

## Polímeros Sintéticos

Com base na leitura dos seguintes textos motivadores e nos conhecimentos construídos ao longo de sua formação, redija um texto dissertativo-argumentativo em norma culta escrita da Língua Portuguesa sobre o tema “**Invasão humana nos habitats de outros animais: desequilíbrio no ecossistema**”. Selecione, organize e relacione, de forma coerente e coesa, argumentos e fatos para a defesa do seu ponto de vista, sem ferir os direitos humanos.

### Texto 1

**Plástico polui oceanos e prejudica diversos animais marinhos Pesquisa feita pelo Projeto Tamar revela que, de cada 10 tartarugas mortas, quatro morreram, porque ingeriram lixo.**

Do golfinho que tinha mais de dois metros de comprimento sobrou só o esqueleto. Quando apareceu na praia, no sul do Espírito Santo, já estava sem forças para reagir. “Um pedaço de plástico estava no estômago, o outro, no esôfago. Aos poucos, o animal deixou de se alimentar, foi ficando desnutrido e morreu por inanição, que foi a causa da morte”, explica Lupércio Barbosa, coordenador do Instituto Orca. Ele era de uma espécie rara, um golfinho de dentes rugosos. Foi mais uma vítima do lixo. “Jogar um plástico do carro na rua, vai cair no bueiro e isso vai parar no mar”, alerta Lupércio. Imagine uma cidade cortada pelo mar, com toda beleza que isso representa, e, ainda por cima, sem lixo jogado no lugar errado. Não é fácil encontrar um lugar assim. Olhando de fora parece mesmo bem bonito, mas por outro ângulo a esperança vai afundando. É assim normalmente em trechos de mar que cortam centros urbanos.

No fundo do canal de Guarapari, no Espírito Santo, o lixo não desaparece. Resiste ao tempo e se mistura à vida marinha, insistente. “A sujeira realmente incomoda bastante, a gente tenta jogar para baixo do tapete, mas quando você desce dá para ver que está ali”, conta o mergulhador Bruno Zippinotti. Garfo de plástico, faca, garrafa. “Até muito longe da terra a gente encontra lixo flutuando que vem do continente. Isso afeta o meio ambiente, afeta a comunidade, porque diminui o turismo na área”, diz o mergulhador Júlio Yaber.

A sujeira vem das cidades litorâneas, mas pode aparecer muito mais longe, a centenas de quilômetros da praia. No Rio Doce, que corta mais de 200 cidades de Minas Gerais e Espírito Santo, é só acompanhar o trajeto da água para ver o tamanho do problema. No local a gente encontra garrafa de plástico, embalagem de óleo lubrificante, detergente e xampu. É lixo que segue adiante e vai parar no mar, provocando um efeito devastador. “Eu já vi peixe com sacola enrolada na goela, já vi garrafa pet agarrada na goela do peixe também”, relata o pescador Zé de Sabino. “As tartarugas confundem o lixo com alimento. E ela vai comer e pode morrer”, diz a estudante Kerly Maciel.

Uma pesquisa feita em 2009 pelo Projeto Tamar em cinco estados brasileiros - Ceará, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, São Paulo e Santa Catarina - revela que de cada 10 tartarugas mortas, quatro morreram porque ingeriram lixo. Dentro de uma única tartaruga verde encontrada no litoral capixaba tinha plástico de todo jeito e tamanho, pedaço de canudo e até tampa de garrafa pet. “Essa quantidade de lixo para um animal pequeno, um animal que tinha por volta de quatro anos, isso é fatal”, explica Henrique Filgueiras, coordenador do Projeto Tamar em Regência, no Espírito Santo. O bicho confunde o plástico com o seu alimento, as algas, e o material não é digerido, fica no estômago do animal impedindo que se alimente. Além disso, ele não consegue mais afundar, tem dificuldade para respirar. Precisa de tratamento urgente, à base de soro. Uma papa verde, mistura de peixe e couve, é para o animal já mais forte, que tenta sobreviver. “Pode ser que ela contribua para eliminar esse lixo que tiver, se a obstrução não for muito grande já, não for muito severa”, conta a veterinária Jéssica Ribeiro.

Um documentário francês mostra a sopa de plástico que viraram os oceanos. No Mar Mediterrâneo há três milhões de toneladas de lixo. O plástico tomou conta do mar, está na superfície e até a mil metros de profundidade.

Disponível em: <http://www.globalgarbage.org/blog/index.php/2010/01/11/animais-marinhos-sofremcom-lixo-no-oceano/> Acessado: dia 17/08/2015

### Texto 2

**Hitler, formigas e transições**

“Um dos assuntos mais delicados do movimento ambiental é população. O argumento é o seguinte: mudanças climáticas, extinções de espécies, colapso dos ecossistemas, caos ambiental são apenas sintomas. A doença é uma só: há demais de nós. [...]. Éramos 2 bilhões em 1927, seremos 7 bilhões em 2012. Nesse ritmo, é óbvio que o planeta não dá conta.

Esse assunto é delicado por razões históricas e emocionais.

Históricas: falar de superpopulação faz lembrar das campanhas eugênicas de esterilização forçada e de eutanásia dos nazistas. Da ideia de que vidas “que não valem a pena ser vividas” devem ser exterminadas [...]

Emocionais: a ideia central do ambientalismo é tentar poupar o planeta para as gerações futuras. É não consumir tudo agora, para que nossos filhos e netos possam saber o que é uma onça, uma baleia, uma praia, um outono. Se começarmos a dizer que não temos que ter filhos ou netos, a coisa começa a perder o sentido. Por isso, nenhuma organização ambiental importante defende que as pessoas deixem de ter filhos: eles não querem afastar sua audiência mais importante, os pais preocupados.

Hoje me deparei com uma entrevista inteligente com um químico alemão chamado Michael Braungart, professor da Universidade Erasmus de Rotterdam [...] Ele disse:

‘A biomassa das formigas é quatro vezes maior que a dos humanos. E, como elas trabalham mais duro do que nós, o seu consumo de calorías equivale ao de uma população de 30 bilhões de humanos. Mas elas não são um problema para o ambiente.’

Ou seja, mesmo com uma população imensa, é possível não destruir recursos finitos. Achei chocante pensar que, se você colocar a população mundial de formigas numa balança, ela vai pesar o quádruplo da população humana, e que seu consumo de energia para viver é quase o quádruplo do nosso. Mas isso, obviamente, não resolve nosso problema. Nós produzimos esgoto, emitimos carbono, queimamos a mata e espalhamos sacos plásticos e latinhas de cerveja por onde passamos – elas não.



Imagens: Andrey Pavlov

*O foco do trabalho das formigas é sempre a coletividade*

A explosão populacional humana certamente é parte do problema – simplesmente não haverá recursos para todo mundo se continuarmos nos comportando como quando éramos 1 bilhão de pessoas. Mas isso não quer dizer que a única solução possível para nós seja reduzir a população. Há uma outra: reduzir drasticamente o impacto negativo que cada um de nós causa. De preferência, reduzir a zero, de forma que o aumento da população deixe de ser um problema.

BURGIERMAN, Denis Russo. Disponível em: <<https://sustentavelepouco.wordpress.com/2009/12/21/hitler-formigas-e-transicoes/>>. Acesso em 6 de set. 2015

### 1. Polímeros

As macromoléculas vêm sendo usadas há milênios pela Humanidade: o algodão, a lã, a seda etc. na fabricação de tecidos; os cascos e chifres dos animais para fazer pentes, botões etc.; o marfim das presas dos elefantes para fazer objetos de adorno, teclas de piano etc.

