
ESTUDO HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE DOS POLÍMEROS NATURAIS EM SUAS APLICAÇÕES HUMANAS E INDUSTRIAIS

Alessandro Kulitch

RESUMO

Os polímeros naturais são macromoléculas encontradas na natureza que possuem diversas aplicações em diferentes áreas. Alguns exemplos são a celulose, utilizada na produção de papel e tecidos, a quitina, presente no exoesqueleto de crustáceos e insetos, e a proteína, encontrada em cabelos, pele e músculos de animais. Esses materiais apresentam diversas vantagens em relação aos polímeros sintéticos, como a biodegradabilidade, biocompatibilidade e baixa toxicidade, além de serem renováveis e mais sustentáveis. Porém, também possuem algumas limitações, como a baixa resistência mecânica e térmica em comparação aos polímeros sintéticos. Ainda assim, o estudo e a utilização dos polímeros naturais tem ganhado cada vez mais destaque e importância no desenvolvimento de materiais mais sustentáveis e ecológicos.

Palavras-chave: Polímeros, Indústria, Bioplásticos, Celulose, Sustentabilidade.

HISTORICAL STUDY OF THE SUSTAINABILITY OF NATURAL POLYMERS IN THEIR HUMAN AND INDUSTRIAL APPLICATIONS

ABSTRACT

Natural polymers are macromolecules found in nature that have various applications in different fields. Some examples are cellulose, used in the production of paper and textiles, chitin, present in the exoskeleton of crustaceans and insects, and protein, found in hair, skin, and animal muscles. These materials have several advantages over synthetic polymers, such as biodegradability, biocompatibility, and low toxicity, as well as being renewable and more sustainable. However, they also have some limitations, such as low mechanical and thermal resistance compared to synthetic polymers. Nonetheless, the study and use of natural polymers has gained increasing prominence and importance in the development of more sustainable and environmentally friendly materials.

Key words: Polymers, Industry, Bioplastics, Cellulose, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Polímeros são macromoléculas formadas a partir da união de moléculas menores, chamadas de monômeros, através de reações químicas conhecidas como polimerização. Essas macromoléculas possuem um tamanho e uma massa molecular elevados e são compostas por cadeias longas de átomos ligados entre si. Os polímeros são encontrados em muitos materiais comuns do nosso dia a dia, como plásticos, borrachas, fibras têxteis, adesivos, entre outros. Eles possuem propriedades físicas e químicas únicas, que podem ser modificadas durante a síntese, permitindo a criação de uma ampla variedade de materiais com diferentes aplicações e propriedades (MACHADO, 2021).

Os polímeros naturais são produzidos por processos biológicos em organismos vivos e são encontrados na natureza, como a celulose, a quitina, o amido e as proteínas. Esses polímeros possuem estruturas químicas complexas e apresentam propriedades físicas e químicas únicas, que são adaptadas às necessidades de cada organismo. Por outro lado, os polímeros sintéticos são produzidos em laboratório a partir de monômeros derivados de fontes não naturais, como petróleo e gás natural. Esses polímeros são fabricados em larga escala para atender a diversas demandas da sociedade moderna, como embalagens, tecidos, eletrônicos e muitos outros produtos. As propriedades dos polímeros sintéticos podem ser ajustadas durante a síntese, permitindo a produção de materiais com características específicas e adequadas a diferentes aplicações (BARROS, 2020).

Conforme ALMEIDA (2018), os polímeros são materiais extremamente importantes para a humanidade e a indústria, devido às suas características únicas e versatilidade. São amplamente utilizados em inúmeras aplicações, desde embalagens, produtos eletrônicos e dispositivos médicos até materiais de construção e peças automotivas. São materiais de baixo custo, duráveis, leves e fáceis de processar, o que os torna altamente desejáveis em muitas indústrias. Além disso, os polímeros podem ser produzidos em uma ampla variedade de propriedades físicas e químicas, tornando-os capazes de atender a uma vasta gama de aplicações. Sendo assim, são essenciais para a nossa vida cotidiana e para a economia global por várias razões. Aqui estão algumas delas:

- **Versatilidade:** Os polímeros podem ser produzidos com uma ampla variedade de propriedades físicas e químicas, tornando-os materiais muito versáteis e adequados a uma ampla variedade de aplicações. Por exemplo, os polímeros podem ser rígidos ou flexíveis, transparentes ou opacos, resistentes a altas temperaturas ou ao fogo, entre outras características.

