



O Tênis Nosso de Cada Dia

Alexandre Silvestre dos Santos e Glaura Goulart Silva

Neste trabalho, são apresentados alguns textos elaborados com o objetivo de discutir aspectos fundamentais sobre polímeros e sua relação com os materiais utilizados em um tênis. São apresentadas também atividades experimentais de manipulação e caracterização de solado de tênis. Esse contexto pode permitir uma discussão relevante de temas químicos que são parte dos conteúdos de Ensino Médio, tais como: nomenclatura de polímeros, interações intermoleculares, reações de polimerização e propriedades de materiais. Ao mesmo tempo, o caráter fortemente interdisciplinar e a possibilidade de uma análise crítica de valores de consumo da sociedade moderna igualmente justificam a abordagem do tema.

► polímeros, experimentação, valores de consumo ◀

Recebido em 25/02/08, aceito em 13/12/08

O ser humano utiliza variados tipos de materiais para executar tarefas no sentido de garantir sua sobrevivência e propiciar seu próprio conforto (Pitombo e Lisboa, 2001). Nas últimas décadas, de acordo com necessidades de nossa moderna e complexa sociedade, constata-se o intenso aprimoramento de materiais tradicionais e o desenvolvimento de novos como, por exemplo, os polímeros. Plásticos, borrachas, fibras, filmes e adesivos são alguns exemplos de materiais poliméricos que têm sido propostos para os mais variados fins (Bianchi e cols., 2005; Callister Jr., 1997).

Para a formação de um cidadão, é considerado relevante o discernimento entre diferentes tipos de materiais (Santos e Schnetzler, 1996), suas propriedades principais, sua relação custo/benefício nos bens de consumo, além do impacto ambiental destes. O acesso a uma formação sobre esses aspectos pode possibilitar escolhas

mais bem fundamentadas em campos diversos da vida moderna, desde a aquisição de vestuário pessoal até posicionamento perante políticas nacionais para o setor industrial.

Como monografia de final de curso de Licenciatura em Química, foi produzida uma proposta de estudo de conceitos básicos de polímeros, contextualizada por meio do artefato calçado, mais especificamente o tênis. Essa monografia foi transformada no presente artigo com o objetivo de contribuir para a comunidade brasileira de educadores em química com um exemplo de problema na interface artefato de consumo/materiais/química de materiais. Serão discutidos aspectos históricos, definições, composição, processos de síntese e, principalmen-

te, as propriedades dos materiais que compõem o tênis.

O tênis é um objeto de consumo muito popular entre jovens e adultos. Geralmente é composto por várias partes de diferentes materiais, divididos entre solado, corpo, contraforte (reforço do calcanhar), bico e acabamento (Gooutside, 2007). Algumas importantes propriedades são solicitadas de um tênis de qualidade,

tais como: flexibilidade, resistência ao impacto, resistência ao desgaste, transpirabilidade, entre outras.

A discussão relevante para a formação de cidadãos no contexto imediato dos alunos de Ensino Médio diz respeito à questão da aquisição de artigos de qualidade e durabilidade, que evitem um consumismo desenfreado, em contraposição ao custo excessivo de artigos de “marca”, não associado necessariamente às características de qualidade.

A seção “Química e sociedade” apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre Ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.

Um pouco de história

Os primeiros calçados, desenvolvidos pelos homens das cavernas, eram obtidos das peles de animais, cortadas, raspadas, secadas e, depois, amarradas em seus pés. As primeiras evidências de curtimento e beneficiamento de peles provêm do Egito. Há pinturas, com cerca de seis a sete mil anos, que representavam os diversos estados de preparo do couro para confecção de calçados.

Na Idade Média, tanto homens quanto mulheres usavam calçados de couro abertos que tinham uma forma semelhante ao das sapatilhas. Desde então, até recentemente, os calçados são confeccionados principalmente em couro, com solas também de couro, palhas e fibras, como as de palmeira. No entanto, esse quadro mudou com o desenvolvimento da vulcanização da borracha natural, da petroquímica e da criação de numerosos materiais sintéticos com propriedades variadas, inclusive aquelas úteis ao desenvolvimento de novos tipos de calçados para os mais diversos fins (World Tennis, 2007).

Aliado à necessidade de se ter calçados especiais para prática de esportes, o desenvolvimento de novos materiais de alto desempenho levou ao nascimento do tênis. Em 1920, surgiu o primeiro calçado de corrida do mundo: mais leve e confortável, criado por Adolph Dassler, o qual proporcionou aos atletas maior conforto nas práticas esportivas, pois até então as pessoas corriam, jogavam futebol ou outros esportes com seus sapatos de uso diário: pesados e desconfortáveis.

Na década de 1950, o tênis se tornou popular entre os jovens e passou a calçar pés dos ícones da juventude rebelde como o *pop star* Elvis Presley. O tênis sofreu milhares de modificações e pode ser considerado um artefato que marca o século XX (World Tennis, 2007).

O que antes era um calçado de borracha e tecido, hoje pode apre-

sentar vários tipos diferentes de polímeros no mesmo modelo. Materiais, *design*, funções, tudo é levado em consideração pelos seus projetistas. A criatividade é muito solicitada no desenvolvimento dos modelos da "moda". A divulgação do tênis está frequentemente associada ao esporte e aos atletas campeões.

Por outro lado, é importante notar que a possibilidade de uso de materiais poliméricos de mais baixo custo permitiu a produção de tênis acessíveis às camadas de mais baixa renda. Portanto, esse é o calçado de escolha de estudantes e trabalhadores. O tênis transcende a divisão de classes sociais e é usado por todos.