Na metade do século XIX, o marfim era usado também para fabricar bolas de bilhar. A popularização desse jogo na Europa e nos Estados Unidos sofreu um abalo quando o preço do marfim subiu vertiginosamente. Por isso uma fábrica norte-americana de bolas de bilhar prometeu um bom prêmio a quem descobrisse um substituto para o marfim.

Em 1870, John Wesley Hyatt submeteu uma mistura de nitrocelulose, cânfora e álcool a uma pressão elevada e conseguiu um produto que foi denominado celulóide. Esse produto teve sucesso, não só na produção das bolas de bilhar daquela época, mas também na fabricação de dentaduras, colarinhos de camisas e, por fim, em filmes fotográficos (substituído depois por acetato de celulose). Começou aí uma corrida à procura de materiais sintéticos, que resultou, por exemplo, no celofane (1892) e em plásticos da caseína (1897).

Paralelamente iniciou-se também uma busca de substitutos para as fibras naturais, visando principalmente à produção de uma seda artificial. Em 1885, Chardonnet obteve uma primeira seda artificial, à base de nitrocelulose (como inconveniente de ser inflamável); em 1890, Despeissis conseguiu um primeiro tipo de raion, a partir de algodão; em 1892, Ross e Beven produziram a viscose, também a partir do algodão.

Note então que todas as tentativas partiam de polímeros naturais, de baixo custo (celulose de algodão de segunda categoria, caseína do leite etc.), que eram modificados na tentativa de se obterem produtos de melhor qualidade. Um grande passo foi dado em 1907 por Leo Hendrik Baekeland, que produziu a baquelite a partir de moléculas simples - o fenol e o formaldeído. O sucesso da baquelite foi imediato. Ela foi usada no início do século XX na produção dos discos musicais de 78 rpm; depois, em tomadas e interruptores elétricos, cabos de painéis etc. Até hoje, a baquelite é usada na produção de chapas para revestimento de móveis.

Atualmente, a tecnologia de produção dos polímeros sintéticos está muito avançada. No entanto, devemos ter sempre em mente as seguintes idéias gerais, que passamos a explicar a partir de um dos exemplos mais simples, que é o da produção do polietileno. Antes, porém, vamos dar uma breve definição de polímeros.

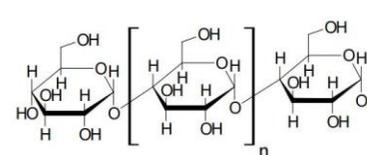
**Polímeros** (do grego: *poli*, "muitas"; *meros*, "partes") são compostos de moléculas muito grandes, formados pela repetição de uma unidade molecular pequena, chamada monômero, ligados por ligação covalente.

A utilização comercial de um novo produto depende de suas propriedades e principalmente de seu custo. O custo de um polímero resulta basicamente de seu processo de polimerização e disponibilidade do monômero. Assim, os principais fornecedores de matérias-primas para a produção de monômeros (e depois polímeros) podem ser originados de fontes naturais, do petróleo e o gás natural, ou rotas alternativas como óleos e o carvão mineral (hulha).

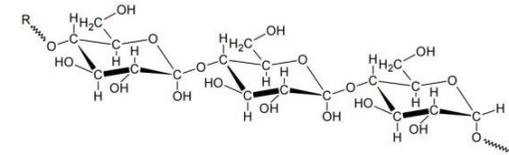
## 2. Classificações dos polímeros

### 2.1 Quanto à origem:

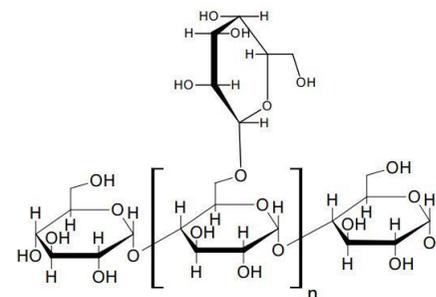
**A) Polímeros naturais:** materiais encontrados na natureza. Ex: seda, algodão, borracha natural, lã, celulose, linho, amido, etc.



Amylose

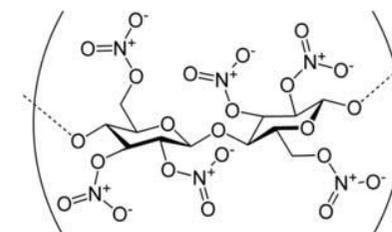


Cellulose

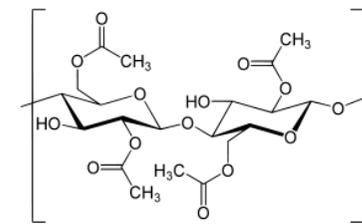


Amilopectina

**B) Polímeros artificiais, semi-sintéticos ou naturais modificados:** obtidos por transformação química dos polímeros naturais, sem modificações apreciáveis. Ex: nitrocelulose (celulóide), acetato e triacetato de celulose (rayon), borracha natural clorada, etc.



nitrocelulose



Rayon

**C) Polímeros sintéticos:** São obtidos por processos de polimerização a partir de substâncias de baixo peso molecular. Ex: polietileno, polipropileno, PVC, etc.

### 2.2 Quanto ao tipo de estrutura química:

**A) Homopolímero:** polímero de adição formado pela repetição de um tipo de monômero apenas, formando uma cadeia homogênea do tipo  $(-A-A-A-A-A)_n$ . Ex: polietileno.

**B) Copolímero:** polímero de adição formado pela repetição de dois monômeros diferentes, formando uma cadeia heterogênea do tipo  $(-A-B-A-B-A-B)_n$ . A reação de formação desses polímeros é chamada de reação de copolimerização e seus monômeros de como nômicos. Perceba que variando os como nômicos e suas quantidades, os polímeros adquirem propriedades químicas e físicas diferentes. Ex: etilenoglicol + tereftalato de dimetila  $\rightarrow$  poli(tereftalato de etileno) (PET).

### 2.3 Quanto ao uso tecnológico (fusibilidade e comportamento mecânico)

**A) Plásticos:** são sólidos à temperatura ambiente, com o processamento tornam-se fluidos (aplicação de calor ou pressão) e podem ser moldados e reter uma nova forma. São divididos em:

#### I) Termoplásticos:

1. Podem ser remoldados várias vezes;
2. Propriedades físicas reversíveis;
3. Cadeias lineares ou ramificadas;
4. Maior possibilidade de reciclagem;

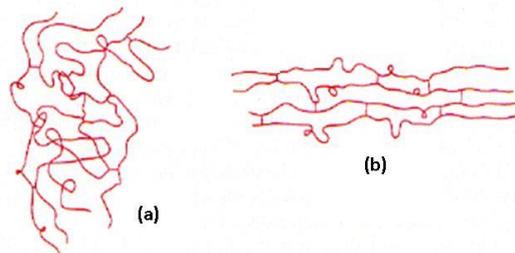
Ex: polietileno, polipropileno, etc.

#### II) Termofixos, termorrígidos ou termoendurecidos:

1. Tornam-se rígidos acima de certa temperatura;
2. Não reamolecem se reaquecidos;
3. Estrutura tridimensional com ligações cruzadas;
4. São infusíveis e insolúveis;
5. Difícil reciclagem (maioria não reciclável);

Ex: baquelite, silicone, epoxis, etc.