- Baixo custo: Os polímeros sintéticos são produzidos a partir de matérias-primas abundantes e relativamente baratas, como o petróleo e o gás natural. Isso torna os polímeros muito acessíveis e econômicos em comparação com outros materiais.
- Durabilidade: Os polímeros são resistentes ao desgaste, corrosão e intempéries, o que os torna materiais duráveis e de longa vida útil.
- Leveza: Muitos polímeros são leves em comparação com outros materiais, o que os torna ideais para aplicações em que o peso é um fator importante, como no caso de peças de aeronaves e carros.
- Facilidade de processamento: Os polímeros são fáceis de moldar, cortar, colar e soldar, o que os torna ideais para aplicações em que a fabricação de peças complexas é necessária.

Segundo MARTINELLI (2015), os polímeros apresentam diversas formas de contribuir para a sustentabilidade de produção. Eles são recicláveis e biodegradáveis, reduzindo a quantidade de resíduos gerados e economizando energia e matérias-primas na produção de novos polímeros. Podem ser produzidos a partir de fontes renováveis e utilizados em aplicações que reduzem o peso e a emissão de CO₂. Além disso, os polímeros de alto desempenho permitem a produção de dispositivos eletrônicos mais eficientes em termos de energia, reduzindo a quantidade de recursos necessários para sua fabricação. Em resumo, a utilização de polímeros pode ser uma forma importante de contribuir para a sustentabilidade de produção.

Os polímeros naturais são materiais renováveis, biodegradáveis e menos poluentes do que os polímeros sintéticos derivados do petróleo. Por isso, no futuro, é esperado que os polímeros naturais sejam cada vez mais utilizados na produção de diversos materiais e produtos, tais como embalagens, cosméticos, tecidos, produtos médicos, entre outros. Para isso, serão desenvolvidas novas tecnologias de produção e processamento de polímeros naturais, tornando-os mais competitivos em termos de custo e desempenho em comparação aos polímeros sintéticos. Além disso, é esperada uma maior conscientização ambiental por parte dos consumidores e empresas, o que pode levar a um aumento na demanda por produtos sustentáveis feitos a partir de polímeros naturais. Com esses fatores, os polímeros naturais têm um grande potencial de crescimento no mercado industrial, permitindo uma produção mais consciente e sustentável (GOMES 2023).

2. A PRÉ-INDUSTRIALIZAÇÃO DOS POLÍMEROS NATURAIS

É bastante difícil precisar qual foi o primeiro polímero natural utilizado pelo homem, uma vez que os polímeros têm sido utilizados há milhares de anos.

Os antigos egípcios utilizavam a resina de coníferas, extraída de árvores como o pinheiro, para diversos fins, incluindo a fabricação de adesivos e fixação de objetos, além do processo de embalsamamento de corpos. Esse processo iniciava com a remoção dos órgãos internos e cobertura do corpo com natrão, um composto mineral que ajudava a desidratar e prevenir a decomposição, antes da aplicação da resina de coníferas. Após algumas semanas, a resina era usada para revestir o corpo, selando-o e preservando-o por um longo período. A resina possuía propriedades adesivas e impermeabilizantes semelhantes a um verniz natural e ainda tinha propriedades antibacterianas que ajudavam a prevenir a decomposição. (AKAY, 2016).

Também os antigos gregos e romanos utilizavam resinas de árvores para fazer adesivos e vernizes. Para produzir esses materiais, a resina era aquecida em um recipiente e misturada com outros componentes, como óleo ou cera de abelha. Em seguida, a mistura era aplicada na superfície desejada e deixada secar. Os adesivos eram usados para fixar objetos, como cerâmica e pedra, enquanto os vernizes eram usados para proteger superfícies de madeira e metal da umidade e da corrosão (MARTINELLI, 2007).

Os índios americanos utilizavam a resina de pinheiro de diversas maneiras, como para selar canoas e cestas, preenchendo fissuras e rachaduras e protegendo contra a entrada de água. A resina também era misturada com outros materiais para produzir uma substância semelhante a um adesivo, que era usada para reparar objetos e fixar penas e contas em roupas e acessórios. Essa habilidade humana de aproveitar e utilizar os recursos naturais disponíveis de maneira criativa e eficiente é um exemplo da adaptabilidade de culturas antigas (LOFTIN, 2004). O uso do látex, um polímero natural e seu uso remonta a mais de 3.500 anos, quando os antigos maias e astecas descobriram que poderiam fazer bolas para jogos e sapatos resistentes com o material (LOPES, 2015).

O látex é obtido a partir da seiva de algumas árvores, como a seringueira, mas também pode ser extraído de outras árvores e plantas, como o esporão-de-ouro (*Chrysochlamys* spp.), a papoula (*Papaver somniferum*) e algumas espécies de *euphorbia*. No entanto, a seringueira é a principal fonte comercial de látex natural devido à alta produtividade e qualidade do látex produzido (GUDAR, 1992).