Tênis: produção e anatomia

A produção de um tênis, assim com a dos mais variados tipos de calçados, é um processo complexo que demanda conhecimento de várias áreas do conhecimento (Mylius, 1993):

Medicina e Física: devido à biomecânica do pé, que é extremamente importante para a proteção e o conforto não apenas do pé, mas do corpo como um todo.

Desenho e Informática: desenvolvimento de modelos.

Engenharia e Informática: logística de produção.

Química e Engenharia: desenvolvimento de materiais para aplicação em calçados.

A aplicação dos conhecimentos citados acima visa resolver problemas como os descritos abaixo: Tênis muito apertados comprimem os vasos sanguíneos e podem ocasionar problemas circula-

tórios. Por outro lado, tênis folgados produzem atritos múltiplos, ocasionando aparecimento de bolhas.

Tênis com solas muito flexíveis podem favorecer torções do pé, e solas excessivamente duras não conseguem amortecer os choques sofridos pelo pé ao caminhar.

Tênis confeccionados com materiais impermeáveis, que não permitem

a transpiração, podem causar frieiras e doenças de pele em geral, além de provocar o aparecimento de odor desagradável, o famoso "chulé".

A qualidade de um produto pode ser entendida como a capacidade deste de satisfazer as necessidades e/ou expectativas do consumidor, logo, em linhas gerais, a qualidade relacionada a um tênis baseia-se em cinco características: Aspecto – Conforto – Durabilidade – Segurança – Saúde, que serão discutidas com mais detalhes neste trabalho.

Basicamente um tênis é composto de uma parte superior, o cabedal, e de uma parte inferior, o solado, como mostrado na Figura 1. Essas duas partes se dividem em algumas outras partes com características e funções bem específicas (Gooutside, 2007).



Figura 1: Partes constituintes do tênis.

- Cabedal: Destina-se a cobrir e proteger a parte de cima do pé e divide-se em uma parte frontal, uma traseira e outra lateral. Normalmente, é constituído de várias peças e reforços, usados para dar mais firmeza e proteção à parte superior do pé ou, então, por questão de design. Entre os elementos de reforço, estão o contraforte e a couraça.
- Contraforte: É um reforço colocado entre o cabedal e o forro de acabamento interno (Figura 2), na região do calcanhar, destinado a dar forma a essa parte do calçado e manter o

O tênis é um objeto de consumo muito popular entre jovens e adultos. Geralmente é composto por várias partes de diferentes materiais, divididos entre solado, corpo, contraforte (reforço do calcanhar), bico e acabamento.

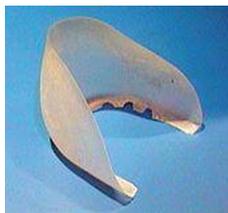


Figura 2: Contraforte do tênis.

calcanhar firme dentro do tênis. É um elemento importante no calçamento e no conforto.

- Couraça ou biqueira: É um reforço colocado no bico do tênis, também entre o cabedal e o forro, destinado a proteger os dedos e, ao mesmo tempo, dar firmeza e boa apresentação ao bico, mantendo inalterada, mesmo durante o uso, a sua forma original.
- Forro interno: É a parte interna do cabedal que entrará em contato direto com o pé e tem a função de acabamento interno e de proporcionar conforto.
- Entressola: Localizada entre o cabedal e o solado, essa peça é de extrema importância em calçados esportivos, pois atua na dispersão de forças causadas pelo ciclo mecânico, e é vital em quase todas as categorias de sapatos esportivos.
- Solado: É a parte inferior do tênis que se interpõem entre o pé e o solo. Na parte do solado, podemos também fazer referência à palmilha de montagem, na qual é montado o cabedal e é fixada a sola externa, e a palmilha interna, destinada a proporcionar conforto.

Os polímeros: aspectos gerais

Alguns líquidos, como o estireno, ao serem aquecidos a 200° C, em vez de passarem para a fase gasosa, como normalmente acontece com os outros compostos, tornam-se gelatinosos ou sólidos. O aquecimento, nesses casos, dá origem a novas substâncias: os polímeros (Bianchi e cols., 2005). Um polímero é uma substância formada por vários segmentos idênticos ou unidades de repetição e, por esse motivo, podemos reconhecê-los facilmente a partir de sua estrutura, bastando, para isso, observar se sua representação mostra várias repetições de uma mesma unidade, ou seja, de pequenos segmentos idênticos (Santos e Mól, 2005; Canevarolo Jr., 2003).

Toda vez que moléculas sofrem reações químicas que fazem com que elas se liguem repetidas vezes por meio de ligações covalentes, gerando macromoléculas, temos a formação de um polímero e a reação em questão é de polimerização, como mostrado na Figura 3.

Os polímeros podem ser sintéticos, ou seja, elaborados em laboratórios e/ou indústrias, e também naturais. Polímeros naturais são moléculas de grande massa molecular encontradas na natureza. A celulose é um polímero natural encontrado, por exemplo, na madeira (Santos e cols., 2001), no algodão e em vários outros vegetais. Em virtude de ser uma

excelente fibra, ela é empregada na fabricação de diversos tecidos para roupas e calçados. A celulose é uma das substâncias orgânicas mais abundantes no mundo, sendo que bilhões de toneladas dela são produzidos anualmente pela fotossíntese. A unidade repetitiva da celulose é um carboidrato como mostrado na Figura 4.

São considerados polímeros as moléculas de massa molar na faixa de 1.000 a 1.000.000 g/mol. Ao contrário das substâncias químicas comuns, os polímeros contêm massas moleculares variadas, apresentando o fenômeno chamado de polimolecularidade. A elevada massa molecular aliada à natureza química dos átomos, que constituem as moléculas, faz com que polímeros diferentes tenham propriedades variadas, permitindo diversas aplicações desses materiais nos bens de consumo disponíveis na atualidade.

