

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

Ciclo de vida é o conjunto de todas as etapas necessárias para que um produto cumpra sua função na cadeia de produtividade. Sua análise permite a quantificação das emissões ambientais e o impacto ambiental de um produto, sistema, ou processo.



Objetivos

Selecionar um material da construção civil para analisar seu processo produtivo, suas principais características e propriedades, suas classificações ou subdivisões, relações com a construção civil e a arquitetura, bem como a Avaliação do Ciclo de Vida, coletando informações sobre as entradas e saídas deste ciclo e os impactos ocasionados.



Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

Conceito

O polietileno é uma resina de consistência flexível que faz parte do grupos dos termoplásticos, possui aparência cristalina, e é amplamente utilizado no nosso dia-a-dia, aparecendo em uma grande variedade de produtos, de embalagens de alimentos até brinquedos. Atualmente, este é um dos materiais mais utilizados do mundo, tendo visto um enorme crescimento em seu uso desde a Segunda Guerra Mundial.

A fórmula do polietileno é $(C_2H_4)_n$, e este possui algumas variações, cujas fichas estão disponíveis no site da Materioteca Sustentável. Este material é encontrado em várias cores e também formas diferentes, entre elas líquida, sólida e em pó.

Histórico

Embora polímeros líquidos de etileno já existam desde 1869, o polietileno sólido que é vendido como produto industrial e que utilizamos hoje em nossos produtos foi descoberto em 1933, por Eric W. Fawcett e Reginald O. Gibson, enquanto faziam experimentos onde colocavam várias combinações de elementos em diferentes condições, como alta pressão, altas temperaturas, etc.

Enquanto a enorme maioria das experiências falhou, uma produziu um resultado curioso: um pó branco resultante de um experimento que envolvia tolueno e etileno. Em um experimento seguinte, por causa de uma falha no equipamento, encontraram uma substância de aspecto ceroso; descoberta que Gibson documentou com uma frase escrita em seu bloco de notas: Substância sólida cerosa encontrada no tubo de reação.

Dessa forma, foi descoberto o Polietileno de Baixa Densidade, apenas uma das várias formas desse material a serem descobertas na história.

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno



Reginald Gibson **Eric Fawcett**

Propriedades

O processo de fabricação do polietileno influencia bastante em suas propriedades. Por exemplo, o grau de cristalinidade afeta drasticamente o material, conforme pode-se ver na tabela a seguir, que compara as propriedades do polietileno baseado no nível de cristalinidade.

Propriedades do polietileno como função da cristalinidade					
	Cristalinidade				
	55%	62%	70%	77%	85%
Ponto de fusão (°C)	109	116	125	130	133
Densidade (g / cm ³)	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
Rigidez (MPa x10 ⁻³)	17.2	32.4	51.7	82.7	11.4
Resistência (MPa)	11.72	17.24	22.75	28.96	35.16

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

Existem múltiplos tipos de polietileno, todos com propriedades diferentes, utilizados nas mais diversas áreas. Por exemplo, o Polietileno de Baixa Densidade é utilizado em filmes para embalagens de alimentos, em brinquedos e no revestimento de fios, enquanto o Polietileno de Alta Densidade é aplicado em bombonas, bóias, caixas d'água, etc.

Na tabela a seguir estão listadas as diferenças entre as propriedades de alguns tipos de polietileno.

Tabela 3. Efeito das ramificações sobre as propriedades mecânicas do polietileno^[1]

Propriedade	PEAD Linear ~ 1 CH ₃ / 1000 carbonos		PEAD Ziegler, poucas ramificações, ~ 3 CH ₃ / 1000 carbonos		PEBD, altamente ramificado, 20 CH ₃ / 1000 carbonos	
Índice de fluidez (MFI)	5	11	6	0,9	7	1
Densidade (g/cm ³)	0,968	0,966	0,970	0,955	0,918	0,918
Ponto de escoamento (MPa)	33	31	29	29	6,2	11,5
Deformação no ponto de escoamento (%)	9	9	20	20	100	800
Resistência à tração (MPa)	20	30	22	30	8,5	10,5
Alongamento limite (%)	900	990	1000	1000	500	500
Módulo elástico (MPa)	1550	1400	1000	900	500	400
Resistência ao impacto (kJ/m ²)	9	50	20	30	Não quebra	

