

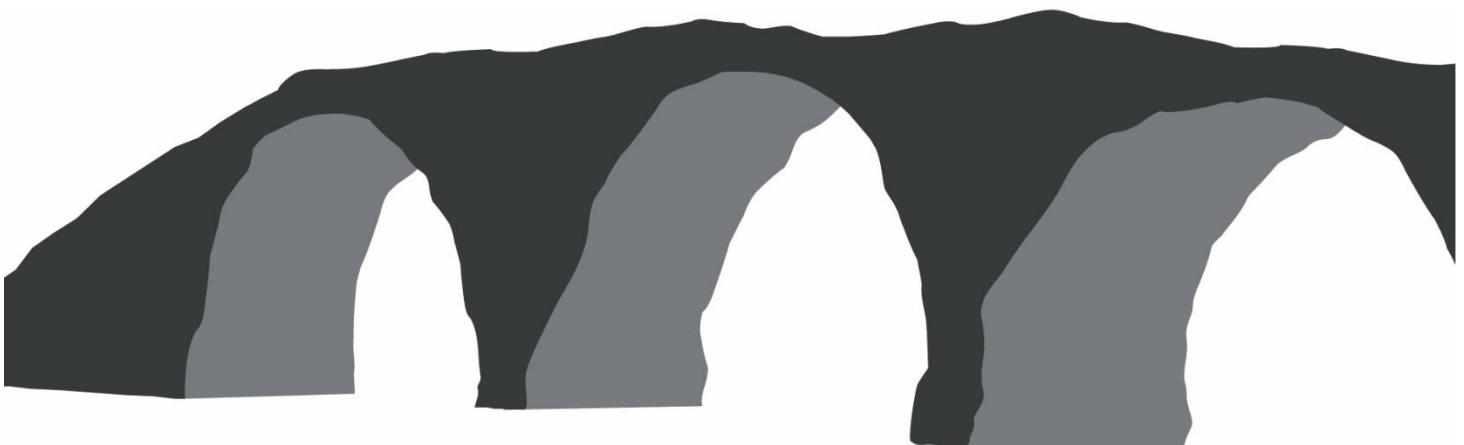
VESTÍGIOS – Revista Latino-Americana de Arqueología Histórica
Volume 19 | Número 1 | Janeiro – Junho 2025
ISSN 1981-5875
ISSN (online) 2316-9699

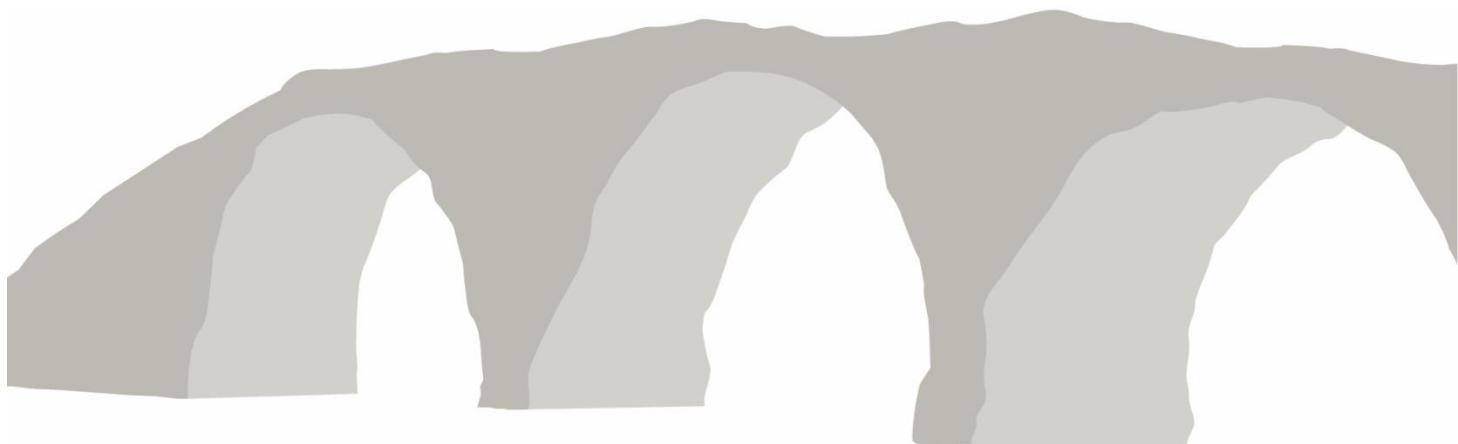
**ARQUEOLOGIA DOS PLÁSTICOS:
UM ESTUDO CONTEMPORÂNEO SOBRE OS POLÍMEROS**

**ARQUEOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS:
UN ESTUDIO CONTEMPORÁNEO SOBRE LOS POLÍMEROS**

**ARCHAEOLOGY OF PLASTICS:
A CONTEMPORARY STUDY ON POLYMERS**

Diogo Costa





Submetido em 12/06/2024.

Aceito em: 16/12/2024.

Publicado em 30/01/2025.

ARQUEOLOGIA DOS PLÁSTICOS: UM ESTUDO CONTEMPORÂNEO SOBRE OS POLÍMEROS

ARQUEOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS: UN ESTUDIO CONTEMPORÁNEO SOBRE LOS POLÍMEROS

ARCHAEOLOGY OF PLASTICS: A CONTEMPORARY STUDY ON POLYMERS

Diogo Costa¹

RESUMO

O plástico é um polímero que pode ser moldado em diversas formas ou consistências por meio de calor, pressão ou outros agentes físicos ou químicos. No meio ambiente, substâncias como resinas de árvores ou marfim são consideradas plásticos naturais. Em meados do século XIX, surgem os primeiros precursores dos plásticos semissintéticos, como o nitrato de celulose do algodão, a galatita da caseína do leite e a ebonita da borracha natural. Já no início do século XX surgem os termoplásticos com base no petróleo, carvão e gás natural, e mais recentemente o etanol de biomassa para a produção desses derivados químicos, ou bioplásticos. Este estudo aborda os pressupostos históricos, metodológicos e teóricos da arqueologia dos plásticos, analisando como esses materiais refletem processos culturais e sociais. Utilizando métodos quantitativos, qualitativos e estudos de caso, a pesquisa examina a distribuição, o impacto ambiental e a percepção social dos plásticos, oferecendo uma visão abrangente sobre a materialidade dos polímeros na contemporaneidade.

Palavras-chave: Materialidade, Polímeros, Sintéticos, Plástico, Arqueologia, História, Metodologia, Teoria.

¹ Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil. E-mail: dmcosta@ufpa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4220-8232>.

RESUMEN

El plástico es un polímero que puede ser moldeado en diversas formas o consistencias mediante la aplicación de calor, presión u otros agentes físicos o químicos. En el entorno natural, sustancias como las resinas de árboles o el marfil se consideran plásticos naturales. A mediados del siglo XIX, surgieron los primeros precursores de los plásticos semisintéticos, como el nitrato de celulosa derivado del algodón, la galatita de la caseína de la leche y la ebonita del caucho natural. A principios del siglo XX, aparecieron los termoplásticos basados en petróleo, carbón y gas natural, y, más recientemente, el etanol de biomasa para la producción de estos derivados químicos, conocidos como bioplásticos. Este estudio explora los presupuestos históricos, metodológicos y teóricos de la arqueología de los plásticos, analizando cómo estos materiales reflejan procesos culturales y sociales. A través de métodos cuantitativos, cualitativos y estudios de caso, la investigación examina la distribución, el impacto ambiental y la percepción social de los plásticos, ofreciendo una visión integral sobre la materialidad de los polímeros en la contemporaneidad.

Palabras clave: Materialidad, Polímeros, Sintéticos, Plástico, Arqueología, Historia, Metodología, Teoría.

ABSTRACT

Plastic is a polymer that can be shaped into various forms or consistencies through heat, pressure, or other physical or chemical processes. In the environment, substances such as tree resins or ivory are considered natural plastics. In the mid-19th century, the first precursors of semi-synthetic plastics emerged, such as cellulose nitrate from cotton, casein-based galalith from milk, and ebonite made from natural rubber. By the early 20th century, thermoplastics derived from petroleum, coal, and natural gas were developed, and more recently, biomass ethanol has been used in the production of these chemical derivatives, known as bioplastics. This study addresses the historical, methodological, and theoretical foundations of plastic archaeology, analyzing how these materials reflect broader cultural and social processes. Using quantitative and qualitative methods, along with case studies, the research investigates the distribution, environmental impact, and social perception of plastics, offering an in-depth understanding of the materiality of polymers in contemporary society.

Keywords: Materiality, Polymers, Synthetics, Plastic, Archaeology, History, Methodology, Theory.

INTRODUÇÃO: A NOSSA PLÁSTICO-POLUIÇÃO DO DIA A DIA

Julho é considerado internacionalmente como o mês “livre dos plásticos”², ou seja, um mês dedicado a incentivar o público a reduzir sua pegada plástica diária, o que também ajuda a diminuir a pegada de carbono, já que o plástico é um subproduto do petróleo. Em 2021, foram produzidas globalmente 139 milhões de toneladas de plástico, e o volume de resíduos plásticos que entraram nos oceanos aumentou de 8 milhões de toneladas em 2018 para 14 milhões de toneladas em 2021³. O plástico de uso único contribui significativamente para aterros sanitários lotados e a poluição de rios e oceanos, afetando diretamente o cotidiano de todos no planeta. Além do impacto poluidor direto, também o “colonialismo de resíduos” descreve o processo pelo qual nações mais consumidoras enviam seus resíduos para nações que muitas vezes não têm capacidade ou infraestrutura para gerenciá-los, criando condições precárias de resíduos no país receptor.

Outro fator é também a contaminação biológica que este tipo de material provoca, quando os microplásticos, que são pequenos o suficiente para serem encontrados na chuva e na neve, crescem na cadeia alimentar em plantas e até dentro do corpo humano. Portanto, assim como Wooten (2022) ou a *Archaeoplastica* de Perrone (2023), acreditamos no uso da arqueologia como plataforma para conscientização pública sobre as mudanças climáticas e a crise da poluição plástica global. E onde ações como os estudos arqueológicos sobre resíduos contemporâneos fornecem subsídios para mudanças na própria legislação, como o acordo histórico das Nações Unidas para controlar a poluição plástica no mundo a partir do fim deste ano de 2024.