Os polímeros apresentam propriedades químicas muitas vezes originadas de interações entre uma mesma cadeia polimérica (intramolecular) ou desta com

outras cadeias (intermolecular). Nas macromoléculas, as ligações de hidrogênio, interações dipolo-dipolo e dipolo induzido podem causar efeito muito mais significativo que em moléculas de cadeia curta, em função do grande número de interações presentes (Barros, 2000; Curi, 1996).

O tipo de interação intermolecular (ou intramolecular) também define algumas das propriedades físicas dos polímeros, tais como solubilidade, permeabilidade a gases, cristalinidade, ponto de fusão, entre outras (Canevarolo, 2003).

As interações (intra)intermoleculares podem ser (Barros, 2000; Curi, 1996):

- Dipolo induzido: quando duas moléculas se aproximam, as atrações e repulsões entre seus núcleos e elétrons provocam distorções entre suas nuvens eletrônicas, ou seja, podem sur-

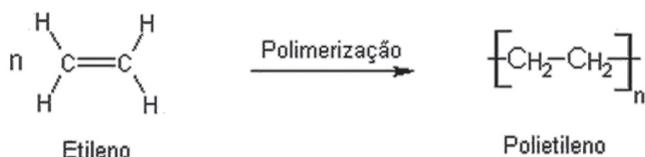


Figura 3: Reação de polimerização do monômero etileno produzindo o polietileno.

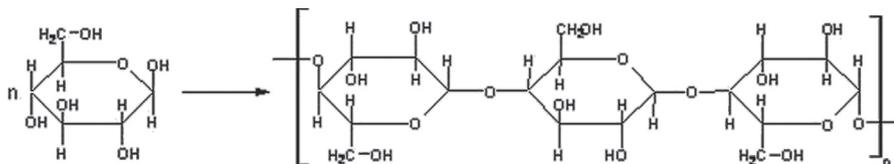


Figura 4: Estrutura molecular do monômero e do polímero celulose.

gir, momentaneamente, dipolos instantâneos, capazes de induzir outros dipolos em átomos ou moléculas adjacentes.

- Dipolo-dipolo ou dipolo permanente: quando duas moléculas que apresentam grupos polares interagem, os dipolos tendem a orientarem-se uns aos outros, de forma a maximizar as interações eletrostáticas atrativas causadas pela diferença de polaridade entre os dipolos. Um exemplo desse tipo de interação entre cadeias poliméricas é mostrado na Figura 5.

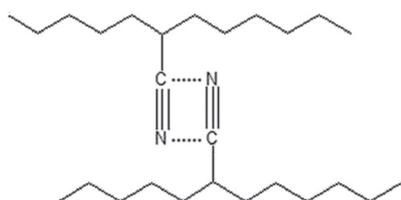


Figura 5: Interação entre dois dipolos permanentes da poliacrilonitrila (PAN).

- Ligações de hidrogênio: fundamentalmente também uma interação eletrostática, é considerada a interação intermolecular mais forte. É causada pelo alinhamento de dipolos positivos e negativos, como exemplificado na Figura 6. Quando um átomo de hidrogênio está ligado a um elemento muito eletronegativo (usualmente N, O ou F), a nuvem eletrônica da ligação (N-H ou O-H) é bem mais densa na região próxima ao átomo eletronegativo. Dessa forma, no hidrogênio, é gerado um dipolo positivo, que encontra, nas proximidades, a região polari-

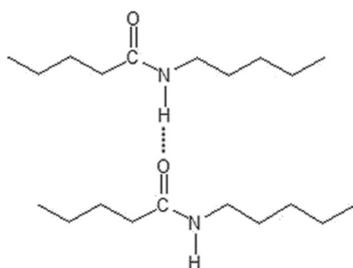


Figura 6: Ligação de hidrogênio formada entre a carbonila e o grupo NH de uma poliamida (também conhecida como náilon).

zada negativamente na molécula vizinha (=O), efetivando a ligação de hidrogênio.

Muitas vezes, um polímero apresenta duas ou mais unidades repetitivas. Esses polímeros são chamados de copolímeros que diferem dos homopolímeros, que são formados pela repetição de somente uma unidade monomérica. A Figura 7 apresenta a estrutura de dois monômeros e, após a reação de polimerização, a formação de um copolímero.

Para diferentes aplicações, é possível produzir polímeros com diferentes propriedades, simplesmente alterando suas estruturas e composições. Por isso, o conhecimento desses materiais é de fundamental importância para a indústria e para os consumidores (Santos e Mol, 2005).

Os polímeros podem receber diferentes tipos de classificação. Uma delas é feita a partir da análise da solubilidade e fusibilidade dos materiais. Nessa classificação, temos os termoplásticos e os termorrígidos.

A família dos plásticos representa uma classe de materiais poliméricos que apresentam em comum o fato de serem facilmente moldáveis. Eles podem, por meio de métodos adequados, assumir uma variedade de formas como garrafas, vasos, sacolas e fios. A maioria dos plásticos é facilmente remodelável quando se eleva a temperatura. Materiais desse tipo são chamados de termoplásticos. Os polímeros termoplásticos são constituídos por macromoléculas lineares que podem conter ou não ramificações, e são fusíveis e solúveis em solventes orgânicos comuns (Canevarolo, 2003; Mano e Mendes, 2000).