Impacto Ambiental

De um modo geral, os plásticos são um dos grandes inimigos do meio ambiente. O acúmulo de lixo derivado do polietileno é um grave problema dos dias de hoje, pois este é um dos polímeros sintéticos mais produzidos e mais descartados mundialmente, além de ser o maior emissor dos gases metano e etileno, que são nocivos para a atmosfera.

Contudo, existe um tipo de plástico criado por uma empresa brasileira cuja produção é muito mais sustentável que o comum: o Polietileno Verde. Criado e produzido pela Braskem, o PE Verde é um tipo de polietileno feito à base de cana-de-açúcar, gerando um produto de matéria prima 100% renovável. Além disso, o processo produtivo do Polietileno Verde tem pegada de carbono negativa. Cada tonelada de PE Verde produzida captura e fixa 2,5 toneladas de CO₂ da atmosfera. Em contrapartida, o polietileno petroquímico emite 2,1 toneladas de gás carbônico para a atmosfera (de acordo com um estudo da PlasticsEurope).

Esse tipo de plástico também é capaz de substituir resina conven-

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

cional sem a necessidade de se adquirir novos maquinários e pode também ser utilizado em produtos de natureza tanto rígida quanto flexível. No final de sua vida, o PE Verde pode ser reciclado normalmente, da mesma forma que um polietileno comum.



Produção

As múltiplas variações do polietileno são criadas de maneiras diferentes, variações na temperatura e pressão do processo resultam nas formas discutidas até agora.

De acordo com COUTINHO *et al.* (2003), o Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) é produzido com a ajuda de temperaturas entre 100 e 300°C e pressões entre 1000 e 3000 atmosferas. Uma alta variedade de inicializadores são usados no processo, mas o oxigênio é o principal. A parte mais difícil deste processo é o fato de essa ser uma reação química extremamente exotérmica, ou seja, libera muito calor para o ambiente, o que faz necessário remover esse calor excessivo do meio.

No meio do século 20, o processo de produção do PEBD era muito difícil, por causa das condições de temperatura e pressão necessárias. Por conta disso, o professor alemão Karl Ziegler descobriu uma forma de obter polietileno empregando condições muito inferiores, com a ajuda de catalisadores à base de titânio. O catalisador Ziegler-Natta, como veio a ser chamado após o químico italiano Giulio Natta expandir a pesquisa de Ziegler, possibilitou a criação do Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Graças a essa descoberta,

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

a produção é feita utilizando pressão entre 10 e 15 atm e temperatura entre 20 e 80°C.

O Polietileno Linear de Baixa Densidade (PELBD) é obtido por meio da copolimerização de etileno e de uma alfa-olefina como buteno, hexeno ou octeno, e para ser produzido são necessários níveis mais baixos de temperatura e pressão que suas contrapartes. O PELBD é um material muito utilizado para criação de filmes, pois tem boa resistência a rasgos e impactos.

Já o Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular, ou PEUAPM, é uma variação do polietileno que embora não seja tão cristalino quanto o PEAD, possui um peso molecular extremamente mais alto que suas contrapartes.

Aqui no Brasil, o principal fornecedor de PEUAPM é a Braskem S.A. e é produzido por meio da tecnologia “Slurry” seguido por um processo de filtração e secagem, que é semelhante ao processo usado para fabricação de outras resinas como PEAD, mas sem a etapa da peletização. Além disso, o PEUAPM é normalmente comercializado em três níveis de peso molecular: baixo (3 milhões de g/mol), médio (5 milhões de g/mol) ou alto (de 7 a 10 milhões de g/mol) (FARIAS; SANSON; CALUMBY, 2007).