Na arqueologia, alguns trabalhos sobre o plástico se destacam de longa data; conforme Costa (2023), arqueólogos pioneiros já estudaram materiais plásticos em suas pesquisas, revelando como o plástico se tornou parte disseminada da cultura material moderna. O arqueólogo Robson Bonnichsen (1973), em seu estudo “Millie's Camp” nos anos 1970, documentou a presença de diversos artefatos de plástico, como brinquedos e embalagens, em um acampamento contemporâneo abandonado. Já o projeto “Arqueologia de Lixões” ou *Garbology* nos EUA nas décadas de 1970 a 1980, liderado por William Rathje (1992), analisou o conteúdo de resíduos plásticos em aterros, que representavam cerca de 20% em peso e volume do lixo nos anos 1950-80.

Mais recentemente, Þóra Pétursdóttir (2017) estudou os detritos plásticos na costa da Noruega, onde mais de 95% dos artefatos recuperados eram plásticos, especialmente micro e nanoplasticos. Esses trabalhos pioneiros no tempo ou no artefato ajudaram a demonstrar o quanto o plástico se tornou onipresente no registro arqueológico moderno, emergindo como um importante marcador material da era industrial e um desafio ambiental contemporâneo. A análise arqueológica do plástico permite documentar seu papel na cultura do consumo e descarte, bem como seu impacto persistente nos ecossistemas.

Em complemento ao que já foi apresentado, o texto de Schofield *et al.* (2020) aborda a aplicação da arqueologia contemporânea para o estudo da poluição causada por artefatos plásticos, com foco na ilha de Galápagos, no Equador. Os autores utilizam métodos arqueológicos para investigar o impacto das sacolas plásticas descartáveis, incluindo mapeamento de superfície e avaliação da utilização. Essa abordagem interdisciplinar permite compreender como as sacolas plásticas entram no ambiente, sua distribuição e degradação, bem como os comportamentos e atitudes dos moradores e turistas em relação ao uso e descarte desses materiais. Os resultados indicam que a arqueologia contemporânea pode ser uma estrutura valiosa para abordar a poluição ambiental, e contribuir para a formulação de políticas e práticas de gestão de resíduos

² Disponível em: <[Plastic Free July – Be Part of the Plastic Pollution Solution](#)>. [cons. 26 jul. 2023].

³ Estima-se que a produção de plástico triplice até 2060, chegando a 1.235 milhões de toneladas por ano. fonte: Pnuma, Ellen MacArthur Foundation, World Wildlife Fund (WWF) e National Geographic.

plásticos, fornecendo recomendações para a melhoria da situação em Galápagos. Esse estudo ilustra a relevância da arqueologia contemporânea no entendimento de problemas ambientais urgentes, como a poluição por plástico.

Já em outro trabalho, Schofield *et al.* (2021) apresenta a arqueologia do lixo contemporâneo no contexto da pandemia de COVID-19, focando nos resíduos de equipamentos de proteção individual (EPI) descartáveis, como máscaras e luvas, e seu impacto ambiental. Propõe o uso das redes sociais como uma ferramenta para documentar e analisar a distribuição desses resíduos no ambiente, com especial atenção ao meio marinho. Além disso, destaca implicações políticas, sugerindo que a arqueologia pode influenciar mudanças de comportamento e redução do uso de plásticos descartáveis, preparando-se para futuras crises ambientais. O ciclo geológico dos plásticos é abordado como uma perspectiva interessante, com cientistas considerando os plásticos como indicadores estratigráficos do Antropoceno⁴, a era geológica marcada pela influência humana na Terra. Eles exploram o ciclo de vida dos plásticos e métodos para quantificar e classificar esses materiais como componentes geológicos, contribuindo para uma compreensão mais profunda dos impactos da atividade humana no planeta. Esse enfoque arqueológico no lixo da COVID-19 oferece uma nova maneira de examinar as complexas interações entre sociedade, ambiente e materialidade em tempos de crise.

The ages of prehistoric archaeology are named after the materials that characterise them: stone, bronze and iron. For the recent or contemporary past, which we define here as the period of living memory (after Harrison & Schofield 2010; but see also Harrison (2011), who advocates an ‘archaeology in and of the present’), the descriptor ‘Plastic Age’ has been suggested by archaeologists and others (e.g. Thompson *et al.* 2009; Pétursdóttir 2017) due to the prevalence and resilience of plastic. In terms of prevalence, Geyer *et al.* (2017) estimated that as of 2017, 8300 million metric tons of virgin plastics have been produced since its invention in 1907. Overall—and accepting regional variations—only nine per cent of this plastic has been recycled or re-used, resulting in billions of metric tons lost to the environment (as “matter out of place”, after Douglas (2002[1966]: 44)). Most of this discard has reached the marine environment either via rivers and their catchments, or by direct deposition (Geyer *et al.* 2017; Parker 2018). This ‘matter out of place’ creates a significant environmental problem, not least given plastic’s resilience. Although the processes by which plastic breaks down into microplastics are broadly understood, the true extent of its longevity is unknown (Schofield *et al.*, 2021, p. 435–436).

Portanto, se hoje o plástico é um dos principais problemas da poluição moderna nas sociedades contemporâneas; como isso ocorreu? Ou melhor, qual é a trajetória histórica deste material? Quais são as formas que temos na arqueologia para estudá-lo atualmente?

HISTÓRIA DOS POLÍMEROS I: OS PLÁSTICOS A BASE DE CELULOSE DO SÉCULO XIX

O primeiro plástico industrial criado na história humana foi a “parquesina”, inventada pelo britânico Alexander Parkes em 1855 e patenteada em 1856. Parkes nasceu em 29 de dezembro de 1813, em Birmingham, Inglaterra e trabalhou como gerente de fundição para Elkington, Mason e Company antes de decidir se tornar um inventor independente. Ele teve muitas invenções brilhantes, mas nunca foi bem-sucedido

⁴ Pesquisadores da Universidade da Califórnia, liderados por Jennifer Brandon, analisaram sedimentos marinhos e descobriram um aumento significativo de microplásticos desde 1940, dobrando a cada 15 anos.

como empreendedor. Suas invenções incluíam métodos para eletrodeposição de objetos frágeis, design de fornos metalúrgicos e fabricação de tubos metálicos sem costura. No entanto, sua contribuição mais importante para a indústria de polímeros foi o desenvolvimento do processo de vulcanização a frio, no qual a borracha era mergulhada em soluções de cloreto de enxofre a temperatura ambiente. Ele também desenvolveu novos materiais poliméricos, incluindo a vulcanização de óleos vegetais insaturados com cloreto de enxofre para produzir sólidos elásticos e a reticulação de soluções de borracha natural-óleo vegetal. Mais tarde, ele se concentrou no potencial comercial do nitrato de celulose e desenvolveu um material plástico chamado “Parkesine”. Infelizmente, sua empresa, The Parkesine Co. Ltd., fechou em 1868 devido a problemas com a evaporação do solvente e tensões residuais nas peças moldadas (White, 1998).

A parquesina é uma forma precoce de plástico feito a partir de celulose, um componente encontrado em materiais vegetais. Parkes descobriu que tratando a celulose com uma mistura de ácido nítrico e solventes, como álcool, era possível transformá-la em um material maleável e moldável quando aquecido. A parquesina foi utilizada para produzir uma variedade de objetos, incluindo utensílios domésticos, brinquedos, joias falsas, capas de livros, entre outros. Ela se tornou popular por sua capacidade de imitar materiais naturais, como marfim e seda. No entanto, a parquesina tinha algumas limitações, como sua tendência a amarelar e tornar-se quebradiça com o tempo. Embora a parquesina não seja mais amplamente utilizada atualmente, sua criação representou um marco importante no desenvolvimento dos plásticos sintéticos. Ela abriu caminho para o desenvolvimento de outros materiais plásticos que são amplamente utilizados na indústria atualmente (Ribeiro, 2014).



Figura 1. Primeiros objetos feitos em Parquesina de 1860. Fonte: Cortesia de reprodução © Science Museum Group sob licença CC BY-NC 4.0 (2024).

Em 1870, o norte-americano John Wesley Hyatt simplifica o processo de produção de plástico a partir da celulose e o industrializa, sendo inclusive decorado com a medalha Perkin de química aplicada em 1914. Ele nasceu em Starkey, Yates County, Nova York em novembro de 1837. Hyatt foi educado em escolas públicas e mais tarde no Eddytown Seminary. Aos 16 anos, em 1853, Hyatt foi para Illinois para ser aprendiz na indústria gráfica e posteriormente retornou a Nova York, onde trabalhou como pintor jornaleiro em Albany. A vida de Hyatt mudou quando ele leu um anúncio de Phelan e Collander de Nova York, oferecendo \$10.000 por um substituto para o marfim para bolas de bilhar. Ele começou a experimentar à noite e aos domingos diversos materiais para composições adequadas, mas logo a atenção de Hyatt se voltou para a nitrocelulose. Na época, soluções de nitrocelulose em misturas éter-álcool (conhecidas como colódio) estavam sendo usadas para cobrir cortes e feridas. Hyatt desenvolveu uma bola de bilhar baseada em um núcleo sólido de goma-laca reforçado com fibra que foi mergulhado em uma solução de colódio que produziu um revestimento de nitrocelulose. Entretanto, trabalhando com seu irmão I.S. Hyatt, começou a procurar por um solvente melhor para nitrocelulose do que éter-álcool, chegando à cânfora, especificando as proporções para serem cerca de 1:3 (cânfora:nitrocelulose); o material resultante foi chamado então de "Celulóide" (White, 1999).