O termo termorrígido ou termofixo é

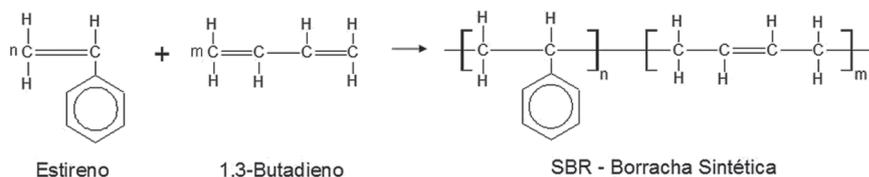


Figura 7: Reação de polimerização dos monômeros estireno e 1,3-butadieno para obtenção do copolímero poli(estireno-co-butadieno), também conhecido pela sigla SBR oriunda dos nomes das unidades de repetição em inglês seguida da sigla para borracha (rubber).

associado a materiais poliméricos que são maleáveis apenas no momento da fabricação e, por isso, podem ser moldados somente nesse momento. Após essa etapa, não há como remodelá-los. Os polímeros termorrígidos são infusíveis e insolúveis em solventes orgânicos comuns. Suas moléculas podem estar ligadas entre si, formando uma rede tridimensional chamada de reticulado como mostrado na Figura 8 (Canevarolo, 2003; Mano e Mendes, 2000; Wan e cols., 2001).

O fato de os termoplásticos serem moldáveis por aquecimento, mesmo após terem sido utilizados em produto específico, é uma vantagem com respeito à questão ambiental. Garrafas PET [poli(tereftalato de etileno)], por exemplo, podem ser remoldadas várias vezes (Pereira e cols., 2002; Franchetti e Marconato, 2003; Mateus e Moreira, 2005). Já os termorrígidos podem ser reciclados mecanicamente por pulverização e adição a produtos alternativos. Outras soluções para os termorrígidos são: a reciclagem química, que envolve a despolimerização, e a incineração com o aproveitamento da energia. Nesse último caso, as emissões gasosas precisam ser rigorosamente controladas (Scuracchio e cols., 2006).

Materiais tipicamente utilizados para confecção de tênis

Com o desenvolvimento de novos materiais sintéticos com propriedades aprimoradas para utilização em calçados, a fabricação desse artefato se diversificou, tornando-se bastante complexa. Em decorrência, a confecção de calçados de alto desempenho e adaptados para usos específicos tornou-se possível.

Abaixo serão apresentados breve-



Figura 8: Representação simplificada de cadeias poliméricas reticuladas.

mente os principais materiais utilizados no tênis, em que parte e/ou componentes são empregados, quais as suas características básicas e como elas influenciam no desempenho do calçado e conforto do consumidor.

Couro: O couro é formado por um tecido fibroso constituído de uma proteína chamada colágeno. O colágeno é constituído por uma cadeia de três peptídeos (Answers.com, 2007) que interagem entre si por meio de ligações de hidrogênio, formando uma estrutura tridimensional conhecida como tripla-hélice, sendo considerado um polímero natural. É obtido da pele de animais – geralmente boi, cabra, porco etc. – que, após um tratamento chamado de curtimento, o transforma num material apto a ser costurado, colado, ou seja, manipulado industrialmente. O couro, considerado um material nobre, pode ser adicionado em várias partes do calçado, mas é particularmente aconselhável no cabedal, no forro e em alguns modelos de sola. As razões para isso são suas propriedades especiais (Mylius, 1993; Answers.com, 2007):

- plasticidade e elasticidade: o couro tem a capacidade de conformar-se, amoldar-se a uma determinada forma que lhe é dada e de mantê-la, o que garante que o calçado não se deformará mesmo com o passar do tempo.
- resistência ao atrito, ao rasgamento, à flexão, o que assegura uma maior vida útil para o calçado.
- permeabilidade: absorve a umidade natural (suor) do pé e permite a transpiração, propiciando um “ambiente” agradável dentro do calçado.
- distensibilidade: pode distender-se, amoldando-se, assim, às variações de volume dos diversos tipos de pés e adaptando-se

aos seus movimentos como uma segunda pele.

PVC: O PVC, poli(cloreto de vinila), é bem conhecido na indústria de calçados, sendo um dos materiais mais utilizados na produção de solados e laminados sintéticos (filmes de PVC que são aplicados a um tecido ou malha para dar acabamento) aplicados no cabedal. A Figura 9 mostra a reação de polimerização. Erroneamente o PVC é chamado de couro sintético, pois pode ser produzido com aspecto parecido ao couro. Por ser um polímero do tipo termoplástico, de baixo custo, fácil processamento e 100% reciclável, o PVC é amplamente utilizado em solados injetados, ou seja, produzidos industrialmente com o polímero fundido e sendo injetado em um molde. O PVC é impermeável e apresenta boa resistência ao desgaste (abrasão), mas possui baixa aderência ao solo.

Poliuretano (PU): Trata-se de um material sintético, extremamente versátil, disponível sob várias formas e empregado em solas, entressolas, laminados e forros sintéticos. Caracteriza-se por ser durável, flexível e leve, sendo altamente indicado para confecção de tênis para a prática de esportes, sobretudo por sua capacidade de absorver

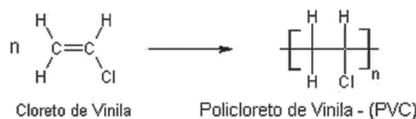


Figura 9: Reação de polimerização do cloreto de vinila com a produção do poli(cloreto de vinila) (PVC).

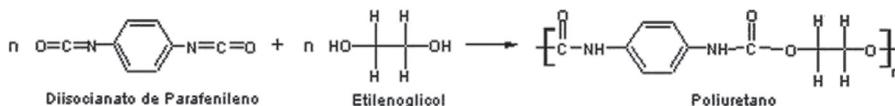


Figura 10: Reação de polimerização entre o diisocianato de parafenileno e o etilenoglicol para obtenção de um poliuretano.