O processo de extração do látex geralmente envolve fazer cortes na casca da árvore e coletar a seiva em recipientes. Os povos pré-colombianos na América do Sul utilizavam o látex para fabricar bolas, calçados e outros objetos, moldando-o em formas específicas e secando-o ao sol. O processo moderno de produção de borracha natural envolve a coagulação do látex com ácido e a submissão da borracha resultante a um processo de laminação e secagem (SANTOS, 2014).

Tanto a resina de coníferas quanto o látex são exemplos significativos de polímeros naturais que desempenharam um papel importante na história, sendo amplamente empregados por diversas civilizações antigas em variadas aplicações.

Os polímeros naturais tiveram diversas aplicações ao longo da história, antes mesmo de uma utilização em escala industrial. Desta forma é difícil estimar com precisão a data de início de cada uso, uma vez que muitos deles eram artesanais e isolados. No entanto, de forma geral, podemos citar algumas aplicações conforme mencionado por GUPTA (2019):

- Século XVIII a.C.: utilização da resina de coníferas pelos antigos egípcios para embalsamar corpos.
- Século X a.C.: utilização do látex da seringueira pelos índios da América do Sul para produzir bolas e impermeabilizar tecidos.
- Século V a.C.: utilização da cera de abelha pelos gregos antigos como agente de polimento e para impermeabilizar objetos.
- Século IV a.C.: utilização do chicle, um tipo de látex extraído de árvores tropicais, pelos antigos maias como uma espécie de chiclete.
- Século III a.C.: utilização da goma arábica, extraída de acácias africanas, pelos gregos antigos como espessante e emulsificante.
- Século I d.C.: utilização do âmbar, uma resina fóssil de árvores antigas, pelos romanos como material de joalheria e para fazer objetos decorativos.
- Século X d.C.: utilização da caseína, uma proteína do leite, pelos monges na produção de tintas e pigmentos.

3. PRODUÇÃO UTILIZANDO POLÍMEROS NATURAIS

Os polímeros naturais são materiais produzidos pela natureza, a partir de fontes renováveis, como plantas, animais e micro-organismos. Esses materiais apresentam propriedades únicas, como biodegradabilidade, resistência, flexibilidade, estabilidade, aderência e biocompatibilidade, o que os torna ideais para diversas aplicações na indústria. Alguns exemplos de polímeros naturais utilizados na indústria são a celulose, utilizada na produção de papel, tecidos e revestimentos; a quitosana, utilizada na produção de filmes, membranas e adesivos; e a caseína, utilizada na produção de plásticos, adesivos e filmes. Os polímeros naturais são importantes para a indústria por diversos motivos, como a sustentabilidade, o baixo impacto ambiental, a versatilidade e a biocompatibilidade. A

utilização desses materiais vem ganhando cada vez mais importância, devido à busca por materiais mais sustentáveis e biodegradáveis, em um contexto de preocupação crescente com o meio ambiente (MENDES,2014).

No entanto segundo PAULO (2008), foi apenas no século XIX que se iniciou o desenvolvimento sistemático da indústria de polímeros, com a descoberta da celulose como um material versátil e de baixo custo. A celulose foi amplamente utilizada na produção de papel, tecidos, filmes e outros materiais, e abriu caminho para a pesquisa e desenvolvimento de outros polímeros naturais, como a borracha, a caseína, a gelatina, a quitina e outros. Algumas das primeiras aplicações dos polímeros naturais na indústria incluem:

1. Produção de papel: A celulose, um polímero natural encontrado em plantas, é um dos principais componentes do papel. A produção de papel a partir de fibras de celulose começou no século II a.C., na China.
2. Têxteis: A seda, um polímero natural produzido por larvas de mariposas da seda, tem sido utilizada na produção de tecidos há mais de 5.000 anos. Além disso, o algodão, um polímero natural encontrado nas fibras das sementes de algodão, também é amplamente utilizado na produção de tecidos.
3. Borracha: A borracha natural, um polímero natural obtido a partir da seiva da seringueira, tem sido utilizada na produção de produtos de borracha há séculos, mas foi apenas no século XIX que a borracha se tornou um importante produto industrial.
4. Adesivos: As proteínas, outro tipo de polímero natural, têm sido utilizadas na produção de adesivos por séculos. A caseína, uma proteína encontrada no leite, foi utilizada na produção de adesivos na antiguidade, enquanto a gelatina, outra proteína, foi utilizada na produção de adesivos no século XIX.
5. Produtos Alimentícios: a quitina é um polímero natural encontrado em exoesqueletos de crustáceos e insetos. Ela é utilizada na produção de curativos, membranas para regeneração de tecidos e como ingrediente em alimentos.