O PEUBD (Polietileno de Ultra Baixa Densidade), é o menos cristalino de seu grupo, contudo, possui flexibilidade, resistência e propriedades ópticas superiores ao PELBD, tornando esse material adequado para uso em filmes para empacotamento de carga pesada, embalagens de comida líquida ou semi sólida e também para embalar certos tipos de produtos que normalmente danificam seus recipientes, como produtos químicos e comidas congeladas. O PEUBD também é utilizado como resina modificadora de outros tipos de polietileno, como o PEAD e o PEBD, além de poder modificar o propileno (PP) também, conferindo a esses materiais melhores resistências e flexibilidade.

Vale também citar o Etileno Acetato de Vinila, ou EVA, como é conhecido popularmente. Este material, tão presente em nosso dia-a-dia, é obtido por meio da polimerização de etileno e acetato de vinila, o que tem como resultado um produto acessível, maleável e com uma certa resistência a temperaturas mais altas. A quantidade de cada componente influencia nas propriedades do EVA resultante do processo produtivo, por exemplo, uma quantidade menor de acetato de vinila acaba criando um produto mais rígido e resistente a altas temperaturas.

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

Ciclo de Vida

O polietileno é obtido por meio da polimerização do eteno. De acordo com Antunes (2007, *apud* BATISTA, 2013), “A produção do eteno é feita a partir da pirólise de hidrocarbonetos saturados e utiliza diversas matérias primas para a produção do mesmo, tais como, nafta, etano (gás natural), GLP, condensados, gasóleos e etanol”.

Os hidrocarbonetos utilizados na produção influenciam no rendimento do processo, observe na tabela abaixo.

Tipo de Carga	Rendimento em Eteno (% em massa)
Nafta	29,0
Etano	77,5
Condensados	29,5
Gasóleo	22
Butano	38
Propano	43

A produção do eteno é realizada a uma temperatura entre 815 a 900°C e 2 atm de pressão. Depois que o craqueamento é concluído, o gás utilizado nesse processo é comprimido a 35 atmosferas, com o objetivo de remover gases ácidos e condensados por abatedores de gases. A corrente resultante é resfriada para 95 graus Celsius. Por fim, o eteno passa por um processo de polimerização, encadeando múltiplas moléculas, o que resulta no polietileno. Depois disso, o processo pelo qual passa o produto resulta em uma das diferentes formas do polietileno, baseado na temperatura, pressão e técnica utilizadas.

Transporte

Por ser um produto normalmente fácil de se manusear, o polietileno normalmente é transportado por caminhões, navios ou trens até seu destino.

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

Descarte

Os plásticos em geral representam na atualidade um grande desafio quando se trata da proteção do meio ambiente. Para agravar a situação, muitas populações não tem o hábito ou as condições para fazer um descarte apropriado do plástico, como separar o lixo. De acordo com um estudo da WWF (World Wide Fund for Nature), em 2019 o Brasil produzia 11,3 milhões de toneladas de plástico, das quais apenas 145 mil eram recicladas. O resto ou ia para aterros sanitários, ou eram descartados irregularmente. Esse é o destino de vários tipos de polietileno, especialmente os mais difíceis de se reciclar.

Reuso

Como existem vários tipos de polietileno, são várias as formas de reutilizá-lo. É possível reutilizar sacolas plásticas como toucas de banho, forro para vasos quebrados, como substitutas para sacos de lixo, etc. Garrafas PET são muito utilizadas em artesanato, armazenamento, ou como alternativa a garrafas d'água mais caras pro dia-a-dia (como visto com frequência aqui na UFSC!). Além disso, o filme stretch, feito de PEBD, é reutilizável múltiplas vezes. São várias as maneiras de se reutilizar objetos feitos com polietileno.