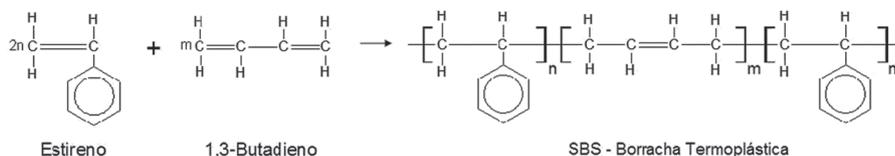


Figura 11: Reação de polimerização dos monômeros de estireno e 1,3-butadieno na estequiometria de (2:1) para obtenção do copolímero de SBS, comercialmente conhecido como TR, outro tipo de borracha sintética.

choques. É também um polímero termoplástico, leve, de maior custo que o PVC, entretanto de melhor desempenho quanto a acabamento e resistência a desgaste. A Figura 10 mostra um esquema reacional de produção de poliuretano a partir de um diisocianato e um diálcool (diol). Poliuretano constitui uma família de polímeros com vários tipos diferentes de isocianatos e dióis ou polióis, podendo ser utilizado para diferentes produtos.

TR: O TR é um composto termoplástico a base do copolímero SBS – estireno-butadieno-estireno – que é uma borracha. TR significa da sigla inglesa borracha termoplástica (thermoplastic rubber). A Figura 11 mostra o esquema reacional de síntese do copolímero SBS. É um material bastante versátil utilizado, sobretudo, na fabricação de solados, entressolas e amortecedores. TR é amplamente utilizado na indústria de calçados devido a suas propriedades, sua praticidade e seu baixo custo. Apresenta boa aderência ao solo e boa flexibilidade inclusive em baixas temperaturas. Sua principal desvantagem é um comportamento de resistência ao desgaste relativamente inferior ao PU (Mylius, 1993).

Borracha Natural Vulcanizada: Esta foi o primeiro material a ser usado para substituir o couro na fabricação de solados. Após o processo de vulcanização (Figura 12), são encontradas “pontes de enxofre” entre as cadeias da borracha, ou seja, são produzidas ligações covalentes entre as cadeias, e o enxofre transforma a borracha em um polímero

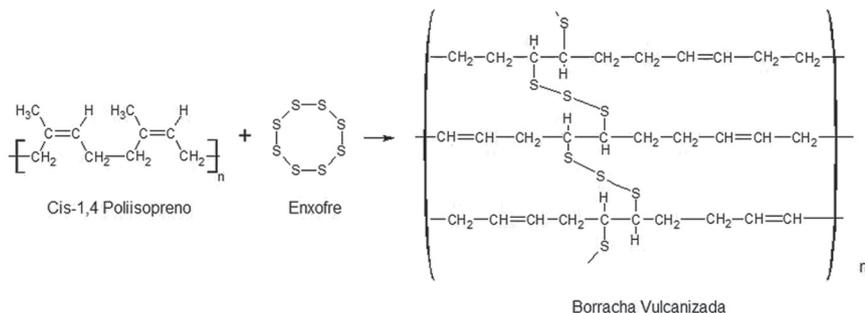


Figura 12: Reação de vulcanização entre a borracha natural e o enxofre para a obtenção da borracha vulcanizada.

termorrígido e elástico. Esse novo material – borracha vulcanizada – apresenta propriedades mecânicas excepcionais, bem melhores que as das borrachas sintéticas e/ou não vulcanizadas. Apresenta excelente resistência ao desgaste, adere bem ao solo e é flexível e leve. Sua principal desvantagem é o alto custo de processo, pois a vulcanização é considerada demorada e trabalhosa do ponto de vista do produtor de calçados.

EVA: O EVA – copolímero de etileno e acetato de vinila – é um material amplamente utilizado em entressolas e em, principalmente, palmilhas (Figura 13). Dos materiais relacionados para solado, é o mais leve e um dos mais macios, sendo empregado, sobretudo, em sua forma expandida (ou seja, como espuma). Possui boa resistência a impacto, sendo muito utilizado para tênis esportivos do tipo futsal e alguns tipos de chinelos em sua forma expandida.

Questão para discussão

Na produção de solados à base de polímeros sintéticos, uma propriedade bastante desejável é a sua resistência ao desgaste. Essa resistência é maior, principalmente,

quando cadeias poliméricas distintas se atraem, interagindo efetivamente. Os termoplásticos PU, PVC, EVA e o TR são amplamente utilizados na confecção de solados para tênis. Compare a resistência ao desgaste desses polímeros, considerando suas estruturas químicas e a interação entre cadeias. Coloque em ordem crescente de resistência ao desgaste os polímeros mencionados.

Relação entre os materiais constituintes de um tênis e suas propriedades

De uma maneira objetiva, podemos afirmar que a qualidade intrínseca de um calçado se baseia em cinco características:

Aspecto – Conforto – Durabilidade – Segurança – Saúde

Dessa forma, a avaliação dos materiais utilizados na produção de um tênis é essencial para a escolha de um modelo (Mylius, 1993).

Aspecto: O relevante nesse sentido é o acabamento do tênis, seja ele para qualquer tipo de uso. O importante é o tênis ter sido bem acabado de acordo com as preferências de

Os principais materiais utilizados no tênis são: couro, PVC [poli(cloreto de vinila)], PU (poliuretano), TR (termoplástico de borracha), borracha natural vulcanizada e EVA (etileno e acetato de vinila).

compra do cliente. Geralmente os acabamentos dos tênis são de laminados sintéticos aplicados no cabedal, que apresentam os mais diversos efeitos de superfície, desde o brilho ao fosco, podendo também imitar o couro. Os solados podem variar de acordo com a preferência do cliente, podendo ser coloridos ou não, pois todos os polímeros descritos previamente são passíveis de pigmentação (World Tennis, 2007).