**B) Elastômeros:** exibem elasticidade em larga faixa na temperatura ambiente. Recuperam-se rapidamente e energicamente de grandes deformações e voltam ao normal após o esforço (tração) ser removido. Ex: Borracha natural, SBR, neopreno, entre outros.



A figura apresenta uma Cadeia de moléculas de um elastômero:  
(a) no estado não-deformado (livre de tensões) (b) deformado elasticamente em resposta a uma tensão.

**D) Fibras:** apresentam grande ductibilidade e resistência à tração e permitem obter elevada relação comprimento/diâmetro.

### 3. Propriedades dos polímeros

Os polímeros são constituídos de moléculas formadas pelo encadeamento de milhares ou milhões de átomos. Por serem muito longas, estas cadeias se entrelaçam formando um emaranhado que interage fortemente. Esta é uma das razões da grande resistência mecânica dos polímeros, o que possibilita que sejam utilizados na confecção de muitos objetos, tais como móveis, peças automotivas e peças para construção civil.

Se as cadeias de macromoléculas estiverem não apenas entrelaçadas, mas unidas através de ligações químicas, as chamadas ligações cruzadas, a resistência mecânica é aumentada, permitindo a confecção de peças e objetos bastante resistentes. Estes polímeros conseguem suportar condições relativamente drásticas de uso, como choques, atritos ou tração. Outras vantagens da presença de muitas ligações cruzadas entre as cadeias de macromoléculas são a estabilidade e resistência térmica.

### Propriedades Físicas interessantes

Os polímeros apresentam uma densidade relativamente baixa se comparados a outros materiais. A faixa de variação de densidade destes materiais estende-se de aproximadamente  $0,9 \text{ g/cm}^3$  até  $2,3 \text{ g/cm}^3$ . Mais leves que metais ou cerâmica. Exemplo: o PE é 3 vezes mais leve que o alumínio e 8 vezes mais leve que o aço. Motivação para uso na indústria de transportes, embalagens, equipamentos de esporte.

A condutibilidade térmica dos polímeros situa-se na faixa de  $0,15$  a  $0,5 \text{ W/mK}$ . Um motivo para baixa condutibilidade térmica destes materiais é a falta de elétrons livres no material. Uma desvantagem da péssima condutibilidade térmica aparece no processamento dos polímeros. O calor necessário para o processamento só pode ser introduzido lentamente, e no final do processamento, também é novamente de difícil remoção. A condutividade térmica dos polímeros é cerca de mil vezes menor que a dos metais. Logo, são altamente recomendados em aplicações que requeiram *isolamento térmico*, particularmente na forma de espumas.

Em geral os polímeros conduzem muito mal a energia elétrica. Eles têm elevada resistência e com isso baixa condutibilidade em comparação a outros materiais. A resistência elétrica dos polímeros é dependente da temperatura e diminui com o aumento da temperatura. A razão para a baixa condutibilidade elétrica é a mesma para a térmica, a falta de elétrons livres. Observando esta propriedade os polímeros são altamente indicados para aplicações onde se requeira isolamento elétrico. Pode-se melhorar sua condutibilidade elétrica introduzindo-se pós metálicos nesses materiais. A adição de cargas especiais condutoras (limalha de ferro, negro de fumo) pode tornar polímeros fracamente condutores, evitando acúmulo de eletricidade estática, que é perigoso em certas aplicações.

Os termoplásticos amorfos, como o PC, PMMA, PVC bem como a resina UP, não se diferenciam consideravelmente em sua transparência do vidro que chega a 90%, isto corresponde a um nível de transmissão de 0,9. Porém uma desvantagem dos polímeros é que influências do meio ambiente, como por exemplo, atmosfera ou variação de temperatura, pode causar turbidez e com isso, piora a transparência.

As ligações químicas presentes nos plásticos (covalentes/Van der Waals) lhes conferem maior resistência à corrosão por oxigênio ou produtos químicos do que no caso dos metais (ligação metálica). Isso, contudo, não quer dizer que os plásticos sejam completamente invulneráveis ao problema. Ex: um CD não pode ser limpo com terebintina, que danificaria a sua superfície. De maneira geral, os polímeros são atacados por solventes orgânicos que apresentam estrutura similar a eles. Ou seja: *similares diluem similares*.

O espaço entre as macromoléculas do polímero é relativamente grande. Isso confere baixa densidade ao polímero, o que é uma vantagem em certos aspectos. Esse largo espaçamento entre moléculas faz com que a difusão de gases através dos plásticos seja alta. Em outras palavras: esses materiais apresentam *alta permeabilidade a gases*, que varia conforme o tipo de plástico. A principal consequência deste fato é a limitação dos plásticos como material de embalagem, que fica patente no prazo de validade mais curto de bebidas acondicionadas em garrafas de PET. Por exemplo, o caso da cerveja é o mais crítico. Essa permeabilidade, contudo, pode ser muito interessante, como no caso de *membranas poliméricas para remoção de sal* da água do mar.

### Propriedades mecânicas interessantes

**Alta flexibilidade**, variável ao longo de faixa bastante ampla, conforme o tipo de polímero e os aditivos usados na sua formulação;

**Alta resistência ao impacto**. Tal propriedade, associada à transparência, permite substituição do vidro em várias aplicações. Quais seriam? lentes de óculos (em acrílico ou policarbonato), faróis de automóveis (policarbonato), janelas de trens de subúrbio, constantemente quebradas por vândalos (policarbonato); contudo, a resistência à abrasão e a solventes não é tão boa quanto a do vidro. Lentes de acrílico riscam

facilmente e são facilmente danificadas se entrarem em contato com solventes como, por exemplo, acetona!

**Baixas Temperaturas de Processamento** - Conformação de peças requer aquecimento entre  $T_{amb}$  e  $250^{\circ}C$ . Alguns plásticos especiais requerem até  $400^{\circ}C$ . Disso decorre baixo consumo de energia para conformação e requer equipamentos mais simples e não tão caros quanto para metais ou cerâmica.

**Ajuste Fino de Propriedades através de Aditivção** - Cargas inorgânicas minerais inertes (ex.  $CaCO_3$ ) permitem reduzir custo da peça sem afetar propriedades. Exemplo: piso de vinil/cadeiras de jardim (PP), que contém até 60% de cargas. Uso de **fibras** (vidro, carbono, boro) ou algumas cargas minerais (talco, mica, caulim) aumentam a resistência mecânica; As cargas fibrosas podem assumir forma de fibras curtas ou longas, redes, tecidos. **Negro de fumo** em pneus (borracha) e filmes para agricultura (PE) aumenta resistência mecânica e a resistência ao ataque por ozônio e raios UV. Aditivos conhecidos como **plastificantes** podem alterar completamente as características de plásticos como o PVC e borrachas, tornando-os mais flexíveis e tenazes. A fabricação de espumas é feita através da adição de **agentes expansores**, que se transformam em gás no momento da transformação do polímero, quando ele se encontra no estado fundido.

#### 4. TÉCNICAS DE POLIMERIZAÇÃO

Os polímeros são classificados quanto às suas propriedades químicas, físicas e estruturais. Entretanto, também podem ser agrupados em função do tipo de reação utilizada em sua obtenção. Em 1929, Carothers dividiu as polimerizações em dois grupos, de acordo com a composição ou estrutura dos polímeros. Segundo esta classificação, as polimerizações podem ser por adição (poliadição) ou por condensação (policondensação). Na poliadição, a cadeia polimérica é formada através de reações de adição dos monômeros (geralmente com uma dupla ligação), enquanto, na policondensação, a reação se passa entre monômeros polifuncionais, ou entre monômeros diferentes, usualmente ocorrendo à eliminação de moléculas de baixa massa molecular, como a água e amônia (Figura 1).

