UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
***CAMPUS* ARAPIRACA**
QUÍMICA - LICENCIATURA

ANA KLARA SANTOS LIRA

EXPLORANDO AS GARRAFAS PET: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO NAS AULAS DE QUÍMICA

ARAPIRACA
2024

Ana Klara Santos Lira

Explorando as garrafas PET: uma proposta de sequência didática no Ensino médio nas aulas de química

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado ao curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Iara Terra de Oliveira

Coorientadora: Prof.ª Dr.ª Silvia Helena Cardoso

Arapiraca

2024

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Biblioteca Setorial *Campus* Arapiraca - BSCA

L768e Lira, Ana Klara Santos
Explorando as garrafas PET [recurso eletrônico]: uma proposta de sequência didática no Ensino médio nas aulas de química / Ana Klara Santos Lira. – Arapiraca, 2024.
52 f.: il.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Iara Terra de Oliveira.
Coorientadora: Prof.ª Dr.ª Sílvia Helena Cardoso.
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, Arapiraca, 2024.
Disponível em: Universidade Digital (UD) / RD- BSCA– UFAL (*Campus* Arapiraca).
Referências: f. 46-52.

1. Sequência didática. 2. Polímeros. 3. Ensino médio. 4. Politereftalato de Etileno (PET). I. Oliveira, Iara Terra de. II. Cardoso, Sílvia Helena. III. Título.

CDU 54

Bibliotecário responsável: Nestor Antonio Alves Junior
CRB-4 / 1557

Ana Klara Santos Lira

Explorando as garrafas PET: uma proposta de sequência didática no Ensino médio nas aulas de química

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca, como parte dos requisitos para obtenção do título de Graduação - Licenciatura em Química.

Data de aprovação: 23/02/2024.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
IARA TERRA DE OLIVEIRA
Data: 17/07/2024 18:18:23-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Iara Terra de Oliveira
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus Arapiraca
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente
SILVIA HELENA CARDOSO
Data: 19/07/2024 19:45:51-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Silvia Helena Cardoso
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus Arapiraca
(Coorientadora)

Documento assinado digitalmente
RENATO CANZIAN
Data: 01/08/2024 18:53:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Me. Renato Canzian
Colégio Divina Pastora
(Examinador)

Documento assinado digitalmente
DIOGENES MENESES DOS SANTOS
Data: 23/07/2024 09:45:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Diógenes Menezes dos Santos
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus Arapiraca
(Examinador)

Dedico este trabalho aos meus pais e meu esposo, que sempre me incentivaram durante a graduação e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui, até nos momentos mais difíceis

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante o Curso de Graduação com saúde e forças para chegar até o final.

Aos meus pais, José Denival e Ana Célia pela confiança no meu progresso, sacrifícios e apoio emocional. Aos meus irmãos Denivan e Kauê por estar ao meu lado e por me fazer ter confiança nas minhas decisões, mesmo nos dias mais turbulentos. Ao meu esposo Hartur Emanuel, e também meu melhor amigo, sempre presente nos melhores momentos da minha graduação e também nos mais difíceis, o mesmo que me motivou a cada período e quando me propus a desistir ele me incentivou a continuar, sempre com muito amor em suas palavras.

A minha orientadora Iara Terra, que apesar da intensa rotina acadêmica aceitou me orientar e trouxe valiosas contribuições para minha formação acadêmica. A minha coorientadora Silvia Helena, pela importância do seu trabalho docente no meu crescimento acadêmico e evolução em cada Projeto Integrador, que contribuiu de forma efetiva na conclusão desse último trabalho.

Ao meu amigo Adriano pelas trocas de ideias e todo apoio emocional nesse processo. Sua presença, vasta experiência e contribuições foram o ponto chave para conclusão desse trabalho. Por fim, a Universidade Federal de Alagoas e a todos os seus professores que me proporcionaram um ensino de qualidade.

RESUMO

Os polímeros são amplamente encontrados no cotidiano dos indivíduos. Presentes nas embalagens, artigos de decoração, equipamentos eletrônicos, automóveis, aviões, construção civil, saúde e agricultura. Dentre estes, o Poli(tereftalato de Etileno) - PET possui um destaque, por sua produção, degradação e descarte, que muitas vezes ocorre de forma inadequada. Com isso, buscar formas de inserir esse conteúdo em atividades educativas, contribui para a discussão desse tema, pertinente à contemporaneidade. Pois, possibilita aos alunos a integração das informações obtidas em sala de aula com as observações e práticas diárias. Dessa forma, o presente trabalho teve o objetivo de propor uma sequência didática a partir do PET para aulas de Química no ensino médio. Propõe-se a definição de polímeros e monômeros; reações de adição e condensação; principais aplicações dos polímeros; degradação, impactos ambientais, reúso e reciclagem. Posteriormente, pretende-se aplicar a metodologia em sala de aula e verificar a viabilidade da proposta. Pois as propostas didáticas elaboradas e implementadas promoveram a expansão de conhecimento dos alunos envolvidos e possuem um amplo potencial, no contexto do ensino das ciências, dadas as temáticas transversais em que se centraram. Ademais também se configuram como exemplos a serem usados na formação de professores, de modo a desenvolverem práticas que promovam explícita e intencionalmente os tipos de pensamento crítico e criativo.