O termo "celuloide" vem da combinação das palavras "celulose" e "oid", que significa semelhante ou parecido. O celuloide é produzido através da mistura de nitrocelulose, um composto derivado da celulose, com solventes e plastificantes. Essa combinação forma uma massa moldável que pode ser facilmente moldada e modelada quando aquecida. Uma vez resfriado e solidificado, o celuloide mantém sua forma. O celuloide foi usado inicialmente como um substituto de marfim na fabricação de objetos como pentes, botões, bolas de bilhar, utensílios de escrita, entre outros. Sua versatilidade e capacidade de imitar materiais naturais, como marfim, osso e madrepérola, contribuíram para sua popularidade. No entanto, o celuloide também apresenta algumas desvantagens. É inflamável e pode ser bastante sensível ao calor, além de ser propenso a amarelaramento e envelhecimento com o tempo. Essas características tornaram-se preocupações de segurança ao longo do tempo, especialmente em relação a incêndios. Apesar de sua popularidade no passado, o uso do celuloide diminuiu com o desenvolvimento de plásticos mais avançados e seguros. Atualmente, o celuloide ainda é utilizado em algumas aplicações específicas, como em algumas indústrias cinematográficas para a produção de filmes fotográficos flexíveis e transparentes, mas seu uso é limitado (Dickout, 2021).



Figura 2. Bebê em Celulóide. Fonte: Wikimedia Commons, Domínio Público (2007).

Entretanto, foi só em 1907 que surgiu realmente o plástico totalmente sintético e comercialmente viável: a “baquelite” criada por Leo Baekeland. Leo Hendrik Baekeland foi um químico e inventor belga-americano. Ele nasceu em 14 de novembro de 1863, em Ghent, na Bélgica, e faleceu em 23 de fevereiro de 1944, em Beacon, Nova York, nos Estados Unidos. Baekeland estudou química na Universidade de Ghent e posteriormente obteve seu doutorado em química orgânica na Universidade de Leipzig, na Alemanha. Ele trabalhou em várias empresas químicas antes de emigrar para os Estados Unidos em 1889. Em 1907, Baekeland

fez uma descoberta revolucionária ao desenvolver a baquelite, o primeiro plástico sintético totalmente artificial. A baquelite foi o primeiro plástico termoendurecível; ou seja, uma vez moldado e resfriado, ele se tornava tão rígido que não podia ser novamente derretido ou remodelado. Esse novo material tinha propriedades isolantes elétricas, resistência ao calor e à corrosão, o que o tornou útil para uma ampla gama de aplicações. A baquelite foi amplamente utilizada na indústria, especialmente na fabricação de peças elétricas, como conectores, interruptores e isoladores. Também foi aplicada na produção de utensílios domésticos, como telefones, rádios, botões, puxadores de panela e muitos outros produtos. A descoberta da baquelite por Baekeland foi um marco importante no desenvolvimento da indústria de plásticos. Ele é considerado um dos pioneiros da química de polímeros e sua invenção teve um impacto significativo em várias áreas tecnológicas (Kettering, 1946).

A baquelita é composta principalmente por fenol e formaldeído, que passam por uma reação química chamada polimerização para formar uma substância sólida e rígida. A baquelita possui várias propriedades únicas que a tornam um material versátil e amplamente utilizado em diversas aplicações. A baquelita é um excelente isolante elétrico. Por esse motivo, foi amplamente utilizada na fabricação de componentes elétricos como interruptores, conectores, tomadas e isoladores. A baquelita é capaz de suportar altas temperaturas sem derreter ou deformar. Isso a torna adequada para aplicações que exigem resistência térmica, como peças de motores elétricos e isolantes para sistemas de aquecimento. A baquelita é resistente a muitos produtos químicos, incluindo ácidos e solventes. Essa propriedade a torna adequada para uso em ambientes químicos agressivos. A baquelita é um material duro e resistente, o que lhe confere uma boa durabilidade e capacidade de suportar impactos e desgaste. Devido às suas propriedades, a baquelita foi amplamente utilizada na indústria durante o início do século XX. Ela foi empregada na fabricação de uma ampla gama de produtos, incluindo utensílios domésticos, peças de eletrodomésticos, componentes elétricos e isolantes industriais. No entanto, o uso da baquelita diminuiu ao longo dos anos, à medida que novos plásticos e materiais mais avançados foram desenvolvidos no século XX. Apesar de seu declínio em termos de popularidade, a baquelita desempenhou um papel importante no desenvolvimento dos plásticos sintéticos. Para identificar se um objeto é feito de baquelita, utilizam-se métodos sensoriais e químicos. Testes de cheiro envolvem aquecer o objeto, geralmente esfregando-o vigorosamente, para liberar um odor distintivo de fenol, característico da baquelita. Testes químicos incluem o uso de Fórmula 409, um limpador doméstico, aplicado a um cotonete que, ao esfregar na baquelita, pode causar uma mudança de cor no cotonete devido a uma reação química. O bicarbonato de sódio, embora não seja um teste padrão, pode ser usado para limpar suavemente objetos de baquelita devido às suas propriedades abrasivas e alcalinas. É essencial realizar esses testes com cuidado, preferencialmente em áreas discretas do objeto, para minimizar o risco de danos ou alterações visíveis (Mari Isa, 2018).



Figura 3. Pulseiras feitas em Baquelita. Fonte: Wikimedia Commons, CC BY 2.0 DEED (2006).

Por outro lado, conforme Springate (1997), a análise arqueológica dos produtos plásticos a base nitrato de celulose podem revelar aspectos técnicos, culturais e ambientais relacionados a este pioneiro plástico sintético. A identificação visual de objetos de nitrato de celulose pode ser feita observando características como a cor, que originalmente era incolor, mas com o tempo pode amarelar ou escurecer devido à degradação. A textura também fornece pistas, apresentando frequentemente um padrão de fraturas concoidais formando uma superfície craquelada. Ao examinar com lupa, podem ser vistos riscos paralelos deixados pela lâmina de corte durante o processo de fabricação a partir de blocos do material. Ou através da análise dos processos de

fabricação, como termoformagem ou moldagem por sopro, que podem ser deduzidos pela forma e textura superficial do objeto. Aquecendo levemente, pode ser percebido um odor característico de cânfora. Já testes químicos como o teste com difenilamina, onde uma gota do reagente é aplicada em uma amostra produzindo coloração azul-violeta na presença de nitrato de celulose, são mais conclusivos para confirmar a presença deste plástico pioneiro.

A análise do estágio de degradação de objetos de nitrato de celulose fornece informações sobre as condições de deposição e pós-depósito no sítio arqueológico. O nitrato de celulose passa por estágios progressivos de deterioração, iniciando com amarelecimento, depois formação de fraturas e craquelamento, surgimento de bolhas e fungos na superfície, fragilização e finalmente desintegração. Quanto mais avançado o estágio, maior a indicação de que o objeto foi exposto a condições adversas como umidade, calor e luz por longos períodos. Já a avaliação do contexto arqueológico envolve associar os objetos de nitrato de celulose com outros materiais e feições encontrados no sítio. Essa análise contextual permite entender o uso e descarte desses objetos em relação a outros achados, além de inferir sobre práticas e processos ocorridos no local. Por exemplo, a presença de nitrato de celulose muito degradado junto a restos de comida e embalagens pode indicar descarte como lixo doméstico. Ou então, a ocorrência em um contexto de obra pode revelar o emprego em equipamentos de construção. Dessa forma, a análise contextual é essencial para interpretar os significados e funções originais dos objetos de nitrato de celulose no sítio arqueológico.

O nitrato de celulose era utilizado na fabricação de uma ampla variedade de objetos de uso cotidiano, incluindo pentes, escovas de cabelo, caixas, brinquedos, cabos de talheres, joias, estojos de desenho, armações de óculos, botões e assentos sanitários. A análise dos tipos de objetos produzidos fornece informações valiosas sobre os diferentes usos do nitrato de celulose no dia a dia das pessoas. Por exemplo, a presença de pentes e escovas de cabelo indica o emprego em objetos de higiene e beleza pessoal. Já os brinquedos e joias revelam o uso em itens decorativos e de lazer. Os cabos de talheres e estojos de desenho demonstram aplicações domésticas e profissionais. Dessa forma, o estudo dos produtos fabricados com esse plástico pioneiro permite entender os múltiplos papéis que desempenhou na vida cotidiana das pessoas.

O estudo arqueológico de plásticos como o nitrato de celulose é importante porque permite uma interpretação mais ampla sobre a produção e consumo de plásticos sintéticos ao longo da era industrial. O nitrato de celulose foi um dos primeiros plásticos produzidos em escala industrial, inaugurando a era dos polímeros sintéticos. Sua análise pode revelar padrões iniciais de fabricação, comercialização e descarte que se tornaram comuns com outros plásticos depois. Além disso, o estudo do nitrato de celulose e de plásticos posteriores lança luz sobre questões como obsolescência planejada e acúmulo de resíduos. Muitos objetos de plástico foram projetados para durar pouco e gerar repetidas compras. Seu descarte em massa também criou problemas ambientais antes negligenciados. Portanto, a arqueologia do plástico permite ampliar a compreensão sobre o advento da produção industrial de bens de consumo descartáveis, os impactos ambientais associados e as origens de padrões insustentáveis que foram normalizados ao longo do século XX. Esse conhecimento é essencial para pensarmos em formas mais responsáveis de produção e consumo na atualidade.