Reciclagem

O processo de reciclagem do polietileno se dá em algumas etapas, estas são:

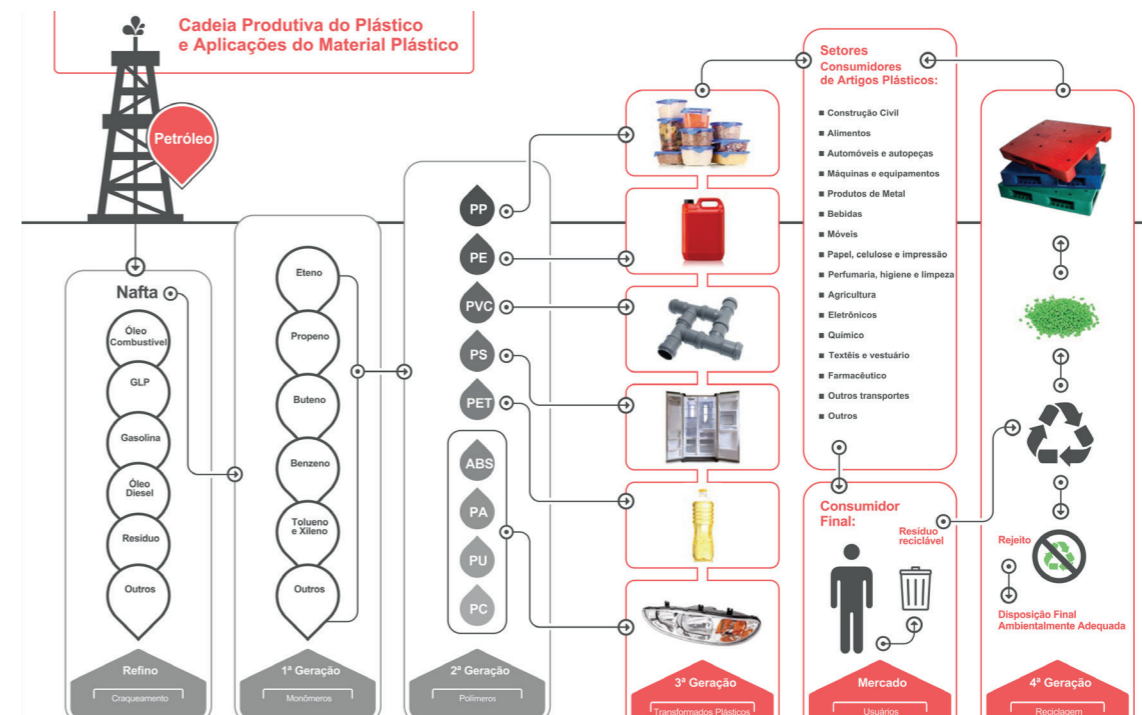
- Coleta do Material
- Separação
- Revalorização (Transformação em matéria prima)
- Criação de outro produto com a matéria prima da etapa anterior

De acordo com Candian (2007), existem quatro tipos de polímeros reciclados, e esses tipos são classificados em três técnicas: mecânica, química e energética.

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

As reciclagens primárias e secundárias são conhecidas como reciclagem mecânica ou física, e essa é marcada pela transformação do material em grânulos.

Contudo, para esse processo acontecer é preciso remover rótulos, grampos e outros tipos de impurezas do plástico. “A viabilização da reciclagem mecânica pode ser feita por meio de reprocessamento por extrusão, injeção, termoformagem, moldagem por compressão, entre outros processos. Quando o reprocessamento é feito por extrusão, ele é composto por aglutinação (no caso de plásticos flexíveis), extrusão propriamente dita e granulação”. (CANDIAN, 2007).



Já a reciclagem secundária consiste em transformar resíduos poliméricos vindos de resíduos sólidos em polímeros, e estes polímeros podem ser misturados com outros ou não. O processo de reciclagem mecânica é acessível, com baixo custo de implantação, boa quantidade de polímero ao fim do processo, gera objetos duráveis e resistentes à erosão, entre outras vantagens e, por conta disso, é bastante utilizada no Brasil.