Conforto: Basicamente, o conforto se deve ao projetista do calçado e seu processo de modelagem. Um tênis que não nos incomoda, que facilita o andar e nos proporciona bem-estar, deve-se à modelagem correta, baseada em uma fôrma que respeite a anatomia, a fisiologia e a mecânica do pé. O tipo do material utilizado no solado e cabedal também é essencial para o conforto dos pés. A utilização de materiais sintéticos, tais como o PVC e PU, para a confecção de cabedais (forro e acabamento), apesar de proporcionarem acabamento excepcional, não permite a transpiração natural dos pés. Portanto, os calçados produzidos com esses ma-

teriais podem causar frieiras e doenças de pele em geral, além é claro de provocar o aparecimento de odor desagradável, o famoso “chulé”. Dos laminados sintéticos – PVC e PU –, o primeiro é o mais crítico, pois torna o

tênis praticamente impermeável, além de dificultar a transpiração do pé, provocando superaquecimento deste. Solados à base de PVC também são mais “pesados” e podem causar desconforto durante caminhadas e no uso diário. O PU apresenta certo grau de permeabilidade à umidade e de absorção da transpiração do pé, tornando-se uma melhor opção para forros e laminados de acabamento em tênis (World Tennis, 2007). Modelos confeccionados com material sintético perfurado podem melhorar consideravelmente a capacidade de transpiração. Nesse caso, é preciso avaliar o comportamento em am-

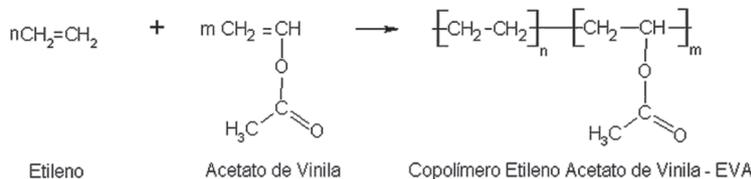


Figura 13: Reação de polimerização entre o etileno e o acetato de vinila, para a obtenção do copolímero poli(etileno-co-acetato de vinila), comercialmente conhecido como EVA.

biente úmido, ou seja, em dias de chuva, pois um calçado que deixa entrar água torna-se desconfortável e prejudicial à saúde. O material mais indicado para aplicação de acabamento é o couro, pois possui poros que absorvem a umidade natural do pé, propiciando um ambiente agradável dentro do tênis.

As vantagens dos laminados sintéticos sobre o couro são:

- menor custo;
- superfície mais regular, homogênea e sem defeitos;
- espessura uniforme;
- maior aproveitamento.

Durabilidade: Qualquer tênis deve ter padrões mínimos de resistência de acordo com a sua aplicação, ou seja, um tênis de corrida deve apresentar maior resistência a impactos e desgaste que um de passeio. Nesse sentido, a maior ou menor durabilidade está relacionada aos materiais que são aplicados em sua estrutura e suas propriedades. Para calçados esportivos, que demandam maior resistência ao desgaste devido ao atrito com quadras e pistas de corrida, faz-se necessário a utilização de materiais com melhores propriedades mecânicas. O PU e a borracha vulcanizada são boas opções para solados em calçados esportivos. Analisando a estrutura química desses compostos, é fácil verificar a razão das boas propriedades mecânicas que eles apresentam. O PU apresenta ligações intermoleculares do tipo “ligações de hidrogênio”, como mostrado na Figura 14, que é umas das características

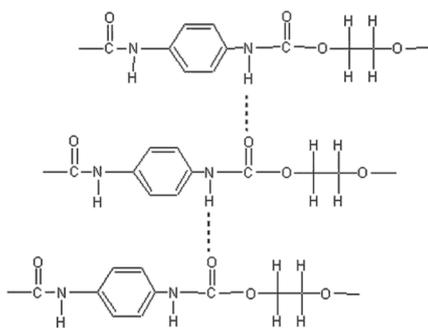


Figura 14: Ligações de hidrogênio formadas entre a carbonila (C=O) e o grupo N-H entre cadeias de poliuretano.

responsáveis pela boa resistência ao desgaste desse material. A borracha natural ou sintética vulcanizada apresenta boas propriedades para aplicação em solados, pois possui excelente resistência ao desgaste, aumentando em muito a vida útil do calçado, o que está associado a ligações covalentes entre as cadeias poliméricas devido às “pontes de enxofre”. No entanto, apesar do bom desempenho do PU e da borracha vulcanizada em solados, o custo desses materiais é mais alto: o PU por se tratar de um material mais nobre, e a borracha vulcanizada pelo processo de vulcanização. No caso de tênis para passeio ou trabalho, uma boa opção é o TR, pois gera solados leves, flexíveis e antiderrapantes, além de ter custo mais acessível que os outros materiais descritos. Sua desvantagem

está no desgaste, pois é um material que apresenta limitada resistência ao desgaste. Tal propriedade também está associada ao tipo de interações intermoleculares existentes entre cadeias, que são do tipo dipolo induzido – dipolo induzido, ou seja, mais fracas que as ligações de hidrogênio (PU) e covalentes (Borracha Vulcanizada)

Segurança: A segurança de um tênis está associada à proteção dos pés e do nosso corpo. O ponto crucial desse item é a estabilidade que o tênis deve proporcionar, pois é essencial que este tenha um solado com propriedades antiderrapantes, que evitará quedas em dias de chuva ou trajetos escorregadios.

Saúde: A saúde está relacionada, sobretudo, ao processo de produção do calçado, ou seja, se sua modelagem foi feita corretamente. Outro fator importante são os materiais utilizados no cabedal (forro e laminados de acabamento): se forem sintéticos, dependendo do projeto, podem ser impermeáveis, provocando superaquecimento dos pés e não permitindo sua transpiração natural, o que pode gerar frieiras e doenças de pele em geral.