HISTÓRIA DOS POLÍMEROS II: OS PLÁSTICOS A BASE DE PETRÓLEO DO SÉCULO XX

Contemporaneamente existem vários tipos de plásticos disponíveis, cada um com diferentes propriedades físicas e aplicações. Como o Poliestireno (PS), Policloreto de vinila (PVC), Polimetilmetacrilato (PMMA),

Polietileno (PE), Polietileno de alta densidade (HDPE), Polietileno de baixa densidade (LDPE), Polietileno tereftalato (PET), Polipropileno (PP), Polipropileno copolímero (PPC) e Policarbonato (PC). Aqui serão listados alguns dos tipos mais comuns, suas principais propriedades físicas, história e utilização. O Poliestireno (PS) foi descoberto em meados do século XIX e desenvolvido no início do século XX. O Policloreto de Vinila (PVC) foi descoberto em meados do século XIX e desenvolvido durante o início do século XX. O Polimetilmetacrilato (PMMA), também conhecido como acrílico ou vidro acrílico, tem uma história de criação que remonta ao final do século XIX e início do século XX. O Polietileno (PE) foi descoberto no final do século XIX e desenvolvido por acaso durante uma pesquisa sobre compostos de gás na década de 1930. O Polietileno Tereftalato (PET) foi descoberto e desenvolvido na década de 1940. O Polipropileno (PP) foi descoberto e desenvolvido na década de 1950. O Policarbonato (PC) foi descoberto e desenvolvido no século XX.

Em 1839, Eduard Simon, um bibliotecário e químico alemão, isolou pela primeira vez uma substância chamada estireno com propriedades da borracha a partir da resina do âmbar. Primeiramente, o cientista pensou que o material teria oxidado em contato com o ar, chamado de óxido de estreno. Porém, mais tarde, descobriu que a substância não continha oxigênio e foi renomeada de metastirol. Poucos anos depois, em 1845 Blyth e Hofmann observaram que o metastirol só era formado quando o estireno entrava em contato com a luz solar e este foi o primeiro caso de fotopolimerização documentado. No entanto, foi nos anos 1930 que o químico alemão Hermann Staudinger realizou pesquisas fundamentais sobre a estrutura molecular dos polímeros, incluindo processo de polimerização do estireno citado acima, para produzir o Poliestireno (PS). Seus estudos pioneiros sobre polímeros de cadeia longa e a teoria da polimerização permitiram um melhor entendimento das propriedades e comportamentos do Poliestireno (PS) (Scheirs & Priddy, 2003).

O Poliestireno ganhou popularidade devido às suas propriedades desejáveis, como baixa densidade, rigidez, isolamento térmico, facilidade de moldagem, transparência e baixo custo. Essas características tornaram-no adequado para uma ampla gama de aplicações, incluindo embalagens, isolamento, utensílios descartáveis, brinquedos, isolamento térmico e muitos outros produtos. Porém, na década de 1940, pesquisadores da empresa Dow Chemical Company, nos Estados Unidos, desenvolveram um processo de polimerização em massa do estireno, o que permitiu a produção comercial do Poliestireno. Esse processo envolvia a adição de um agente de expansão, como pentano, para produzir espumas de Poliestireno expandido (EPS), popularmente conhecidas como "isopor". Ao longo dos anos, também foram desenvolvidas diferentes formas e tipos de Poliestireno para atender a necessidades específicas, como o Poliestireno de alto impacto (PSAI) que é mais resistente ao impacto e o Poliestireno cristal (PSC) que possui maior clareza e transparência (Scheirs & Priddy, 2003).

Já o Policloreto de vinila (PVC) apresenta boa resistência química, rigidez, baixa inflamabilidade, resistência à abrasão e flexibilidade (no caso do PVC flexível). A história do PVC remonta a 1838, quando o químico francês Henri Victor Regnault observou a formação de um sólido branco ao aquecer o cloreto de vinila. Esse sólido era o policloreto de vinila (PVC), um dos plásticos mais usados hoje em dia. Regnault não percebeu o potencial industrial dessa substância, que só foi reconhecida quase um século depois. No entanto, o interesse na substância cresceu lentamente e o PVC só foi produzido em pequena escala por muitos anos (Reif-Acherman, 2012). Em 1872, o químico alemão Eugen Baumann tentou polimerizar o cloreto de vinila, mas não teve sucesso. Foi apenas em 1912 que o químico alemão Friedrich Heinrich August Klatte desenvolveu um método de polimerização do cloreto de vinila em presença de peróxido de benzoíla, produzindo um polímero sólido com luz solar. No entanto, o material resultante era rígido e quebradiço (The European Stabiliser Producers Association, 2013).

A pesquisa continuou nas décadas seguintes para melhorar as propriedades do PVC. Em 1926, Waldo Semon, químico americano, descobriu que adicionando plastificantes, como o dioctilftalato ao PVC, ele se tornava mais flexível e versátil. Essa descoberta abriu as portas para uma ampla gama de aplicações do PVC. A produção em larga escala do PVC começou na década de 1930, com a empresa alemã IG Farben iniciando sua fabricação. Durante a Segunda Guerra Mundial, o PVC foi amplamente utilizado na fabricação de isolamento elétrico e capas para fios. Após a guerra, o uso do PVC se expandiu para muitas outras áreas, como tubos e conexões, revestimentos, materiais de construção, embalagens, calçados, produtos médicos e muito mais. A versatilidade, durabilidade, resistência química e propriedades isolantes do PVC o tornaram um material popular em diversas indústrias.

No Brasil, a primeira produção comercial surgiu em 1954 e desde então passou por uma série de modernizações, sendo hoje, uma das unidades da Braskem (Rodolfo Jr. et al., 2006). Em 2022, no Brasil, existem somente duas empresas produtoras de PVC: Braskem e Unipar Indupa. Como apenas essas empresas não são capazes de sustentar a demanda pelo polímero no país, cerca de um terço do que é consumido precisa ser importado (Sfreddo & Spada, 2022, p. 2).

Ao longo dos anos, houve desenvolvimentos adicionais no processamento e nas formulações do PVC para atender a requisitos específicos, como PVC rígido e PVC flexível. No entanto, também é importante mencionar que a produção e o descarte inadequado do PVC podem ter impactos ambientais significativos, uma vez que sua reciclagem pode ser desafiadora. Atualmente, esforços estão sendo feitos para melhorar a sustentabilidade do PVC, incluindo iniciativas de reciclagem e desenvolvimento de alternativas mais eco-friendly, como o PVC biodegradável ou materiais substitutos.

Por sua vez o Polimetilmetacrilato (PMMA), conhecido também como acrílico, tem propriedades físicas de transparência óptica, alta resistência ao impacto, leveza, boa resistência ao tempo e aos raios UV. O PMMA foi descoberto em 1877 por Fittig e Paul, mas só foi sintetizado em 1901 por Bauer. No entanto, foi apenas em 1928 que Röhm e seu colega Otto Haas desenvolveram um método para polimerizar o ácido metacrílico, produzindo o PMMA. Essa descoberta permitiu a produção comercial do material que inicialmente foi comercializado sob o nome "Plexiglas" pela empresa Röhm GmbH na Alemanha. Em 1933, a empresa I.G. Farbenindustrie iniciou a produção industrial do PMMA. Em 1936, a empresa Imperial Chemical Industries lançou o PMMA no mercado britânico com o nome de "Perspex". Durante a década de 1930, o PMMA foi usado em aplicações como lentes de óculos e dispositivos ópticos devido às suas excelentes propriedades ópticas, como clareza e transparência. Sua resistência ao impacto também foi um fator importante para sua adoção em substituição ao vidro em várias aplicações. Durante a Segunda Guerra Mundial, o PMMA ganhou destaque na fabricação de aeronaves, sendo usado para substituir vidros em janelas de aeronaves devido à sua leveza e resistência. Após a guerra, o PMMA encontrou uma ampla variedade de aplicações em setores como construção, iluminação, design de interiores, sinalização, embalagens, artigos de consumo e até mesmo em arte e escultura (Javarez Junior, 2009; Medeiros, 2014).

Ao longo dos anos, avanços na tecnologia de processamento permitiram a criação de produtos de PMMA em diferentes formas, como chapas, tubos, filmes e resinas. O PMMA também foi desenvolvido em cores diferentes e com propriedades adicionais, como resistência a raios UV, resistência a riscos e maior resistência ao impacto. O PMMA continua sendo um material popular até os dias de hoje devido às suas características únicas, como alta transparência, resistência ao clima, durabilidade, facilidade de moldagem, resistência química

e estabilidade dimensional. Além disso, é um material reciclável, o que contribui para sua sustentabilidade. No campo da medicina, o PMMA é utilizado em aplicações como próteses dentárias, implantes ósseos e lentes intraoculares. Ele também é amplamente utilizado na indústria de design e arquitetura, onde é aplicado em painéis, luminárias, displays e outras estruturas (Souza, 2004).

O Polietileno (PE) é um polímero que possui alta resistência química, leveza, baixa densidade, boa resistência ao impacto e à umidade. Em 1898, Hans von Pechmann, químico alemão, relatou a descoberta de um sólido branco e ceroso enquanto aquecia o diazometano. Esse sólido era uma forma primitiva de polietileno, o polimetileno, embora a importância da descoberta não tenha sido completamente compreendida na época (Yassen, 2018). Em 1932-1933, Reginald Gibson e Eric Fawcett, químicos da Imperial Chemical Industries (ICI) no Reino Unido, estavam investigando compostos de gás para o desenvolvimento de uma nova substância refrigerante. Durante seus experimentos, eles notaram a formação de um sólido ceroso e branco nas paredes do equipamento. Esse sólido era o polietileno. Eles publicaram suas descobertas em 1935 e receberam a patente britânica para o polietileno em 1937 (Demirors, 2011). No entanto, o desenvolvimento comercial do polietileno ocorreu somente em meados da década de 1950, quando Karl Ziegler, químico alemão, e Giulio Natta, químico italiano, descobriram um método de polimerização de alta pressão para produzir polietileno de alta densidade (HDPE) utilizando catalisadores de metal. Por esse trabalho, Ziegler e Natta receberam o Prêmio Nobel de Química em 1963 (Porri, 2009).

O Polietileno de alta densidade (HDPE) possui boa resistência química, alta rigidez, baixa densidade, excelente resistência ao impacto, à umidade e à abrasão. O HDPE é uma forma específica de polietileno que possui uma estrutura molecular mais densa em comparação com o Polietileno de baixa densidade (LDPE), conferindo-lhe propriedades físicas distintas. A partir desse avanço, o HDPE começou a ser amplamente utilizado em uma variedade de aplicações. Sua resistência química, rigidez, alta resistência ao impacto e durabilidade fizeram dele um material popular em setores como embalagens, tubulações, construção, agricultura, recipientes industriais, brinquedos e muito mais. O HDPE também se tornou um dos plásticos mais reciclados, devido à sua capacidade de ser derretido e reformado em novos produtos (Gabriel, 2013).