A reciclagem terciária, ou reciclagem química, é baseada em processos químicos, como por exemplo a pirólise, que são utilizados para trazer os plásticos novamente para a forma de resina, resultando em um óleo que pode ser utilizado de várias maneiras na indústria petroquímica. Essa forma de reciclagem é bastante utiliza-

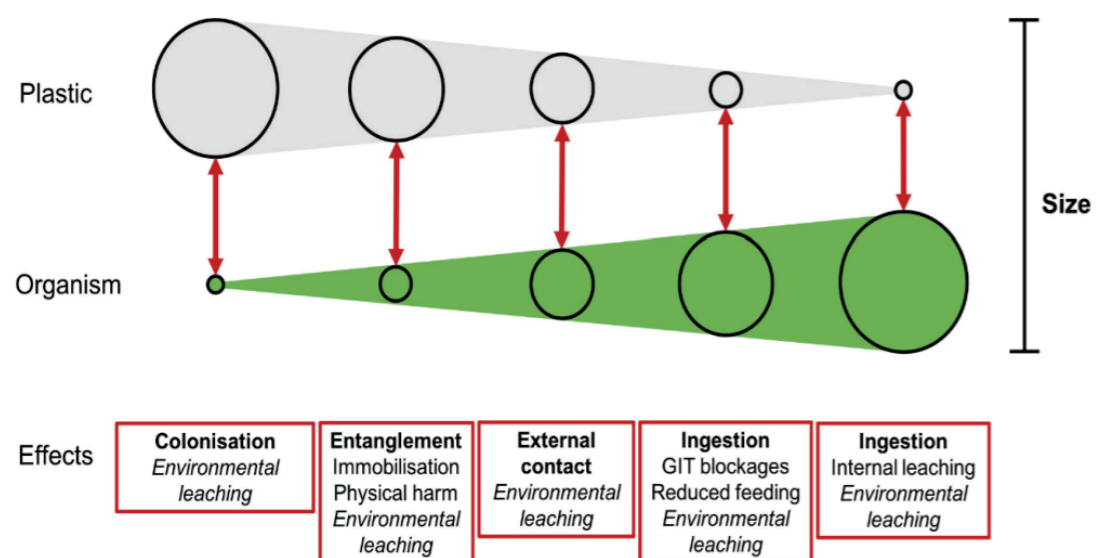
Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

da no resto do mundo, porém possui custos altos de implantação e utilização, por mais que crie a possibilidade de usar várias misturas diferentes de plástico.

Por fim, temos a reciclagem quaternária, a chamada reciclagem energética, que recupera energia térmica dos resíduos, pois estes podem ser ótimos combustíveis e liberam bastante calor quando expostos a altas temperaturas. Esse tipo de reciclagem é bastante caro para se instalar, além de exigir mão de obra qualificada. Contudo, é muito eficiente em reduzir o volume de resíduos.

Impacto Ambiental

Por ser um dos materiais mais utilizados do mundo, existe inevitavelmente uma grande quantidade de plástico sendo descartada de maneira incorreta. Os detritos plásticos são encontrados tanto na terra quanto nos mares, e por causa da alta gama de produtos que têm o polietileno como matéria prima, possuem as mais variadas origens. Cargas perdidas de navios, descarte indevido (intencional ou não) de embalagens e sacolas por parte do consumidor, falta de investimento em serviços adequados de descarte de lixo, entre outros, são situações comuns que contribuem para a degradação do meio ambiente pelo plástico.



Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

O polietileno descartado indevidamente acaba causando problemas como a contaminação de animais por ingestão de resíduos, o aumento de gastos governamentais com limpeza e restauração de praias e outros lugares públicos e prejuízos a destinos turísticos. Confira abaixo uma tabela que detalha os malefícios causados pelo contato entre plásticos a animais baseados em seus tamanhos.

Os efeitos podem ser de longo prazo também, como a liberação de gases do efeito estufa (ROYER, 2018) e o desenvolvimento de doenças em seres humanos causadas pela ingestão de partículas minúsculas de plásticos, partículas essas que são oriundas da separação do plástico em partículas menores por influência do vento, de ondas e de outras intempéries.

Os detritos de plástico são os que trazem mais problemas ao meio ambiente e também os mais presentes no mesmo, seguidos por vidro e metais (GALL e THOMPSON, 2015, apud MARTINS, 2020).

Referências

COUTINHO, Fernanda M. B.; MELLO, Ivana L.; MARIA, Luiz C. de Santa. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. 2003. 13 f. Monografia (Especialização) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/vzPmcF9tLYGRPvK67CnW-ij9S/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 23 ago. 2022.