Questões para discussão

Em um dia chuvoso, qual/quais os tipos de solados são mais recomendados para o uso? Por quê?

Qual é a finalidade daqueles bucaquinhos presentes nos cabedais de alguns tênis esportivos? Por que nos sapatos sociais eles não estão presentes?

A escolha de um tênis por um adolescente típico é baseada principalmente em fatores tais como conforto e durabilidade? Discuta.

Conclusão

A presente proposta objetiva a contextualização de temas relacionados aos materiais poliméricos com o estudo do produto: tênis. Por meio de textos, questões para discussão e experiências em laboratório, busca-se a apresentação das reações de polimerização, estruturas poliméricas,

interações (intra)intermoleculares e propriedades dos materiais e do artefato tênis. Além de tratar de conteúdos típicos de química no Ensino Médio, o foco é proporcionar ao aluno uma visão crítica sobre os produtos que o rodeiam que são constituídos de materiais poliméricos. Critérios que baseiam opções de consumo são frequentemente manipulados pela mídia e uma análise consistente de aspectos tais como durabilidade, conforto e saúde podem contribuir para um posicionamento mais maduro dos jovens em relação a problemas imediatos de sua vida em sociedade.

Agradecimentos

Os autores agradecem a leitura crítica do trabalho realizada pela Professora Nilma Soares da Silva - Doutoranda do Cecimig-UFMG.

Alexandre Silvestre dos Santos, técnico em Química Industrial pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), é licenciado em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). **Glaura Goulart Silva** (glaurasilva@yahoo.com), licenciada, bacharel e mestre em Química pela UFMG, doutora em Eletroquímica pelo Institut National Polytechnique de Grenoble (França), é professora do Departamento de Química da UFMG.

Referências

ANSWERS.COM. Collagen. Disponível em <<http://www.answers.com/topic/collagen?cat=health>>. Acesso em 04 nov. 2007.

BARROS, H.L.C. *Forças intermoleculares, sólidos e soluções*. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

BIANCHI, J.C.A.; ALBRECHT, C.H e MAIA, D.J. *Universo da Química*. São Paulo: FTD, 2005. Coleção Delta.

CALLISTER Jr., W.D. *Materials science and engineering: an introduction*. New York: John Wiley & Sons, 1997.

CANEVAROLO Jr., S.V. *Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. São Paulo: Artliber, 2003.

CURI, D. Polímeros e interações moleculares. *Química Nova na Escola*, n. 23, p. 19-22, 1996.

FRANCHETTI, S.M. e MARCONATO, J.C. A importância das propriedades físicas dos polímeros na reciclagem. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 42-44, 2003.

GOOUTSIDE. Aprenda a escolher. Disponível em <<http://gooutside.terra.com.br/Edicoes/16/artigo27572-1.asp>>. Acesso em 10 nov. 2007.

MANO, E.B. e MENDES, L.C. *Identificação de plásticos, borrachas e fibras*. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

MATEUS, A.L. e MOREIRA, M.G. *Construindo com PET*. Belo Horizonte: Fundação Ciência Jovem, 2005.

MYLIUS, M. S. *O sapato: conhecer bem para vender melhor – um manual para o lojista*. Novo Hamburgo: CTCCA, 1993.

PEREIRA, R.C.C.; MACHADO, A.H. e SILVA, G.G. (Re)conhecendo o PET. *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 3-5, 2002.

PITOMBO, L.R.M. e LISBOA, J.C. Sobrevivência humana – um caminho para o desenvolvimento do conteúdo químico no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 14, p. 31-35, 2001.

SANTOS, C.P.; REIS, I.N.; MOREIRA, J.E.B. e BRASILEIRO, L.B. Papel: como

se fabrica? *Química Nova na Escola*, n. 14, p. 3-7, 2001.

SANTOS, W.L.P. e MÓL, G.S. *Química e sociedade: volume único, ensino médio*. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. Função social – o que significa o ensino de química para formar o cidadão? *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 28-35, 1996.

SCURACCHIO, C.H., WAKI, D.A. e BRETAS, R.E.S. Caracterização térmica e reológica de borracha de pneu desulcanizada por microondas. *Polímero*, v. 16, p. 46-52, 2006.

WAN, E.; GALEMBECK, E. e GALEMBECK, F. Polímeros sintéticos. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 2, Edição Especial – maio 2001.

WORLD TENNIS. A história do tênis. Disponível em <http://www.wtennis.com.br/html/historia_tenis/historiadotenis.htm>. Acesso em: 11 nov. 2007

Abstract: *The everyday tennis.* Fundamental aspects about polymers and trainer's materials have been presented in this work. Moreover, experimental activities concerning tennis's bases characterization were proposed. This context may allow an interesting discussion of chemical topics such as polymer nomenclature, intermolecular interactions, polymerization reactions and material properties. Furthermore, the subject may support a critical approach about consumption values of the modern society.

Keywords: polymers, experiments, consumption values.

Anexo: Atividade 1 – Manipulando o solado de dois tipos de tênis e fazendo uma pesquisa de mercado.

Observação: Para o desenvolvimento das atividades a seguir, será necessária a utilização de um tênis do tipo All Star® e outro do tipo jogging (podem ser das marcas: Nike®, Olympikus®, Puma® etc., pode também ser utilizado qualquer sapatênis convencional). Sugere-se que as experiências sejam expositivas devido ao risco de acidentes. Não é necessário o uso de tênis novos nos experimentos.

Material

- Tênis tipo All Star (Figura i) e tênis tipo jogging (Figura ii);
- Faca ou estilete.