Paralelamente, nos Estados Unidos, Michael Perrin e Ralph Wiley, cientistas da DuPont, estavam investigando a polimerização de etileno. Em 1935, eles descobriram que a aplicação de altas pressões e altas temperaturas na presença de peróxidos levava à formação de um novo tipo de polietileno, mais macio e flexível. Esse polietileno recebeu o nome de Polietileno de baixa densidade (LDPE). O Polietileno de baixa densidade (LDPE) apresenta boa flexibilidade, alta resistência ao impacto, baixa densidade, boa resistência química e à umidade. Sua flexibilidade, resistência ao impacto e capacidade de vedação fizeram dele um material popular para filmes plásticos e embalagens flexíveis. O LDPE também se mostrou adequado para a fabricação de recipientes, revestimentos, sacolas plásticas e outros produtos diversos. A descoberta desses métodos de produção de polietileno em grande escala a partir de 1930 revolucionou a indústria de plásticos. O polietileno tornou-se um dos plásticos mais amplamente utilizados devido à sua versatilidade, baixo custo, resistência química e boas propriedades físicas. Atualmente, o polietileno é usado em uma variedade de aplicações, incluindo embalagens, tubos, filmes, brinquedos, utensílios domésticos e muito mais (Oliveira *et al.*, 2014).

Em 1951, Ziegler e sua equipe na empresa alemã BASF desenvolveram um sistema de catalisador de metalloceno que permitia a polimerização de propileno em alta pressão e temperatura. Esse método de polimerização foi aprimorado em colaboração com Natta em 1954, que trabalhava no Instituto Politécnico de Milão, na Itália resultando no desenvolvimento do polipropileno (PP). O Polipropileno (PP) ganhou popularidade rapidamente devido às suas propriedades físicas e químicas favoráveis. Ele é conhecido por sua

alta resistência, rigidez, resistência química, estabilidade térmica e baixa densidade em comparação com outros polímeros. Além disso, o PP é flexível, resistente ao impacto e possui boa resistência à fadiga. Devido a essas características, o PP é amplamente utilizado em várias aplicações industriais, incluindo embalagens, produtos automotivos, eletrodomésticos, têxteis, produtos médicos, utensílios domésticos, tubulações e muito mais. Sua versatilidade e desempenho tornaram-no um dos plásticos mais utilizados no mundo atualmente. Ao longo do tempo, foram desenvolvidos diferentes tipos de PP para atender a requisitos específicos, como o Polipropileno copolímero (PPC), que possui maior flexibilidade e resistência a altas temperaturas. Esses avanços contínuos na tecnologia de polipropileno expandiram ainda mais suas aplicações em diversas indústrias (Wolf, 2004).

O Polietileno Tereftalato (PET) foi descoberto e desenvolvido na década de 1940, e sua história está associada ao trabalho de vários cientistas e empresas ao longo do tempo. O Polietileno tereftalato (PET) possui alta resistência mecânica, boa resistência química, transparência, barreira contra gases e umidade. Em 1941, dois químicos britânicos da empresa Calico Printers' Association, John Rex Whinfield e James Tennant Dickson, estavam pesquisando novos materiais para tecidos e revestimentos. Durante seus experimentos, eles sintetizaram um polímero que apresentava propriedades interessantes. Esse polímero era o Polietileno Tereftalato (PET), obtido pela polimerização do etileno glicol com ácido tereftálico. Whinfield e Dickson patentearam o PET em 1941, com o objetivo de utilizar o material como uma fibra têxtil resistente e durável. No entanto, devido à Segunda Guerra Mundial, a produção em grande escala do PET não foi possível naquela época (Journal of the Society of Dyers and Colourists, 1992).

Após a guerra, em 1952, a empresa química norte-americana DuPont desenvolveu um processo para fabricar fibras de PET em larga escala. Essa nova fibra foi chamada de "Dacron" e logo se tornou popular na indústria têxtil, sendo utilizada em roupas, tecidos, carpetes e outras aplicações. A versatilidade do PET foi ainda mais explorada nas décadas seguintes. Na década de 1970, pesquisadores da empresa química britânica ICI desenvolveram um processo para a fabricação de garrafas de PET, aproveitando as propriedades de resistência e transparência do material. Essa descoberta abriu caminho para a aplicação do PET como um material de embalagem amplamente utilizado para refrigerantes, água, sucos e outros produtos. Nos anos seguintes, o uso do PET se expandiu para outras áreas, como filmes flexíveis para embalagens alimentícias, fibras sintéticas para têxteis e estofamentos, materiais de isolamento, recipientes médicos, aplicações industriais e muito mais.

No Brasil, a sua primeira utilização ocorreu em 1988 na indústria têxtil, porém foi em 1993 que passou a ser usado como embalagem de refrigerantes (ABIPET, 2019). Atualmente a sua maior aplicação, cerca de 90%, é direcionada a fabricação de embalagens e por isto representa maior proporção entre os plásticos dentro do lixo urbano brasileiro, sendo o polímero mais empregado para a reciclagem, devido a tecnologia disponível de recuperação e segurança no reuso (ABIPLAST, 2018) (Macedo *et al.*, 2020, p. 57706).

O PET se tornou um material popular devido a suas propriedades físicas favoráveis, incluindo resistência mecânica, transparência, resistência química, barreira a gases, leveza e facilidade de processamento. Além disso, o PET é um material reciclável e possui propriedades de barreira que ajudam a prolongar a vida útil de produtos embalados. Atualmente, o PET é um dos plásticos mais comumente utilizados no mundo, embora

também apresente desafios ambientais relacionados à reciclagem e ao descarte adequado (Silva, 2015; Soares Júnior, 2010).

Por fim, o Policarbonato (PC) tem como propriedades físicas: alta resistência ao impacto, transparência óptica, resistência ao calor, boa resistência química. A história do Policarbonato remonta também à década de 1890, quando o químico russo Aleksandr Dianin sintetizou um composto chamado bisfenol-A (BPA). No entanto, seu potencial como um polímero de engenharia não foi imediatamente reconhecido. Foi somente em 1953 que os cientistas Hermann Schnell e Hermann Ziege da empresa alemã Bayer AG realizaram pesquisas adicionais sobre o bisfenol-A. Eles descobriram que quando o bisfenol-A era combinado com o fosgênio, um gás altamente tóxico, resultava em um polímero sólido de policarbonato. O desenvolvimento do processo de fabricação do Policarbonato pela Bayer continuou nos anos seguintes. Em 1958, a empresa lançou o primeiro policarbonato comercialmente disponível, conhecido como “Makrolon”. Esse material era transparente, resistente a impactos e possuía alta resistência térmica (Gupta, 2014).

O primeiro uso significativo do Policarbonato foi na indústria automobilística, onde foi utilizado para fabricar para-brisas. Sua alta resistência ao impacto tornou-o um substituto ideal para o vidro, proporcionando maior segurança aos motoristas. Nos anos seguintes, o Policarbonato encontrou aplicações em diversas áreas, como eletrônicos, dispositivos médicos, lentes ópticas, equipamentos esportivos, componentes de construção, embalagens e muitos outros produtos. Sua versatilidade e propriedades desejáveis permitiram sua utilização em uma variedade de setores industriais. Ao longo do tempo, houve avanços no desenvolvimento do Policarbonato, resultando em diferentes tipos e formulações para atender a necessidades específicas. Por exemplo, o Policarbonato alveolar é amplamente utilizado em aplicações de construção para fornecer isolamento térmico e translucidez. No entanto, é importante mencionar que o Policarbonato também foi objeto de controvérsias devido à presença de bisfenol-A (BPA), um composto químico utilizado em sua produção. O BPA é considerado um disruptor endócrino e tem sido objeto de preocupação em relação à saúde humana. Como resultado, houve esforços para desenvolver alternativas sem BPA e melhorar a segurança do Policarbonato (Bernardo, Navas & Murata, 2015).

Essas são apenas algumas das muitas variedades de plásticos disponíveis. Cada tipo de plástico possui características específicas que o tornam adequado para diferentes aplicações industriais, embalagens, eletrônicos, construção e muitos outros setores (Figura 4). É importante ressaltar que as propriedades físicas podem variar dentro de cada tipo de plástico, dependendo da formulação exata e do processo de fabricação utilizado. Sendo que o futuro aponta para o uso necessário e cada vez maior dos plásticos sustentáveis, como os produzidos por ácido láctico, cana-de-açúcar, milho, batata, beterraba, amido e caseína.



PET - Polietereftalato de Etileno

garrafas de refrigerante (carbonatada) e água, óleo comestível, em embalagens plásticas de antisséptico bucal, em embalagens alimentícias e de produtos de beleza



PEAD - Polietileno de Alta Densidade

embalagens de leite, iogurtes, sucos, embalagens de produtos de limpeza, frasco de xampu, potes de sorvete, saco de lixo, brinquedos, dentre outros.



PVC - Policloreto de polivinila (ou policloreto de vinil)

itens de higiene pessoal, brinquedos, frascos de remédio, filme estirável, blister, garrafa de água mineral, bolsa de sangue, e também na indústria de calçados.



PEBD - Polietileno de Baixa Densidade

embalagens flexíveis para leite e iogurte, filmes encolhíveis, sacolinhas de compras, sacolas de supermercado, sacos de lixo, sacaria industrial, envoltório para mudas de plantas, bolsas de soro fisiológico e em outros itens.



PP - Polipropileno

recipientes de determinados alimentos (ketchup, iogurte e margarina, por exemplo), produtos químicos, remédios, embalagens industriais, tubos para água quente, cordas, fios, cabos, caixas de bebidas, frascos, autopeças, utilidades domésticas, fraudas, potes, seringas descartáveis e muitos outros.