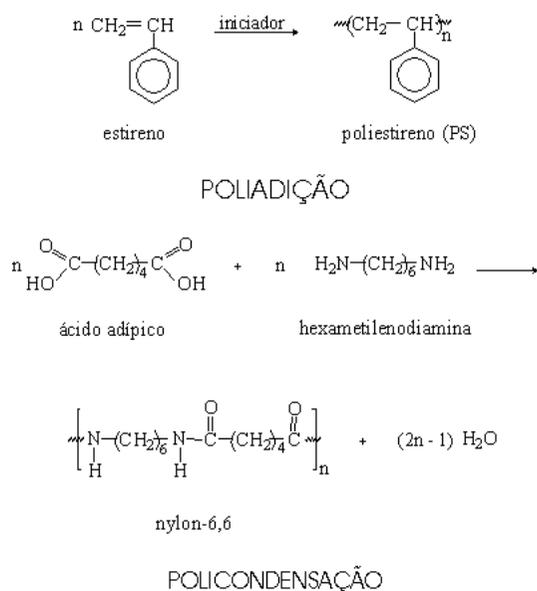


Figura 1 - Poliadição e policondensação

PROCESSO	CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS
POLIADIÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reação em cadeia, 3 componentes reacionais: iniciação, propagação e terminação</li> <li>Mecanismos homolítico ou heterolítico ou por coordenação</li> <li>Não há subprodutos da reação</li> <li>Velocidade de reação rápida com formação imediata de polímeros</li> <li>Concentração de monômero diminui progressivamente</li> <li>Grau de polimerização alto, da ordem de <math>10^5</math></li> </ul>	LDPE HDPE PP PS BR ...
POLICONDENSAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reação em etapas</li> <li>Mecanismo heterolítico</li> <li>Há subprodutos da reação</li> <li>Velocidade de reação é lenta sem formação imediata de polímero</li> <li>Concentração de monômero diminui rapidamente</li> <li>Grau de polimerização médio, da ordem de <math>10^4</math></li> </ul>	PET PA PC PR ...

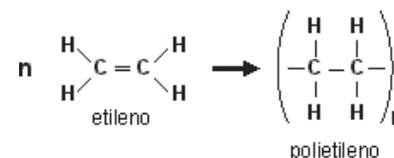
Tabela 2 – Características dos processos de polimerização

#### 5. CONSIDERAÇÕES SOBRE ALGUNS POLÍMEROS

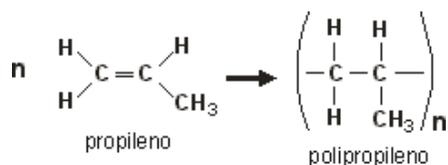
##### 5.1 POLÍMEROS DE ADIÇÃO

**Poliétileno, PEBD e HDPE:** o polímero mais comum dentre os plásticos é o polietileno, feito de monômeros de etileno ou eteno ( $CH_2=CH_2$ ). O primeiro polietileno foi produzido em 1934. Atualmente, chamamos esse plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD) porque ele flutua em uma mistura de álcool e água. No PEBD, as fibras de polímero são entrelaçadas e organizadas imprecisamente, então ele é macio e flexível. Foi utilizado pela primeira vez para isolar fios elétricos, mas atualmente, é utilizado para filmes, embalagens, garrafas, luvas descartáveis e sacos de lixo.

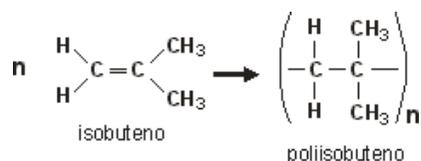
Na década de 50, Karl Ziegler polimerizou o etileno na presença de vários metais. O polímero polietileno resultante era composto principalmente por polímeros lineares. Essa forma linear produzia estruturas mais firmes, densas e organizadas, e é chamada atualmente de polietileno de alta densidade (PEAD). O PEAD é um plástico mais rígido com ponto de fusão mais alto do que o PEBD, e que encolhe em uma mistura de álcool e água. O PEAD foi apresentado pela primeira vez em bambolês, mas é usado hoje principalmente em recipientes. O polietileno possui alta resistência à umidade e ao ataque químico, mas tem baixa resistência mecânica. O polietileno é um dos polímeros mais usados pela indústria, sendo muito empregado na fabricação de folhas (toalhas, cortinas, invólucros, embalagens etc), recipientes (sacos, garrafas, baldes etc), canos plásticos, brinquedos infantis, no isolamento de fios elétricos etc.



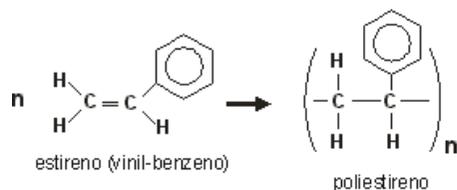
**Polipropileno (PP):** em 1953, Karl Ziegler e Giulio Natta, trabalhando independentemente, prepararam o polipropileno a partir de monômeros de propileno ou propeno ( $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ ) e receberam o Prêmio Nobel de Química em 1963. As diversas formas de polipropileno têm seus respectivos pontos de fusão e rigidez. É mais duro e resistente ao calor, quando comparado com o polietileno. O polipropileno é utilizado em acabamentos de carros, embalagens de bateria, garrafas, tubos, filamentos, sacolas, artigos moldados e fibras.



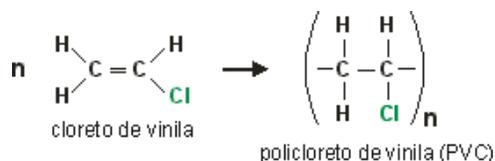
**Poliisobuteno:** É obtido a partir do isobuteno (isobutileno). Constitui um tipo de borracha sintética denominada *borracha butílica*, muito usada na fabricação de "câmaras de ar" para pneus.



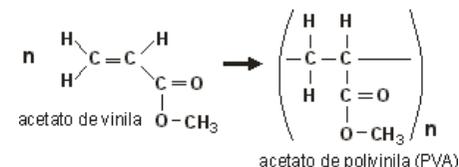
**Poliestireno:** É obtido a partir do estireno (vinil-benzeno). Esse polímero também se presta muito bem à fabricação de artigos moldados como pratos, copos, xícaras etc. É bastante transparente, bom isolante elétrico e resistente a ataques químicos, embora amoleça pela ação de hidrocarbonetos. Com a injeção de gases no sistema, a quente, durante a produção do polímero, ele se expande e dá origem ao **isopor**. O isopor é leve, moldável e um excelente isolante.



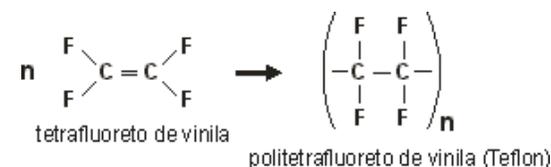
**Cloreto de Polivinila (PVC):** É obtido a partir do cloreto de vinila ( $\text{CH}_2=\text{CH-Cl}$ ). O PVC é duro e tem boa resistência térmica e elétrica. Com ele são fabricadas caixas, telhas etc. Com plastificantes, o PVC torna-se mais mole, prestando-se então para a fabricação de tubos flexíveis, luvas, sapatos, "couro-plástico" (usado no revestimento de estofados, automóvel etc), fitas de vedação etc.