Segundo dados da European Bioplastics, a produção global de bioplásticos, que incluem polímeros naturais e sintéticos biodegradáveis, cresceu de 1,7 milhão de toneladas em 2010 para 2,1 milhões de toneladas em 2019. Embora os bioplásticos ainda representem uma pequena parcela do mercado total de plásticos, a expectativa é que sua utilização continue a crescer nos próximos anos, impulsionada por regulamentações mais rigorosas sobre resíduos e

emissões, bem como pela conscientização crescente sobre a necessidade de proteger o meio ambiente.

Segundo o relatório da Grand View Research estimou que o mercado global de bioplásticos, que incluem polímeros naturais e sintéticos biodegradáveis, atingirá US\$ 25,7 bilhões até 2027, com uma taxa de crescimento anual composta de 15,1% entre 2020 e 2027. Esse relatório destaca a crescente demanda por materiais sustentáveis e a tendência de substituição de plásticos convencionais por bioplásticos em diversos setores, como embalagens, agricultura, automotivo e construção.

Conforme a revista *Polymer Reviews*, analisou o mercado de biopolímeros na América Latina e estimou que a produção de biopolímeros na região cresceu de 40 mil toneladas em 2010 para 195 mil toneladas em 2018. Esse estudo destaca a importância da produção de biopolímeros a partir de fontes locais e a necessidade de incentivos governamentais para estimular o desenvolvimento do mercado.

4. NOVOS PRODUTOS NASCEM DE POLÍMEROS NATURAIS

O desenvolvimento de inovações de produtos utilizando polímeros naturais têm trazido grandes vantagens para a indústria. Além de serem mais sustentáveis e amigáveis ao meio ambiente, esses materiais apresentam propriedades interessantes que os tornam adequados para diversas aplicações industriais. Os bioplásticos, por exemplo, são uma alternativa promissora aos plásticos convencionais produzidos a partir de fontes fósseis, pois são produzidos a partir de fontes renováveis e apresentam propriedades semelhantes aos plásticos convencionais. Além disso, os bioplásticos podem ser utilizados em uma ampla gama de aplicações, desde embalagens e utensílios domésticos até peças automotivas e eletrônicos (GHASEMI, 2020).

Outra vantagem dos polímeros naturais é sua biocompatibilidade, o que os torna ideais para aplicações médicas e farmacêuticas. A combinação de polímeros naturais com outras tecnologias tem permitido o desenvolvimento de materiais para implantes médicos, curativos e outros produtos que apresentam alta segurança e eficácia. Além disso, a produção de tecidos têxteis mais sustentáveis e materiais de construção mais resistentes são outras áreas em que os polímeros naturais têm mostrado grande potencial (GANDINI 2015).

Em um contexto de crescente preocupação ambiental e da necessidade de se encontrar soluções mais sustentáveis para a produção de bens de consumo, a utilização de polímeros naturais na indústria representa uma alternativa promissora. O desenvolvimento constante de novos produtos e aprimoramento de técnicas de produção tem permitido a ampliação da

utilização desses materiais em diversas áreas industriais. Assim, espera-se que os polímeros naturais continuem a ser uma importante área de pesquisa e desenvolvimento na indústria, com potencial para revolucionar a produção de uma ampla gama de produtos, ao mesmo tempo em que contribuem para a preservação do meio ambiente (GHASEMI, 2020).

5. CONCLUSÃO

Podemos com este breve estudo indicar que os polímeros naturais são uma alternativa viável e atrativa para a indústria. Esses materiais apresentam diversas vantagens em relação aos polímeros sintéticos produzidos a partir de fontes fósseis, como a biodegradabilidade, a produção a partir de fontes renováveis e a facilidade de processamento. Além disso, os polímeros naturais apresentam propriedades interessantes, como alta resistência mecânica e biocompatibilidade.

Nos últimos anos, tem havido um grande avanço na pesquisa e no desenvolvimento de novos produtos baseados em polímeros naturais. Isso se deve à busca por materiais mais sustentáveis e amigáveis ao meio ambiente, que possam substituir os materiais convencionais produzidos a partir de fontes fósseis. Entre as inovações mais recentes, destacam-se a produção de bioplásticos, materiais de embalagem biodegradáveis e compostáveis, tecidos têxteis mais sustentáveis.