Procedimento

- Observar e manipular ambos os tênis, anotar as observações com relação a variedade ou tipos de materiais poliméricos que o compõem em suas diversas partes.
- Com uma das mãos, flexionar o tênis de modo a dobrá-lo para que seu solado fique exposto. Com o auxílio de uma faca, cortar pequenos fragmentos do solado, de ambos os tênis, de acordo com a Figura iii. Não é necessário cortar todo o solado, pois são necessários somente pequenos fragmentos do solado.
- Identificar e guardar os fragmentos cortados.



Figura i: Tênis tipo All Star®.



Figura ii: Exemplos de tênis tipo jogging.



Figura iii: Visão dos tênis flexionados e área sugerida para corte dos fragmentos (retirar apenas pequenos fragmentos do desenho em alto relevo): a) Tênis tipo All Star® b) Tênis tipo jogging.

Pesquisa de mercado – análise comparativa

Como complementação à Atividade 1, sugere-se que seja realizada uma pesquisa sobre marcas disponíveis, qualidade e custo de tênis em lojas acessíveis aos estudantes. A organização das informações pode ser colocada numa tabela, indicando por marca, dados como custo, aspecto, conforto (os tênis devem ser experimentados com cuidado), durabilidade (com base na experiência dos estudantes, familiares, amigos etc.), segurança e saúde. Após consolidação da tabela de informações, por meio de discussão entre diferentes grupos de alunos, pode ser realizado um debate amplo sobre os critérios de consumo atualmente utilizados pelos alunos e em que estes podem ser aprimorados.

Atividade 2 - Distinguindo polímeros termoplásticos e termorrígidos

Material

- Bico de Bunsen ou lamparina;
- Tubos de ensaio;
- Vidros de relógio;
- Fragmentos dos solados previamente cortados.

Ensaio de fusão

- Selecionar previamente os fragmentos a serem testados a partir daqueles coletados na Atividade 1. Vide exemplo na Figura iv.

- Colocar separadamente alguns fragmentos de todos os componentes dos solados dos tênis em tubos de ensaio e rotulá-los.

- Levar os tubos à chama de um bico de Bunsen e observar se a amostra é fusível. Se o material amolecer, aderindo à parede do tubo, o ensaio é positivo para material fusível, como re-

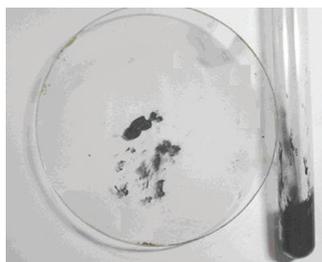


Figura v: Fragmentos do tênis tipo jogging após ensaio de fusão.

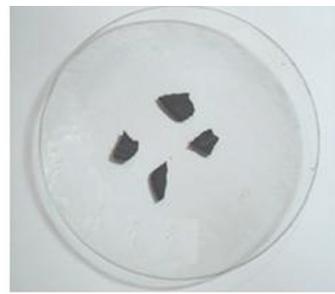


Figura iv: Fragmentos pré-selecionados para ensaio de fusão. a) Tênis All Star® b) Tênis tipo jogging.

presentado na Figura v. Se, no entanto, o material permanecer solto no fundo do tubo como um resíduo carbonizado, sólido, negro, o ensaio indica infusibilidade, como representado na Figura vi (Mano e Mendes, 2000).

Observação: - Atenção a normas de segurança dentro de um laboratório. - É recomendável realizar os experimentos dentro de uma capela ou em ambiente bem arejado.

Questões para discussão – Atividade 2

Tendo por base a Atividade 2, faça uma discussão sobre a presença de polímeros termorrígidos e termoplásticos no solado dos tênis.

Qual dos solados foi mais difícil de ser cortado durante a retirada das amostras? Por quê?

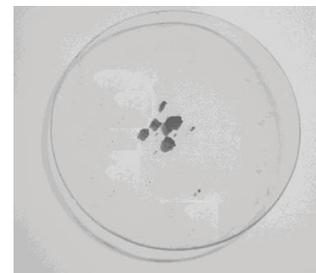


Figura vi: Fragmentos do tênis tipo All Star® após o ensaio de fusão e retirada dos fragmentos de dentro do tubo. O tubo de ensaio foi omitido devido à formação de fuligem de carbono nas suas paredes, que não permitiu a visualização do resíduo carbonizado.

Discuta sobre as propriedades dos termoplásticos e termorrígidos com respeito ao impacto no meio ambiente após descarte.

III Encontro Iberoamericano sobre Investigação em Ensino de Ciências

O Encontro Iberoamericano sobre Investigação em Ensino de Ciências (EIBIEC) faz parte das atividades promovidas, conjuntamente, pelo Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências (PIDEC) da Universidade de Burgos, Espanha, e pela Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O III EIBIEC será realizado na Universidade de Burgos, Espanha, no período de 14 a 18 de setembro de 2009.

Os principais objetivos do encontro são:

- Apresentação e discussão de trabalhos e linhas de investigação em Ensino de Ciências;
- Criação de um mecanismo articulador de investigadores e grupos de investigação em Ensino de Ciências no âmbito Iberoamericano;

- Comemoração dos dez anos do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências.

As atividades serão realizadas em torno de apresentação e debate de trabalhos de investigação em Ensino de Ciências, conferências, mesas-redondas e grupos de discussão sobre temas e linhas de investigação em Educação em Ciências.

As submissões de trabalhos, nas formas de comunicação oral e pôster, poderão ser realizadas até 30 de maio de 2009.

Contato pelo endereço-e: concesa@ubu.es

Informações adicionais: <http://sites.google.com/site/ubugiec>

Luciana Caixeta Barboza (editoria QNEsc)