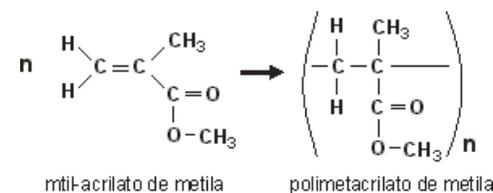
**Acetato de Polivinila (PVA):** É obtido a partir do acetato de vinila. É muito usado na produção de tintas à base de água (tintas vinílicas), de adesivos e de gomas de mascar.



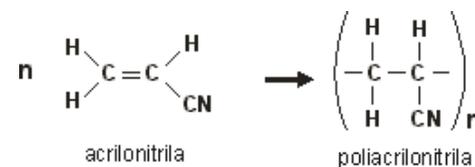
**Politetrafluoretileno (Teflon):** o teflon foi feito em 1938 pela DuPont. É criado pela polimerização das moléculas de tetrafluoroetileno ( $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ ). O polímero é estável, resistente a altas temperaturas e a várias substâncias químicas e possui uma superfície quase sem atrito. É o plástico que melhor resiste ao calor e à corrosão por agentes químicos; por isso, apesar de ser caro, ele é muito utilizado em encanamentos, válvulas, registros, painéis domésticos, próteses, isolamentos elétricos, antenas parabólicas, revestimentos para equipamentos químicos, fita de vedação de encanamento, utensílios para a cozinha, canos, revestimentos à prova d'água, filmes e manuais etc. A pressão necessária para produzir o teflon é de cerca de 50 000 atmosferas.



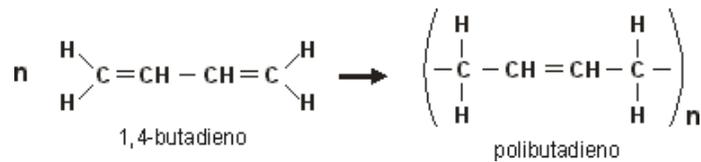
**Polimetacrilato:** É obtido a partir do metacrilato de metila (metil-acrilato de metila). Este plástico é muito resistente e possui ótimas qualidades óticas, e por isso é muito usado como "vidro plástico", conhecido como *plexiglas* ou *lucite*. É muito empregado na fabricação de lentes para óculos infantis, frente às telas dos televisores, em pára-brisas de aviões, nos "vidros-bolhas" de automóveis etc. Normalmente o plexiglas é transparente, mas pode ser colorido pela adição de outras substâncias.



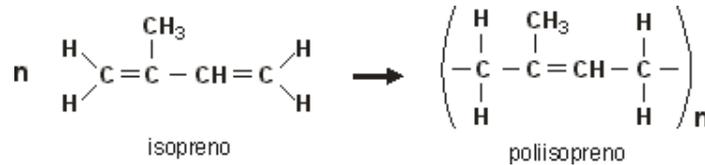
**Poliacrilonitrila:** É obtido a partir da nitrila do ácido acrílico (acrilonitrila). É usado essencialmente como fibra têxtil - sua fiação com algodão, lã ou seda produz vários tecidos conhecidos comercialmente como *orlon*, *acrilan* e *dralon*, respectivamente, muito empregados especialmente para roupas de inverno.



**Polibutadieno ou Buna:** É obtido a partir do 1,3-butadieno (eritreno), por adições 1,4. Este polímero constitui uma borracha sintética não totalmente satisfatória, e por esse motivo o 1,3-butadieno costuma ser copolimerizado com outras substâncias, como veremos mais adiante.

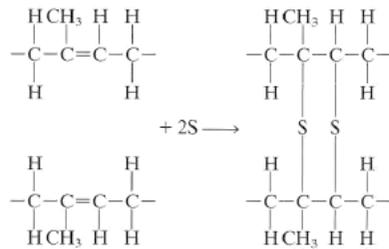


**Poliisopreno:** É obtido a partir do metil-butadieno-1,3 (isopreno). Este polímero possui a mesma fórmula da borracha natural (látex) e é muito empregado na fabricação de carcaças de pneus.



### IMPORTANTE: VULCANIZAÇÃO DA BORRACHA

Para modificar as propriedades dos elastômeros e tornar mais viável sua aplicação comercial e industrial é comum o uso do processo de vulcanização. O processo de **vulcanização** consiste de reações químicas entre cadeias do elastômero e o enxofre (ou outro agente), adicionado na proporção de 1 a 5 %, gerando ligações cruzadas entre cadeias conforme esquematizado abaixo:

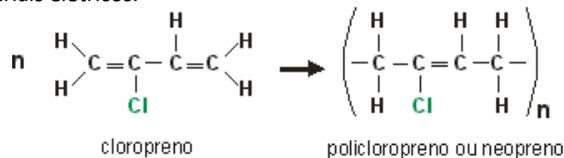


Os elastômeros apresentam características marcantes, antes e depois desse processo, conforme relato seguinte.

**Borracha não-vulcanizada:** mais macia, pegajosa e com baixa resistência à abrasão.

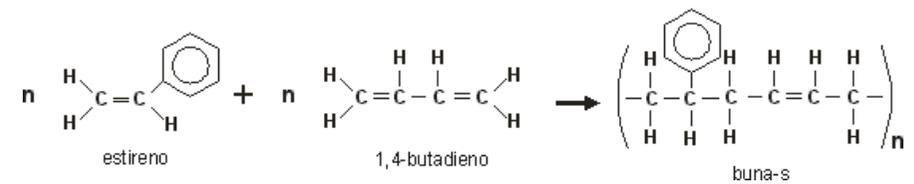
**Borracha vulcanizada:** valores maiores de módulo de elasticidade, resistência à tração e resistência à degradação oxidativa.

**Policloropreno ou Neopreno:** É obtido a partir do 2-cloro-butadieno-1,3 (cloropreno). O neopreno é uma borracha sintética de ótima qualidade: resiste muito bem a tensões mecânicas, aos agentes atmosféricos e aos solventes orgânicos. É também empregado na fabricação de juntas, tubos flexíveis e no revestimento de materiais elétricos.

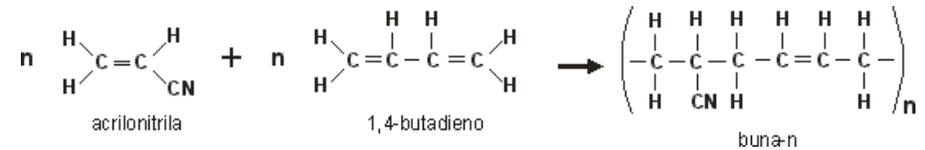


### 5.2 COPOLÍMEROS DE ADIÇÃO

**Buna-S, Borracha GRS ou Borracha SBR:** É obtido a partir do estireno e do 1,3-butadieno, tendo o sódio metálico como catalisador. Essa borracha é muito resistente ao atrito, e por isso é muito usada nas "bandas de rodagem" dos pneus.

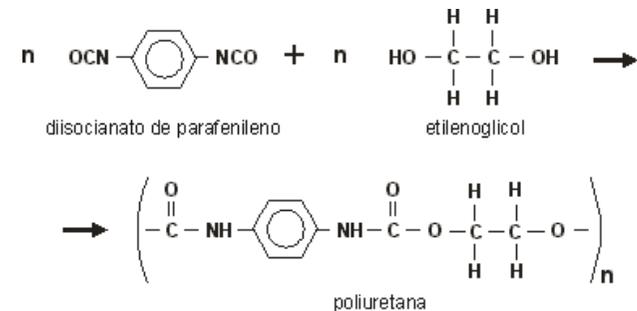


**Buna-N ou Perbunam:** É obtido a partir da acrilonitrila e do 1,3-butadieno. É uma borracha muito resistente aos óleos minerais, e por isso é muito empregada na fabricação de tubos para conduzir óleos lubrificantes em máquinas, automóveis etc.