TORRES, Amelia Angélica Ulloa. Envelhecimento físico químico de tubulações de polietileno de alta densidade empregadas em redes de distribuição de derivados de petróleo. 2007. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11035/11035_3.PDF. Acesso em: 23 ago. 2022.

RIO DE JANEIRO. ITR - UFFRJ. . Quais são os tipos de plástico? Todos são de fácil reciclagem? Disponível em: <https://itr.uffrj.br/determinacaoverde/quais-sao-os-tipos-de-plastico-todos-sao-de-facil-reciclagem/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

MATHEUS, João Paulo; MUNHOZ, Pedro Marcio. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DE FILMES DE Polietileno (PE): Estudo de caso sobre a alternativa do PE Verde. Santo André: Ufabc, 2017. Disponível em: https://nucleos.ufabc.edu.br/images/revalores/artigos/avaliacao_de_ciclo_de_vida_de_filmes_de.pdf. Acesso em: 24 ago. 2022.

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

Referências

USP - UNITED STATES PLASTIC CORP. What's the difference between LDPE, LLDPE, MDPE, HDPE, XLPE and UHMW sheeting? Disponível em: <https://www.usplastic.com/knowledgebase/article.aspx?contentkey=508>. Acesso em: 24 ago. 2022.

SILVEIRA, Mauro Ricardo da Silva. FUNCIONALIZAÇÃO DO POLIETILENO LINEAR DE BAIXA DENSIDADE PARA PROMOVER ADESÃO. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Ufrgs, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/76154/000877836.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 ago. 2022.

VASILE, Cornelia; PASCU, Mihaela. Practical Guide to Polyethylene. Shropshire: Rapra Technology, 2005. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=V9g2SPNV4AcC&pg=PA12&lpg=PA12&dq=ULDPE+production&source=bl&ots=ZrsqDOJD5m&sig=ACfU3U1nAwsFZM_k7t7b3xokiW1cna-2xGw&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjmzKL07Yj6AhU6pZUCHe6gACEQ6AF6BAgnEAM#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 25 ago. 2022.

BATISTA, Ricardo Alexandre. Obtenção do polietileno a partir de fontes renováveis. 2013. 84 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Industrial Química, Universidade de São Paulo, Lorena, 2013. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2013/MIQ13026.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2022.

BROCKETT, Daniel. How Plastic is made from Natural Gas. Disponível em: <https://extension.psu.edu/how-plastic-is-made-from-natural-gas#:~:text=Polyethylene%20resin%20can%20be%20transported,ship%20resins%20and%20liquid%20products..> Acesso em: 28 ago. 2022.

ACHILIAS, Dimitris S.; FRĄCZAK, Daria. Waste Material Recycling in the Circular Economy - Challenges and Developments. Londres: Intechopen, 2022. 336 p. Capítulo citado escrito por Daria Frączak. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/77881>. Acesso em: 28 ago. 2022.

ROYER, Sarah-Jeanne; FERRÓN, Sara; WILSON, Samuel T.; KARL, David M.. Production of methane and ethylene from plastic in the environment. 2018. 13 f. Monografia (Doutorado) - Ocean And Earth Science & Technology School, University Of Hawaii, Manoa, 2017. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0200574&type=printable>. Acesso em: 28 ago. 2022.

Avaliação do Ciclo de Vida Polietileno

Referências

FARIAS, Juliana X. N. de; SANSON, Francine K.; CALUMBY, Ricardo B. R.. POLIETILENO DE ULTRA ALTO PESO MOLECULAR (PEUAPM): PROPRIEDADES, PROCESSAMENTO E APLICAÇÕES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 9., 2007, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: Associação Brasileira de Polímeros, 2007. p. 1-10. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2007/PDF/687.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2022.

MARTINS, Marta Filipa Santos. Poluição por plástico, A crise ambiental e as políticas europeias e nacionais. 2020. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão do Território, Área de Especialização em Ambiente e Recursos Naturais, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020.