PS - Poliestireno

potes de iogurte, sorvete e doce, bandeja de supermercados, frascos, parte interna da porta de geladeiras, tampas, prato, aparelho de barbear descartável, brinquedos, copos e pratos descartáveis, embalagens para ovos e outros.



Outros

peças técnicas e de engenharia, material esportivo, soldados de calçados, corpos de computadores e telefones, embalagem multicamada para biscoitos e salgadinhos, CD, DVD, mamadeiras e algumas utilidades domésticas.

Figura 4. Principais símbolos, tipos e usos dos plásticos no Brasil. Fonte: imagem do autor.

UM PROPOSTO ROTEIRO PARA ANÁLISE ARQUEOLÓGICA DO PLÁSTICO

Seguindo o conceito de *phylum maquínico* dos filósofos Deleuze & Guattari (2017) ao se referir à interação entre o homem e a matéria, proporemos aqui um roteiro de análise para os objetos plásticos. O *phylum maquínico* seria a ligação do autor com a estrutura do material, sentindo suas qualidades como fibras, cor, forma, densidade, dureza e fraqueza. É estabelecer uma relação com a matéria, buscando entender e explorar suas potencialidades. Para Deleuze & Guattari, essa interação envolve uma espécie de "diálogo" com o material, percebendo que a matéria tem uma vontade própria e deixando-se guiar por suas tendências naturais. O artista atua para potencializar e singularizar essa vontade do material, ao invés de tentar impor total controle sobre ele. Portanto, o *phylum maquínico* refere-se a uma interação homem-matéria baseada no conhecimento, troca de energia e exploração mútua das qualidades e capacidades de ambos, ao invés de uma relação de dominação. É uma conexão profunda com o fluxo, textura e movimento da matéria trabalhada. Seguindo as linhas de conexão entre os platôs de conhecimento estabelecido, procuramos um agenciamento maquínico e profundo com a matéria, neste caso plástica. Este saber pretende-se que seja como um rizoma, sem centro ou margem, mas que se estende em todas as direções.

ROTEIRO ARQUEOLÓGICO PARA O ESTUDO DO PLÁSTICO

Tipo de plástico (TP) – de 01 a 06 observar se tem o símbolo gráfico na própria embalagem:

1. PET (polietileno tereftalato): extremamente reciclável e retrai em baixas temperaturas (100°C).
2. PEAD (polietileno de alta densidade): derrete em temperaturas médias (130°C).
3. PVC (policloreto de vinila): duro e usado na construção civil, queima com facilidade e se torna quebradiço em temperaturas médias (100-150°C).

4. PEBD (Polietileno de Baixa Densidade) extremamente flexível, saco e sacolas plásticas, moldável a temperatura ambiente (20-30°C)
5. PP (Polipropileno) Transparente e flexível, mas resistente.
6. PS (Poliestireno)
7. PMMA (Acrílico ou vidro substituto): transparente e resistente, não derrete em baixas temperaturas (100°C). Ao queimar forma bolhas, perde transparência e se despedaça, resistente ao UV.
8. EPS (Isopor) – Espuma de Poliestireno
9. ABS (acrilonitrila butadieno estireno): Resistente, bom para estruturas, só derrete em altas temperaturas (230°C).
10. PSAI - Poliestireno de alto impacto
11. PSC - Poliestireno cristal
12. PE (2)
13. HDPE (branco duro)
14. LDPE (transparente flexível)
15. PPC (Polipropileno copolímero)
16. PC (Policarbonato)

Cor:

1. Incolor
2. Branco
3. Preto
4. Colorido

Forma:

1. Inteiro
2. Fragmento
3. Tampa
4. Corpo
5. Recipiente pequeno
6. Recipiente grande

Gravações:

1. Tipo de plástico (Símbolo Numérico para reciclagem)
2. Marca de fabricante
3. Data
4. Números
5. Letras

Datação:

6. Plásticos a celulose do século XIX;
7. Parquesina – 1855 (inventada); 1856 (patenteada);
8. Celulóide – 1870 (inventada);

9. Baquelite – 1907 (inventada) – amplamente utilizada até o início do século XX;
10. Plásticos a base de petróleo do século XX;
11. (PS) Poliestireno - descoberto em meados do século XIX e desenvolvido no início do século XX;
12. (PVC) Policloreto de vinila - descoberto em 1838, produzido em 1930 pela IG Farben na Alemanha, em 1954 pela Braskem no Brasil;
13. (PMMA) Polimetilmetacrilato, acrílico ou substituto do vidro - descoberto em 1877, produzido desde 1928, “Plexiglas” I.G. Farbenindustrie Alemanha 1933 e “Perspex” Imperial Chemical Industries Inglaterra 1936;
14. (PE) Polietileno - descoberto em 1839, polimerizado em 1845, mas só produzido a partir da década de 1930;
15. (HDPE) Polietileno de alta densidade – Produzido em meados da década de 1950, Nobel de química em 1963;
16. (LDPE) Polietileno de baixa densidade – inventado em 1935;
17. (PET) Polietileno tereftalato – patenteado em 1941, em garrafas desde 1970, no Brasil desde 1988 e em refrigerantes desde 1993;
18. (PP) Polipropileno – inventado em 1951, aprimorado em 1954;
19. (PPC) Polipropileno copolímero – década de 1950;
20. (PC) Policarbonato – inventado em 1890, aperfeiçoado em 1953, comercializado em 1958 pela Bayer com o nome de Makrolon.

ESTUDOS DE CASO: O POTENCIAL DO PLÁSTICO NA ARQUEOLOGIA HISTÓRICA BRASILEIRA

Na arqueologia histórica brasileira algumas discussões já foram suscitadas sobre o uso da materialidade plástica nos estudos de sítios históricos nacionais e contemporâneos. Nos três trabalhos publicados a serem apresentados aqui o plástico é um dos principais temas de estudo. No primeiro, trata-se de um estudo diacrônico de arqueologia histórica na região da Costa do Sauípe, na Bahia, a partir de uma perspectiva de estudos sobre consumo. No segundo, os autores propõem uma arqueologia “sincrônica” que possa analisar as dinâmicas culturais e as transformações sociais que ocorrem na atualidade, bem como os desafios e as oportunidades que as populações enfrentam no presente. O terceiro texto mostra como o plástico foi utilizado em diferentes contextos e funções no Terreiro da Gomeia, um sítio arqueológico de um candomblé localizado em Duque de Caxias (RJ).

Através de estudos sistemáticos de sítios arqueológicos do século XX, será possível realizar maiores reflexões em torno deste tipo de artefato tão pouco estudado pela Arqueologia Histórica (Souza, 2012, p. 13).

O primeiro texto de Souza (2012) trata da arqueologia histórica das populações pescadoras do litoral norte da Bahia ao longo do século XX, com base em dados de 29 sítios arqueológicos localizados na região de Sauípe. O autor analisa as mudanças na cultura material dessas populações, especialmente na cerâmica e no plástico, e as relações entre esses objetos e as transformações sociais, econômicas e ambientais ocorridas na área. O autor destaca que a cerâmica foi um elemento fundamental na vida cotidiana das populações pescadoras, sendo usada

para diversos fins, como armazenamento, preparo e consumo de alimentos, além de ter um valor simbólico e identitário. A cerâmica encontrada nos sítios arqueológicos apresenta uma grande variedade de formas, tamanhos, cores e decorações, refletindo as influências culturais e as trocas comerciais entre as diferentes comunidades.

Fechado o parêntese, em um primeiro momento, todavia, não parece ter sido através do universo alimentar que o plástico entrou na vida das pessoas, apesar de depois ter se tornado popular nesta esfera e passado a competir com outros artefatos com função semelhante. Os artefatos em plástico e em borracha possuem a peculiaridade de estarem ligados, muitas vezes, ao universo lúdico e infantil. Levanta-se a hipótese de que os objetos em plástico permitiriam discorrer sobre grupos com pouca visibilidade na Arqueologia, como as crianças, já que o plástico parece ter invadido a esfera doméstica antes pela criança do que pelo adulto (Souza, 2012, p. 14).

O autor também observa que, a partir da segunda metade do século XX, o plástico passou a substituir a cerâmica em muitas funções, como resultado da modernização e da globalização. O plástico se tornou um material barato, acessível, durável e versátil, sendo utilizado para diversos fins, como recipientes, utensílios, brinquedos, adornos e equipamentos de pesca. O plástico também passou a fazer parte dos vestígios arqueológicos, evidenciando o impacto antrópico no meio ambiente e os novos hábitos de consumo das populações pescadoras. O autor conclui que a arqueologia histórica das populações pescadoras do litoral norte da Bahia permite compreender as dinâmicas culturais e as transformações sociais que ocorreram na região ao longo do século XX, bem como os desafios e as oportunidades que essas populações enfrentam no presente. O autor ressalta que a arqueologia pode contribuir para a valorização e a preservação do patrimônio cultural e ambiental dessas comunidades.

A discussão sobre possibilidades de uma arqueologia sincrônica, ou seja, uma arqueologia que estuda a cultura material das sociedades atuais é levantada por Mega, Ribeiro e Lopes (2014). Os autores apresentam o caso de uma pesquisa de campo em um lixão no município de São Raimundo Nonato, no Piauí, onde analisam os impactos socioambientais causados pela presença do lixo, principalmente o plástico, nas comunidades rurais próximas. Eles defendem que a arqueologia pode contribuir para o debate sobre temas da atualidade, como o consumo, a sustentabilidade e a educação, a partir de uma perspectiva crítica e multidisciplinar. Eles também questionam os limites cronológicos e epistemológicos da arqueologia tradicional, que se restringe ao estudo do passado.

O plástico é, de longe, o principal material presente no lixão. Pode ser encontrado sob diversas formas: garrafas pets, embalagens de diversos tipos (de produtos alimentícios, de produtos de limpeza, de produtos eletrônicos, de produtos de higiene pessoal, etc). Também pode ser encontrado na forma de seringas e demais materiais hospitalares feitos de plástico, etc. Contudo, o que mais encontramos no lixão foram as sacolinhas plásticas usadas para transporte de produtos comprados em diversos tipos de estabelecimentos comerciais (Mega, Ribeiro & Lopes, 2014, p. 208).