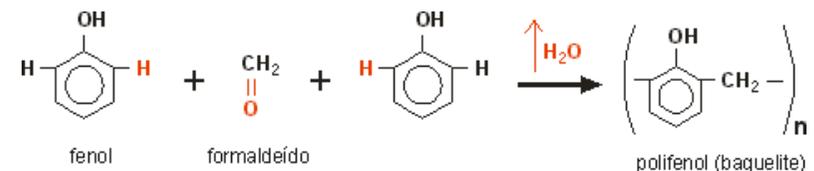


### 5.3 COPOLÍMEROS DE CONDENSAÇÃO

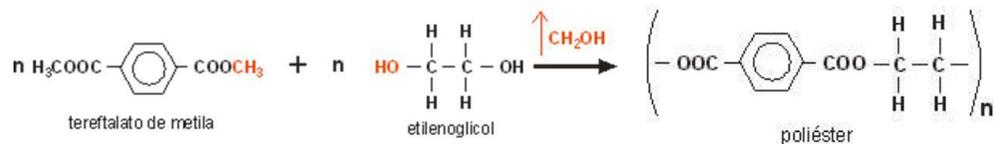
**Poliuretano(a):** É obtido a partir do diisocianato de parafenileno e do etilenoglicol (1,2-etanodiol). Possui resistência à abrasão e ao calor, sendo utilizado em isolamentos revestimento interno de roupas, aglutinantes de combustível de foguetes e em pranchas de surfe. Quando expandido a quente por meio de injeção de gases, forma uma espuma cuja dureza pode ser controlada conforme o uso que se quiser dar a ela. Veja o mecanismo da [síntese da poliuretana](#) e como efetuar essa reação em laboratório.



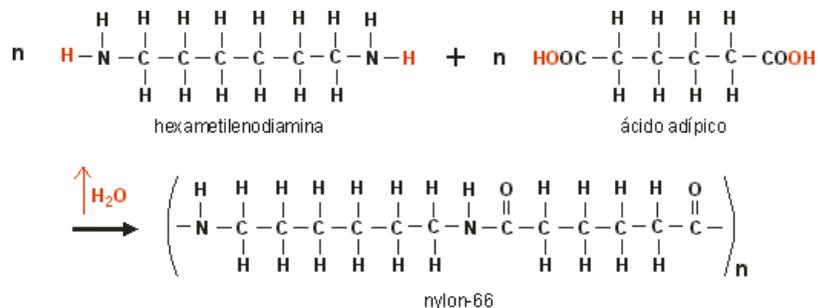
**Polifenol ou Baquelite:** É obtido pela condensação do fenol com o formaldeído (metanal). No primeiro estágio da reação, forma-se um polímero predominantemente linear, de massa molecular relativamente baixa, conhecido como *novolae*. Ele é usado na fabricação de tintas, vernizes e colas para madeira. A reação, no entanto, pode prosseguir dando origem à baquelite, que é um polímero tridimensional. A baquelite é o mais antigo polímero de uso industrial (1909) e se presta muito bem à fabricação de objetos moldados, tais como cabos de painéis, tomadas, plugues etc.



**Poliésteres:** Resultam da condensação de poliácidos (ou também seus anidridos e ésteres) com poliálcoois. Um dos poliésteres mais simples e mais importantes é obtido pela reação do éster metílico do ácido tereftálico com etilenoglicol. É usado como fibra têxtil e recebe os nomes de *terilene* ou *dacron*. Em mistura com outras fibras (algodão, lã, seda etc) constitui o *tergal*.



**Poliamidas ou Nylons:** Estes polímeros são obtidos pela polimerização de diaminas com ácidos dicarboxílicos. Os nylons são plásticos duros e têm grande resistência mecânica. São moldados em forma de engrenagens e outras peças de máquinas, em forma de fios e também se prestam à fabricação de cordas, tecidos, garrafas, linhas de pesca etc. O mais comum é o *nylon-66*, resultante da reação entre a hexametilenodiamina (1,6-diamino-hexano) com o ácido adípico (ácido hexanodióico).



## 6. Biopolímeros

Os biopolímeros são materiais poliméricos classificados estruturalmente como polissacarídeos, poliésteres ou poliamidas. A matéria-prima principal para a sua manufatura é uma fonte de carbono renovável, geralmente um carboidrato derivado de plantas comerciais de larga escala como cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba; ou óleo vegetal extraído de soja, girassol, palma ou outra planta oleaginosa. Dentre os polímeros de maior importância existem os seguintes: polilactato (PLA), polihidroxialcanoato (PHA), polímeros de amido (PA) e xantana (Xan).

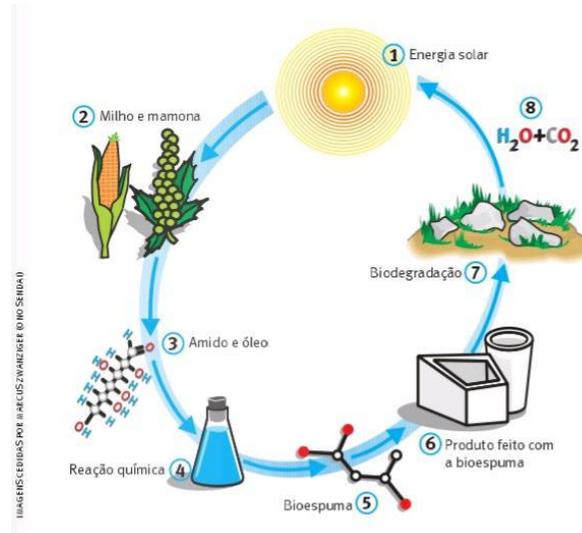
**PLA** é um poliéster produzido por síntese química a partir de ácido láctico obtido por fermentação bacteriana de glicose extraído do milho, com uso potencial na confecção de embalagens, itens de descarte rápido e fibras para vestimentas e forrações.

**PHA** constitui uma ampla família de poliésteres produzidos por bactérias através de biossíntese direta de carboidrato de cana-de-açúcar ou de milho, ou de óleos vegetais extraídos principalmente de soja e palma. Dependendo da composição monomérica, pode ser utilizado na produção de embalagens, itens de descarte rápido e filmes flexíveis.

**PA** são polissacarídeos, modificados quimicamente ou não, produzidos a partir de amido extraído de milho, batata, trigo ou mandioca. Pode ser utilizado na produção de embalagens e itens de descarte rápido e, em blends com polímeros sintéticos, na confecção de filmes flexíveis.

**Xantana** é um exopolissacarídeo produzido por microrganismo a partir de carboidratos extraídos de milho ou cana-de-açúcar, com ampla utilização na área de alimentos e uso potencial na de cosmético.