Embora ainda haja desafios a serem superados, como a redução dos custos de produção e a melhoria das propriedades dos materiais, a tendência é que a utilização de polímeros naturais continue a crescer na indústria, impulsionada pela busca por soluções mais sustentáveis e eficientes. Com isso, espera-se que os polímeros naturais possam contribuir para a preservação do meio ambiente e para a produção de bens de consumo mais seguros e sustentáveis no futuro.

REFERÊNCIAS

AKAY G., & Alila, S. (2016). **Adhesives and coatings from renewable resources**. In Green materials from plant oils (pp. 303-329). Royal Society of Chemistry.

ALMEIDA, J. G.; CARVALHO, L. H.; FONSECA, F. C. **Polímeros: importância, propriedades e aplicações**. Química Nova na Escola, v. 40, p. 28-33, 2018. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_1/06-2017-0052.pdf. Acesso em: 18 abr. 2023.

BARROS, A. S.; MELLO, I. S. **Polímeros naturais e sintéticos: diferenças e aplicações**. Revista Brasileira de Ensino de Química, v. 27, n. 3, p. 463-475, 2020. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422020000300463&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 abr. 2023.

EUROPEAN Bioplastics. Global production capacity of bioplastics to increase from around 2.11 million tonnes in 2019 to 2.62 million tonnes in 2024. Recuperado em 11 de abril de 2023, de <https://www.european-bioplastics.org/press/press-releases/press-release-details/news/global-production-capacity-of-bioplastics-to-increase-from-around-211-million-tonnes-in-2019-to-262-mi/>

GANDINI, A. Polymers from renewable resources: a challenge for the future of macromolecular materials. *Macromolecules*, 48(10), 3301-3319, 2015. doi: 10.1021/acs.macromol.5b00215

GHASEMI, I., Zhong, C., & Feng, Y. Biodegradable and sustainable polymers in green composites: a comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 252, 2020. 119806. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119806

GOMES, ChatGPT. **O futuro dos polímeros naturais para produção e uso industrial**. 2023. Disponível em: <https://github.com/willian-gabriel/ia-english-portuguese/blob/master/answers/future-of-natural-polymers-for-industrial-production-and-use.md>. Acesso em: 18 abr. 2023.

GRAND View Research. (2021). *Bioplastics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Bio-PE, Bio-PET, PLA, PHA, Starch Blends, Regenerated Cellulose), By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027*. Recuperado em 11 de abril de 2023, de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/bioplastics-market>

GUDAR, Jagdish C. **Natural Rubber: Biology, Cultivation and Technology**. Elsevier Science, 1992.

GUPTA, D., & Kumari, A. **Natural Polymers: An Overview**. In *Natural Polymers: Derivatives, Blends and Composites*, p. 1-27, 2019. Springer, Singapore.

LOFTIN, C.S. **Adhesives, Ancient**. In: *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. John Wiley & Sons, Inc., 2004. p. 25-33.

LOPES, A. **O uso do látex como material natural**. Universidade Federal do Paraná, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/15440808/O_USO_DO_LATEX_COMO_MATERIAL_NATURA L. Acesso em: 17 abr. 2023.

MACHADO, V. **O que são polímeros**. [2021]. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/polimeros/>. Acesso em: 18 abr. 2023.

MARTINELLI, Daniela. **Resinas naturais: aplicações e perspectivas no Brasil**. *Química Nova*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 680-687, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000300037&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 abr. 2023.

MARTINELLI, Marcelo; FONSECA, Marisa; AGNELLINI, Renata. **Polímeros e Sustentabilidade**. *Química Nova*, v. 38, n. 2, p. 268-276, 2015. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422015000200268&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 abr. 2023.

MENDES, A. A., Taketa, T. B., & Esposito, E. (2014). Polímeros Naturais e suas Aplicações Industriais. **Quim. Nova**, 37(8), 1365-1379. doi: 10.5935/0100-4042.20140178

PAULO, A., & Guebitz, G. (2008). Biopolymers and biotechnological processes for functional textiles. Royal Society of Chemistry. doi: 10.1039/9781847558389-00001

SANTOS, E. C.; CASTRO, E. V. G.; FREITAS, A. C. L. S. **A história do látex e sua importância na atualidade**. Revista de Ciências Ambientais, v. 8, n. 1, p. 37-50, 2014.

SORIANO, Santos, J., & Bernal-Martínez, A. (2019). Biopolymers in Latin America: An Overview of the Main Applications and Production Capacities. *Polymer Reviews*, 59(2), 240-267. doi: 10.1080/15583724.2018.1474791.

Recebido em 07/03/2023.
Aprovado em 10/05/2023.

Alessandro Kulitch

Professor – UNISENAI.

E-mail: alessandro.kulitch@sistefiep.org.br