Para os autores, a ênfase dada ao plástico no texto é de que ele é um dos principais elementos da cultura material das sociedades contemporâneas, especialmente as que sofrem com os impactos socioambientais do consumo e do descarte de resíduos. Os autores argumentam que o plástico se tornou um material barato, acessível, durável e versátil, mas também um problema ecológico e arqueológico, pois evidencia o desequilíbrio entre a produção material e a manutenção de condições ambientais saudáveis. Por fim, os autores também

destacam o papel da educação para o consumo consciente e para a valorização e a preservação do patrimônio cultural e ambiental das comunidades.

Em outro trabalho Pereira (2018) discute como os materiais plásticos podem ser usados como fonte de conhecimento sobre o passado na arqueologia histórica brasileira. O autor argumenta que os plásticos são objetos culturais que refletem as práticas, valores e identidades dos grupos humanos que os utilizaram. Ele apresenta um estudo de caso sobre alguns materiais plásticos encontrados nas escavações arqueológicas em um terreiro de candomblé em Duque de Caxias (RJ), mostrando como eles podem ser usados para datar o sítio e entender as relações entre os adeptos da religião afro-brasileira e a sociedade envolvente. O autor também aponta os desafios e as possibilidades de conservação, análise e interpretação dos materiais plásticos na arqueologia, sugerindo que eles sejam considerados como um novo campo de estudos para o conhecimento do passado.

Os materiais plásticos que compõem o registro arqueológico do Terreiro da Gomeia caracterizam-se pelos usos “mistos”, “religiosos” e “seculares”, o que é indicativo de como também o Candomblé se adaptou às possibilidades do uso deste material em suas dinâmicas culturais. Nesse sentido, a pesquisa arqueológica observou uma ampla gama de usos destes materiais no cotidiano do local –beleza, entretenimento, saúde/medicação, alimentação, brinquedos, transportes e vários outros aspectos de uso (Pereira, 2018, p. 12).

Segundo o autor, o plástico é um material que permite a interlocução entre a arqueologia e a memória e a cultura afro-brasileira, além de ser um indicador de consumo, modernização e urbanização. O texto destaca que os plásticos são um bom exemplo de material que pode contribuir para o estudo do passado recente humano, em especial o relacionado às matrizes religiosas afro-brasileiras.

Portanto estes três estudos são muito relevantes por apresentar as possibilidades de interpretação dos vestígios plásticos em sítios arqueológicos históricos brasileiros.

O estudo de Souza (2012) mostra como o plástico se tornou um material importante no cotidiano das pessoas em Sauípe, tanto no universo alimentar quanto no lúdico e infantil, a partir da segunda metade do século XX, refletindo as mudanças econômicas, sociais e culturais que afetaram a região. Evidencia as práticas de reutilização, reciclagem e ressignificação dos objetos de plástico e borracha, como formas de resistência, adaptação e criatividade frente às limitações de acesso e reposição desses bens industrializados. E problematiza a noção de padrões normativos de consumo para populações pescadoras, considerando as escolhas, os significados e as identidades que estão envolvidos no uso dos objetos de plástico e outros materiais.

Já o estudo de Mega, Ribeiro e Lopes (2014) explora o caso do lixão de São Raimundo Nonato, no Piauí, como um exemplo de cenário onde se pode observar os impactos socioambientais causados pela presença do plástico na vida das comunidades rurais afetadas. Desta forma, discute a relação entre a educação e a cultura material, enfatizando a necessidade de se problematizar os processos educacionais que levam ao consumo e ao descarte de produtos plásticos, bem como as formas de conscientização e sustentabilidade que podem ser promovidas pela arqueologia.

E por fim o estudo de Pereira (2018) mostra como os plásticos já fazem parte do registro arqueológico em sítios datados do século XX e como eles podem ser classificados em categorias funcionais ou de aplicação geral, como beleza, entretenimento, alimentação, transporte, corte e costura, elementos infantis, elementos religiosos e outros. O artigo destaca como os plásticos são um bom exemplo de material que permite a

interlocução entre a arqueologia e a história, a memória e a cultura afro-brasileira, e a análise da coisidade presente na materialidade, ou seja, as relações humanas que os objetos suportam e expressam.

O que todos estes estudos de caso propõem é uma arqueologia no tempo presente, que considera a proximidade entre os materiais plásticos, sua utilização e os grupos que os instrumentalizaram, e que busca envolver esses grupos em seu próprio passado, devolvendo-lhes seu patrimônio e memória na forma de inclusão nas fases da pesquisa. Ficando desta forma o alerta para a necessidade de se adequar as teorias e métodos arqueológicos aos contextos de deposição que nem sempre terão apenas faianças, ossos e vidros, mas também plásticos, que são indicativos de processos complexos que constroem vidas cotidianas e que contribuem para a produção de identidades de grupos ou de indivíduos.

PARA NÃO CONCLUIR: A MATERIALIDADE PLÁSTICA DA ARQUEOLOGIA

Materialidade é um conceito que se refere à relação entre os seres humanos e os objetos materiais que eles criam, usam e transformam. A materialidade pode ser estudada de diferentes perspectivas teóricas e metodológicas, como na arqueologia, antropologia, sociologia, história, filosofia, arte e demais ciências. A materialidade pode envolver tanto as propriedades físicas e químicas dos materiais quanto as formas sociais e culturais de atribuir-lhes significado e valor. Como estabelece Knappett (2014) o conceito de materialidade pode ser usado para entender as relações entre humanos e objetos no passado e no presente. O autor define materialidade como um processo relacional que envolve as propriedades dependentes, codependentes, independentes e interdependentes das coisas e dos objetos. Segundo o autor, o estudo da materialidade tem um contexto histórico e implicações políticas que devem ser considerados. Ele afirma que o conceito de materialidade foi usado por alguns autores do século XIX, como E.B. Tylor, para expressar a conexão entre um grupo cultural e seus artefatos, mas que essa ideia foi abandonada ou distorcida no século XX, por causa do abuso político do nacionalismo, colonialismo e imperialismo, que tentaram essencializar a identidade cultural e racial com base na cultura material.

A materialidade na arqueologia já é um conceito que se refere à relação entre os seres humanos e os objetos materiais que eles criam, usam e transformam. Claro que existem outras abordagens que podem complementar ou questionar essa visão, como a teoria ator-rede, a fenomenologia, o marxismo, o feminismo, o pós-colonialismo, mas estas não serão tratadas aqui, neste momento. Portanto, ao contrário vamos apresentar brevemente quatro históricas correntes de perspectivas teóricas e metodológicas da materialidade na arqueologia, nos guiando mais pela última. Primeiramente e desde o século XIX, pelo histórico-culturalismo, que se concentra na cronologia e na espacialidade da cultura material, buscando identificar as origens, as difusões e as evoluções dos grupos humanos a partir dos seus vestígios arqueológicos. Essa perspectiva foi influenciada pelos trabalhos de Gordon Childe (1925, 1936) e Gustaf Kossina (1911, 1936) que contribuiu para uma separação entre o social e o material, com o primeiro sendo visto como superior ao segundo. Para eles, os artefatos e vestígios arqueológicos eram considerados elementos culturais fixos, refletindo a cultura de uma sociedade em um momento específico no tempo. Eles viam a materialidade como uma representação direta da cultura, enfatizando a análise dos artefatos como manifestações monolíticas das sociedades antigas, o que viria a ser fortemente contestada pela corrente seguinte nascida a partir da segunda metade do século XX.

Essa escola chamada de processualismo ou nova arqueologia, que procura por leis gerais ou regularidades no comportamento humano e na sua adaptação ao meio ambiente, usando métodos científicos e quantitativos. Essa perspectiva foi inspirada pelos trabalhos de David Clarke (1978) e Lewis Binford (1962, 1983). Clarke e

Binford, contribuíram significativamente para a abordagem processualista na arqueologia. Eles enfatizaram a importância da materialidade como um reflexo de processos culturais e sociais. Para eles, os artefatos e vestígios arqueológicos são vestígios de ações humanas que podem ser analisados de forma a reconstruir principalmente padrões comportamentais e processos de permanência ou mudança ao longo do tempo. Essa abordagem processualista valoriza a interpretação dos artefatos como evidências estáticas das atividades humanas dinâmicas, promovendo uma compreensão mais profunda das sociedades passadas.

Em terceiro o pós-processualismo, que enfatiza o pensamento, a interpretação e o contexto dos sujeitos históricos, considerando as dimensões simbólicas, ideológicas e políticas da cultura material. Essa perspectiva foi baseada nos trabalhos de Ian Hodder (1986), Michael Shanks e Christopher Tilley (1987). Eles destacam a materialidade como um campo de significados múltiplos e complexos. Para eles, os artefatos não apenas refletem processos culturais, mas também são ativamente construídos socialmente e carregados de simbolismo. Essa perspectiva enfatiza a necessidade de considerar o contexto social, simbólico e ideológico na interpretação dos artefatos, reconhecendo que a materialidade pode ser subjetiva e multifacetada. Dessa forma, a materialidade é vista como um meio para acessar não apenas aspectos práticos, mas também as dimensões simbólicas e ideológicas das sociedades passadas.

E ultimamente uma ecologia dos materiais, que defende uma abordagem mais integrada e sensível à materialidade, levando em conta tanto as propriedades físicas e químicas dos materiais quanto as formas sociais e culturais de atribuir-lhes significado e valor. Essa perspectiva foi proposta por Tim Ingold (2007) e contestada por Daniel Miller. Ingold enfoca a materialidade como parte de uma teia de relações em constante evolução, onde os artefatos são moldados pelas interações humanas e com o ambiente. Ele enfatiza a importância da experiência prática na formação da materialidade. Por outro lado, Daniel Miller adota uma abordagem mais culturalista, vendo os objetos como intrinsecamente ligados à cultura e à identidade. Ele acredita que os artefatos desempenham um papel fundamental na construção e expressão da cultura e do “self”. Ambos concordam que a materialidade é central para compreender a experiência humana, mas divergem na ênfase dada às dimensões práticas e culturais. Suas abordagens complementam-se, proporcionando uma compreensão abrangente da materialidade e sua relação com a sociedade e a cultura.