Um bom exemplo de biopolímero é a bioespuma feita a partir do óleo de mamona. O processo consiste em uma síntese que envolve reações químicas entre o óleo de mamona e amido, reações que são denominadas de esterificações. Veja o esquema de obtenção da Bioespuma e o seu processo de deterioração:

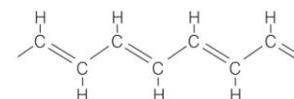


**IMPORTANTE** Já os **PLÁSTICOS OXIBIODEGRADÁVEIS**, são sacolas que se degradam em 18 meses ao entrarem em contato com oxigênio presente na atmosfera. Utilizam como matérias-primas poliolefinas tradicionais, cadeias entrelaçadas e cruzadas de hidrocarbonetos simples (polietileno, polipropileno, poliestireno), às quais é adicionado um catalisador que acelera a oxidação do polímero, fazendo com que ele se quebre em moléculas menores que, diferente do polímero base, são passíveis de ser umedecidas por água. Esses fragmentos menores ficam então disponíveis para os microorganismos sob a forma de uma fonte de energia ou alimento. No Brasil, a utilização destas sacolas não é regulamentada por lei.

## 7. Polímeros Condutores

Os polímeros condutores foram descobertos na segunda metade da década de 70, quando Shirakawa trabalhou junto com Heeger no laboratório de MacDiarmid, na Univ. da Pensilvânia (Faez et al., 2000). Eles produziram o primeiro “metal orgânico”, ao descobrirem que a condutividade elétrica (Figura 1) do poliácetileno poderia ser aumentada de cerca de 10 ordens de grandeza por meio de sua oxidação com cloro, bromo ou vapor de iodo; este processo, por analogia com a dopagem de semicondutores extrínsecos, foi chamado de “dopagem”.

Uma propriedade chave de um polímero condutor é a presença de ligações duplas conjugadas ao longo da cadeia do polímero. Na conjugação (vide abaixo), as ligações entre os átomos de carbono são alternadamente simples e duplas.



Cada ligação contém uma ligação “sigma” ( $\sigma$ ) que forma uma ligação química forte. Por outro lado, cada ligação dupla também contém uma ligação “pi” ( $\pi$ ) menos fortemente localizada e, por isso, mais fraca. Entretanto, não basta que o polímero tenha ligações duplas conjugadas. Para que ele se torne condutor

elétrico, tem que ser perturbado, tanto por meio da remoção de seus elétrons (oxidação) como por meio da inserção de elétrons (redução); este processo é conhecido como 'dopagem'.

Um dos principais interesses no uso desses polímeros está na manufatura de baixo custo através do processamento de soluções de polímeros formadores de filmes. Mostradores de luz e circuitos integrados por exemplo:

- Polianilina tem sido usada como um condutor e para a blindagem eletromagnética de circuitos eletrônicos e também como inibidora de corrosão;
- Poli(p-fenileno vinileno) são fortes candidatos para a camada ativa na produção de mostradores eletroluminescentes;
- OLEDs são fabricados a partir de polímeros semicondutores eletroluminescentes; para ser eletroluminescente, um polímero, além de ser semicondutor, deve ser fluorescente, isto é, ser capaz de emitir luz visível, ao absorver radiação ultravioleta.

## 8. Reciclagem de polímeros

Os polímeros naturais, como a celulose, sofrem biodegradação com relativa facilidade. Já os polímeros sintéticos, normalmente derivados de petróleo, apresentam alta resistência a esse processo. Tal propriedade, desejável enquanto o material está sendo utilizado, torna-se um grande problema quando é descartado em lixões e aterros sanitários, já que o processo de degradação pode levar décadas. Quando não tem mais utilidade, o plástico pode ser matéria prima para novos produtos, por meio da reciclagem. As indústrias de artefatos plásticos utilizam o material reciclado na produção de baldes, cabides, garrafas de água sanitária, conduítes e acessórios para automóveis. É possível economizar até 50% de energia com o uso do plástico reciclado. Em 2009, cerca de 21,2% dos plásticos foram reciclados no Brasil, o que representou aproximadamente 556 mil toneladas por ano, de acordo com dados do Cempre – Compromisso Empresarial pela Reciclagem.

A reciclagem dos plásticos é dividida em dois tipos principais:

**Reciclagem energética**- os plásticos são queimados em fornos apropriados, e a energia gerada em forma de calor é aproveitada para a produção de outros materiais, como cimento. Economiza-se, desta forma, com o consumo de combustíveis tradicionais. Este processo é utilizado em alguns países, principalmente da Ásia.

**Reciclagem mecânica**- é a mais utilizada em todo o mundo. Após a coleta, os materiais são prensados e transportados até uma recicladora. Lá as garrafas e outros materiais plásticos passam por um processo de separação e moagem, transformando-se em flocos. Entram num sistema de lavagem e descontaminação, e, como material limpo, estão prontos para serem utilizados.

Os plásticos são representados por um triângulo equilátero, composto por três setas e o número de identificação ao centro. O sistema de símbolos foi desenvolvido para auxiliar na identificação e separação manual de plásticos, já que não existe até o momento nenhum sistema automático de separação com esta finalidade. Se eventualmente, um destes símbolos não estiver presente no artefato a ser reciclado, há vários outros métodos simples para a sua identificação (densidade, teste da chama, temperatura de fusão e solubilidade).

## PRINCIPAIS PLÁSTICOS RECICLÁVEIS



**PET**  
Polietileno  
Teretalato

Transparente e inquebrável o PET é um material extremamente leve. Usado principalmente na fabricação de embalagens de bebidas carbonatadas (refrigerantes), além da Indústria alimentícia. Está presente também nos setores hospitalar, cosméticos, têxteis etc.



**PEAD**  
Polietileno  
de alta  
densidade

Material leve, inquebrável, rígido e com excelente resistência química. Muito usado em embalagens de produtos para uso domiciliar tais como: Detergentes, amaciantes, sacos e sacolas de supermercado, potes, utilidades domésticas, etc. Seu uso em outros setores também é muito grande tais como: Embalagens de óleo, bombonas para produtos químicos, tambores de tinta, peças técnicas etc.



**PVC**  
Policloreto  
de  
Vinila

Material transparente, leve, resistente a temperatura, inquebrável. Normalmente usado em embalagens para água mineral, óleos comestíveis etc. Além da indústria alimentícia é muito encontrado nos setores farmacêuticos em bolsas de soro, sangue, material hospitalar, etc. Uma forte presença também no setor de construção civil, principalmente em tubos e esquadrias.



**PEBD**  
Polietileno  
de baixa  
densidade

Material flexível, leve, transparente e impermeável. Pelas suas qualidades é muito usado em embalagens flexíveis tais como: Sacolas e saquinhos para supermercados, leites e iogurtes, sacaria industrial, sacos de lixo, mudas de plantas, embalagens têxteis etc.



**PP**  
Polipropileno

Material rígido, brilhante com capacidade de conservar o aroma e resistente às mudanças de temperatura. Normalmente é encontrado em peças técnicas, caixarias em geral, utilidades domésticas, fios e cabos etc. Potes e embalagens mais resistentes



**PS**  
Poliestireno

Material impermeável, leve, transparente, rígido e brilhante. Usado em potes para iogurtes, sorvetes, doces, pratos, tampas, aparelhos de barbear descartáveis, revestimento interno de geladeiras etc.



**OUTROS**  
Outros tipos  
de  
Plásticos

Neste grupo estão classificados os outros tipos de plásticos. Entre eles: ABS/SAN, EVA, PA etc. Normalmente são encontrados em peças técnicas e de engenharia, solados de calçados, material esportivo, corpos de computadores e telefones, CD'S etc.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**01 - (ENEM)** Com o objetivo de substituir as sacolas de polietileno, alguns supermercados têm utilizado um novo tipo de plástico ecológico, que apresenta em sua composição amido de milho e uma resina polimérica termoplástica, obtida a partir de uma fonte petroquímica.

