrasão, ao calor, à luz e aos ácidos; durabilidade

5. Comentário - há dois tipos de consequências: 90% desse material é deixado no ambiente (poluição) e deixa de ser reutilizado (desperdício de energia e matéria-prima).

7. c) A borracha só foi descoberta em 1736, pelos europeus, porém, sua vulcanização ocorreu em 1839.

h) Não existem artigos feitos de borracha pura.

- j) Os copolímeros de estireno-butadieno, ou SBRs, são uma combinação de 75% de butadieno e 25% de estireno.