Portanto, um dos temas que Miller (2007) aborda é o da “materialidade do plástico”, que ele considera um material dinâmico, versátil e expressivo, mas que também é frequentemente desprezado ou ignorado por sua associação com o consumo de massa, a poluição e a artificialidade. Miller defende que o plástico merece uma atenção maior por parte dos estudiosos da cultura material, pois ele revela aspectos importantes da criatividade, da imaginação e da identidade humana. Ele dá alguns exemplos de como o plástico é usado em diferentes contextos culturais, como na escultura, na moda, na comunicação e na religião. Miller também critica a visão de Tim Ingold e outros que escrevem sobre a materialidade, mas que privilegia os materiais naturais e orgânicos, como a madeira e a pedra, em detrimento dos materiais sintéticos e industriais, como o plástico. Miller argumenta que Ingold tem uma visão romântica e primitivista da materialidade, que ignora a realidade e a diversidade do mundo material contemporâneo. Miller propõe uma abordagem mais abrangente e sensível à materialidade, que leve em conta tanto as propriedades físicas e químicas dos materiais quanto as formas sociais e culturais de atribuir-lhes significado e valor; ou seja, por que precisamos de uma abordagem mais plástica na arqueologia contemporânea?

REFERÊNCIAS

- Bernardo, P. E. M., Navas, S. A., & Murata, L. T. F. (2015). Bisphenol A: review on its use in the food packaging, exposure and toxicity. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 74(1), 1-11.
- Binford, L. R. (1962). Archaeology as anthropology. *American Antiquity*, 28(2), 217-225.
- Binford, L. R. (1983). *In pursuit of the past: decoding the archaeological record*. London: Thames and Hudson.
- Bonnichsen, R. (1973). Millie's camp: an experiment in archaeology. *World Archaeology*, 4(3), 277-291.
- Costa, D. M. (2023). Ecoarqueologia das mudanças climáticas: da resiliência pré-histórica à sustentabilidade contemporânea. *Revista de Arqueologia*, 36(2), 274-298.
- Childe, V. G. (1925). *The dawn of European civilization*. New York: Alfred A. Knopf.
- Childe, V. G. (1936). *Man makes himself*. London: Watts & Co.
- Clarke, D. L. (1978). *Analytical archaeology*. London: Methuen.
- Deleuze, G., & Guattari, G. (2017). *Coleção Mil Platôs*. 5 volumes. Frankfurt am Main: Editora 34.
- Demirors, M. (2011). The history of polyethylene. *ACS Symposium Series* (pp. 115-145). Vol.1080. American Chemical Society.
- Dickout, S. (2021). *The history and properties of celluloid*. Disponível em: <<https://ottawavalleybuttonclub.ca/the-history-and-properties-of-celluloid/>>. [cons. 21 maio. 2021]
- Gabriel, L. H. (2013). *Chapter 1: History and physical chemistry of HDPE*. Disponível em: <https://www.baughmantile.com/wp-content/uploads/2016/04/chapter-1_history_physical_chemistry_hdpe.pdf>.
- Gupta, A. (2014). *Bisphenol-A*. Toxipedia. Disponível em: <<https://www.healthandenvironment.org/docs/ToxipediaBPAPageArchive.pdf>>.
- Hodder, I. (1986). *Reading the past: current approaches to interpretation in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ingold, T. (2007). Materials against materiality. *Archaeological Dialogues*, 14(1), 1-16.
- Javarez Junior, L. (2009). *Estudo do processo de replicação por laminação em polimetilmetacrilato (PMMA) aquecido*. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Journal of the Society of Dyers and Colourists. (1992). The early years of polyester. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 108(9), 363-364.
- Kettering, C. F. (1946). *Biographical memoirs of Leo Hendrik Baekeland*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences of the United States of America, XXIV.
- Knappett, C. (2014). Materiality in archaeological theory. Em C. Smith (ed.). *Encyclopedia of global archaeology* (pp. 4700-4708). New York: Springer.
- Kossina, G. (1911). *Die Herkunft der Germanen*. Würzburg: Kabitzsch.
- Kossina, G. (1936). *Die deutsche Vorgeschichte: Eine hervorragend nationale Wissenschaft*. Leipzig: Kabitzsch.
- Macedo, I., de Souza, M., Shinohara, N., dos Santos, C., & da Silva, M. (2020). Reciclagem do polietileno tereftalato (PET) no fomento da economia circular. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 57704-57723.
- Mari Isa, C. A. (2018). Archaeology and the age of plastics: Bakelite in the Brody dump. MSU Campus Archaeology Program. Disponível em:<<https://campussearch.msu.edu/?p=5996>>. [cons. 05 abr. 2018]
- Medeiros, F. A. (2014). *Caracterização da blenda poli(cloreto de vinila) e poli(metacrilato de metila): Processamento, propriedades e potencial de aplicação*. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Mega, O. J., Ribeiro, W. dos S., & Lopes, M. F. (2014). Possibilidades de uma arqueologia “sincrônica”: Ensaio sobre a arqueologia da “idade do plástico”. *Tessituras: Revista de Antropologia e Arqueologia*, 2(1), 195-195.
- Miller, D. (2007). Stone age or plastic age? *Archaeological Dialogues*, 14(1), 23-27.
- Oliveira, E. I., Silveira, F., Vieira Viveiros, A. M., Basso, N., Novais da Rocha, Z., & dos Santos, J. (2014). The versatility of coordination compounds in polyethylene production: A review of catalyst systems. *Química Nova*, 38(1), 97-105.
- Pereira, R. (2018). Materiais plásticos e arqueologia: Um novo campo de estudos para o conhecimento do passado. *Revista Arqueologia Pública*, 12(2), 3-30.
- Perrone, A. (2023). The “archaeology” of plastics is an exercise in nostalgia and dread. Disponível em:<<http://www.atlasobscura.com/articles/archaeology-plastic-waste-beaches>>. [cons. 21 maio. 2021]
- Pétursdóttir, P. (2017). Climate change? Archaeology and Anthropocene. *Archaeological Dialogues*, 24(2), 175-205.
- Porri, L. (2009). Os anos 1954-1963 no Politécnico de Milão. *Polímeros*, 19(3), E4-E11.
- Rathje, W. L., Hughes, W. W., Wilson, D. C., Tani, M. K., Archer, G. H., Hunt, R. G., & Jones, T. W. (1992). The archaeology of contemporary landfills. *American Antiquity*, 57(3), 437-447.
- Reif-Acherman, S. (2012). The contributions of Henri Victor Regnault in the context of organic chemistry of the first half of the nineteenth century. *Química Nova*, 35(2), 438-443.
- Ribeiro, D. (2014). Alexander Parkes. *Revista de Ciência Elementar*, 2(3), 235.
- Scheirs, J., & Priddy, D. (2003). *Modern styrenic polymers: Polystyrenes and styrenic copolymers*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Schofield, J., Aylmer, J., Donnelly, A., Jones, J., Muñoz-Pérez, J. P., Perez, E., Scott, C., & Townsend, K. A. (2020). Contemporary archaeology as a framework for investigating the impact of disposable plastic bags on environmental pollution in Galápagos. *Journal of Contemporary Archaeology*, 7(2), 276-306.
- Schofield, J., Praet, E., Townsend, K. A., & Vince, J. (2021). ‘COVID waste’ and social media as method: An archaeology of personal protective equipment and its contribution to policy. *Antiquity*, 95(380), 435-449.
- Sfreddo, L. W., & Spada, J. C. (2022). *Obtenção de plastificantes alternativos aos ftalatos*. Dissertação (Bacharelado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Shanks, M., & Tilley, C. (1987). *Re-constructing archaeology: theory and practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Silva, R. V. (2015). Determinação das propriedades químicas e mineralógicas do politereftalato de etileno. *Congresso Brasileiro de Engenharia Civil*. Campina Grande, Brazil.
- Soares Júnior, A. B. (2010). *Produção do poli(tereftalato de etileno) modificado com glicerol e derivados*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Souza, L. C. de. (2004). *Estudo comparativo das propriedades mecânicas de cimentos ósseos acrílicos*. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Souza, R. de A. e. (2012). Da cerâmica ao plástico: Arqueologia histórica das populações pescadoras do litoral norte da Bahia ao longo do século XX. *Clio – Arqueológica*, 27(1).
- Springate, M. E. (1997). Cellulose nitrate plastic (celluloid) in archaeological assemblages: identification and care. *Northeast Historical Archaeology*, 26(1), 63-72.

The European Stabilisers Producers Association. (2013). *100 years of PVC: The European industry's journey from patent to sustainability*. Belgium: PlasticsEurope.

White, J. L. (1998). Fourth in a series: pioneers of polymer processing Alexander Parkes. *International Polymer Processing*, 13(4), 326-326.

White, J. L. (1999). Fifth of a series: pioneer of polymer processing John Wesley Hyatt (1837–1920). *International Polymer Processing*, 14(4), 314-314.

Wolf, C. R. (2004). *Preparação, caracterização e aplicação de catalisadores Ziegler-Natta na produção de polietileno de alta densidade*. Dissertação (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul , Porto Alegre.

Wooten, K. (2022). *The archaeology of plastic pollution*. Society for Historical Archaeology. Disponível em:<<https://sha.org/blog/2022/07/the-archaeology-of-plastic-pollution/>>. [cons. 08 jul. 2022]

Yassen, A. A. (2018). Introduction to polyethylene [PE]. Disponível em:<https://www.academia.edu/37914074/Introduction_To_Polyethylene_PE>. [cons. 01 jan. 2018]

ARQUEOLOGIA DOS PLÁSTICOS:
UM ESTUDO CONTEMPORÂNEO SOBRE OS POLÍMEROS