ERENO, D. Plásticos de vegetais. **Pesquisa Fapesp**, n. 179, jan. 2011 (adaptado).

Nesses plásticos, a fragmentação da resina polimérica é facilitada porque os carboidratos presentes

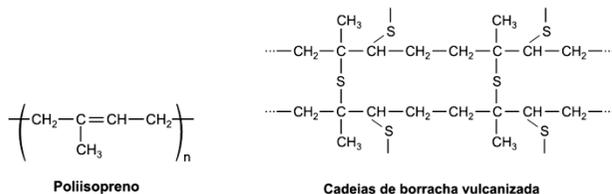
- dissolvem-se na água.
- absorvem água com facilidade.
- caramelizam por aquecimento e quebram.
- são digeridos por organismos decompositores.
- decompõem-se espontaneamente em contato com água e gás carbônico.

**02 - (PUC RS)** A sociedade moderna é bastante dependente de polímeros sintéticos. Essa dependência se manifesta em inúmeros produtos encontrados no cotidiano, a começar pelas garrafas de refrigerante, feitas de \_\_\_\_\_, e as sacolas de supermercado, feitas de \_\_\_\_\_. As juntas e tubulações por onde passa a água encanada são geralmente fabricadas com \_\_\_\_\_, um polímero que contém átomos de um halogênio em sua estrutura. O “isopor” é um produto constituído de \_\_\_\_\_, o qual pode ser dissolvido em acetona para formar uma cola muito resistente.

As palavras/expressões que preenchem correta e respectivamente as lacunas do texto estão reunidas em

- politereftalato de etileno – polietileno – policloreto de vinila – poliestireno
- polietileno – polipropileno – polibutadieno – poliestireno
- policarbonato – plástico verde – poliuretano – polipropileno
- álcool polivinílico – PET – celuloide – poliamida
- poliéster – polimetilmetacrilato – silicone – poli-isopreno

**03 - (UEFS BA)** Empresa, líder na fabricação de pneus na América do Sul, tem o Brasil como o maior mercado, com fabricas em São Paulo e na Bahia, em Feira de Santana, destina 3% de seu faturamento de 15 bilhões à pesquisa e ao desenvolvimento, e dá apoio ao Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus inservíveis para reciclagem. A borracha natural, utilizada na fabricação de pneus é um polímero linear de isopreno, que, após vulcanização na presença de compostos de enxofre, se transforma em estrutura tridimensional de grande resistência.



Considerando-se essas informações e com base nos conhecimentos sobre polímeros, é correto afirmar.

- A massa molecular média de borracha natural com  $n = 5,0 \cdot 10^3$  é  $3,0 \cdot 10^5 \text{ g mol}^{-1}$ .

- A vulcanização, embora aumente a resistência da borracha natural, diminui a dureza para melhor moldar os pneus.
- A borracha natural e a sintética fabricada a partir de derivados de isopreno pertence à classe de polímeros do grupo dos elastômeros.
- Os pneus inservíveis, antes de ser utilizados juntamente com petróleo, no asfaltamento de ruas, são destilados para ser separados de fios de aço.
- As ligações de enxofre entre as cadeias carbônicas de poliisopreno evidenciam que esse elemento químico, nessas condições, possui estado de oxidação igual a zero.

**04 - (Unifacs BA)** Empresa petroquímica da Bahia desenvolveu silos-bolsas especiais para armazenamento de safras agrícolas de milho e de soja para mais de 200 toneladas de grãos. O estoque de grãos pode ser mantido por mais de dois anos, sem o uso de defensivos agrícolas e fácil manuseio, na hora do carregamento. Utilizou materiais resistentes de polietileno de alta densidade, PEAD, policloreto de vinil, PVC, e de polipropileno, PP, em substituição a produtos tradicionais de alto custo usados no setor de agronegócios.

Material	Densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ )
Polipropileno, PP $\left( \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$	*
Polietileno de alta densidade, PEAD $\left( \text{CH}_2\text{CH}_2 \right)_n$	0,94 a 0,96
Policloreto de vinil, PVC $\left( \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CH} \\   \\ \text{Cl} \end{array} \right)_n$	1,22 a 1,30

\* Valores próximos da densidade do polietileno PEAD

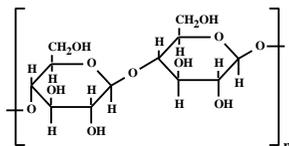
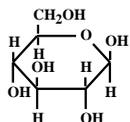
A partir dessas informações e com base nos conhecimentos sobre polímeros, é correto afirmar:

- A densidade do polipropileno é maior que a do polietileno PEAD.
- A diferença de densidade não influi nas propriedades dos polietilenos.
- Os polímeros “verdes” usados no setor agrícola são facilmente biodegradados no ambiente e, por isso, não precisam ser reciclados.
- As macromoléculas menores e de cadeias carbônicas ramificadas não são empacotadas, em volumes iguais, com tanta facilidade quanto as não ramificadas, nas mesmas condições.
- Os silos-bolsas de policloreto de vinil dispensam a aplicação de defensivos agrícolas durante a armazenagem de grãos de milho e de soja em razão da presença de átomos tóxicos de cloro na molécula do material.

**05 - (UFSCA)** celulose atua como componente estrutural na parede celular de diversas plantas e é o principal componente químico do papel comum, como este que você está utilizando para fazer sua prova. Quimicamente, a celulose é um polímero, mais especificamente um polissacarídeo, formado pela junção de várias unidades de glicose. As fórmulas estruturais planas da glicose e da celulose são mostradas no esquema abaixo.

*Glicose*

*Celulose*



Com base nas informações disponibilizadas acima:

- expresse a fórmula molecular da glicose.
- escreva o(s) nome(s) da(s) função(ões) orgânica(s) presente(s) na molécula de celulose.
- cite o nome da reação que ocorre entre as moléculas de glicose para formar a celulose.
- considere que esta folha de papel da sua prova possua cerca de  $620 \text{ cm}^2$  e que o papel tenha gramatura de  $75 \text{ g/m}^2$ . Considere, ainda, que o papel seja composto por 80% em massa de celulose, com massa molar média de  $100.000 \text{ g/mol}$ . Calcule o número de moléculas de celulose presentes na folha de papel de sua prova.  
*Informação adicional: Número de Avogadro:  $6,02 \times 10^{23}$ .*

**06 - (UFAM)** Sobre as biopolímeros podemos afirmar:

- Na química de biopolímeros, as características do monômero são importantes para a estrutura tridimensional, mas as formas como eles se ligam e interagem são essenciais para as suas características;
- Celulose e amido possuem o mesmo monômero, mas a forma como as moléculas de glicose se ligam e interagem é que define características de solubilidade e mesmo as funções biológicas;
- A borracha é um polímero elástico constituído a partir de unidades monoméricas de isopreno (2-metilbuta-1,3-dieno);
- As proteínas são biomoléculas de alto peso molecular existentes em todos os organismos vivos. Independente de sua forma ou função todas as moléculas de proteínas contém unidades de aminoácidos interligadas em uma cadeia muito longa.

Assinale a alternativa correta:

- Somente as afirmativas I e II estão corretas
- Somente as afirmativas II e IV estão corretas
- Somente as afirmativas II, III e IV estão corretas
- Somente as afirmativas I, III e IV estão corretas
- Todas as afirmativas estão corretas

#### GABARITO:

01) D 02) A 03) C 04) 04

05)

- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- Álcool e éter.
- Condensação ou polimerização.
- têm-se  $2,24 \times 10^{19}$  moléculas na folha de papel.

06) E