Palavras-chave: sequência didática; polímeros; ensino médio; Politereftalato de Etileno (PET).

ABSTRACT

Polymers are widely found in individuals' daily lives. Present in packaging, decorative items, electronic equipment, automobiles, airplanes, construction, health and agriculture. Among these, Polyethylene terephthalate - PET stands out due to its production, degradation and disposal, which often occurs inappropriately. Therefore, looking for ways to insert this content into educational activities contributes to the discussion of this topic, relevant to contemporary times. It allows students to integrate information obtained in the classroom with daily observations and practices. Therefore, the present work aimed to propose a didactic sequence based on PET for Chemistry classes in high school. The definition of polymers and monomers is proposed; addition and condensation reactions; main applications of polymers; degradation, environmental impacts, reuse and recycling. They must be developed in six classes, starting with the presentation of the proposal and evaluation of the students' prior knowledge, culminating in the evaluation of the proposal together with the students. Subsequently, the intention is to apply the methodology in the classroom and verify the feasibility of the proposal. Because the didactic proposals developed and implemented promoted the expansion of knowledge of the students involved and have broad potential, in the context of science teaching, given the transversal themes on which they focused. Furthermore, they also serve as examples to be used in teacher training, in order to develop practices that explicitly and intentionally promote types of critical and creative thinking.

Keywords: didactic sequence; polymers; teaching-learning; Politereftalato de Etileno (PET).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....10
2.1 HISTÓRICO DO PET.....10
2.2 POLÍMEROS.....12
2.3 PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO PET.....16
2.4 RESÍDUOS PLÁSTICOS.....19
2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS.....20
2.6 DEGRADAÇÃO DE POLÍMEROS.....21
2.7 SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD).....22
2.8 ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: POLÍMEROS SINTÉTICOS.....26
3 OBJETIVOS.....29
3.1 OBJETIVO GERAL.....29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....29
4 METODOLOGIA.....30
4.1 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA.....30
4.1.1 Produção Inicial (objetivos).....30
4.1.2 Módulos da sequência.....30
4.1.3 Produção Final.....30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....32
5.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O POLIETILENO TEREFTALATO (PET)….32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....45
REFERÊNCIAS.....46

1 INTRODUÇÃO

Cientistas consideram a Química como a ciência central, pois há interação com outras áreas. Tal ciência é responsável por resolver problemas, além de traçar estratégias para a solução de muitas situações relacionadas ao meio ambiente, saúde e energia (Pereira, 2020).

No entanto, o ensino de química para os alunos e professores ainda é um desafio. Pois existem diversos fatores que contribuem para esse cenário, como a desmotivação, não contextualização, prática pedagógica desatualizada de alguns professores, obstáculos cognitivos e falta de significado com suas vivências. Esses aspectos causam desinteresse para os alunos, além da dificuldade que os conceitos podem apresentar, uma vez que o ensino ainda é voltado para a supervalorização dos conteúdos (Carvalho, 2022).

Assim, torna-se interessante elucidar um tema do componente curricular de química do ensino médio integrando temas contemporâneos de forma a traçar um caminho que auxilie o profissional a lecionar neste novo formato de aula integrativa, devido à falta de formações continuadas gratuitas para o docente que irá ministrar aulas segundo a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) a partir de 2022, em todas as escolas de ensino médio no Brasil (Feder; Max; Quintanilha, 2022).

Nesse contexto, destaca-se o composto Poli(tereftalato de Etileno), popularmente conhecido como PET, no qual foi patenteado em 1941. É tido como uma revolução para a Indústria Química e Comercial, especialmente no setor de bebidas. Isto se deve por suas propriedades mecânicas e térmicas, além do baixo custo de produção (Matos *et al.*, 2020).

O PET é caracterizado como um polímero sintético representado por monômeros de ácido tereftálico e etilenoglicol. Quimicamente, apresenta a fórmula geral $(CH_2\text{-}CH_2)n$. Além disso, é um termoplástico, ou seja, são constituídos por polímeros unidos por meio de interações intermoleculares, que resultam em estruturas lineares ou ramificadas. Esta categoria de plásticos, quando expostos a elevadas temperaturas, tornam-se um material viscoso e maleável (Passatore, 2013).

Normalmente apresenta aspecto rígido e transparente, de cristalização lenta e somente em uma faixa de temperatura (de 120°C a 220° C), com alto grau de cristalinidade (190° C), excelente resistência química e ao impacto,

impermeabilidade a gases, elevada resistência a pressão interna gerada por bebidas gaseificadas, ponto de fusão (265°C) e densidade que pode variar de 1,33 a 1,45 g cm^{-3} (Ferreira *et al.,* 2010).

Em virtude de sua considerável durabilidade, o PET se tornou um componente mundialmente utilizado para confeccionar diversos derivados plásticos, no entanto, o acúmulo desses plásticos na biosfera tornou-se uma preocupação global (Barradas *et al.*, 2021).

Utilizado em inúmeras áreas industriais, e em diversas aplicações, o PET se mostrou como um dos polímeros mais essenciais da história. Considerando a importância desse assunto que se mostra presente no nosso cotidiano, a proposta dessa Sequência Didática (SD) é adequada para gerar discussões, tais como: atualidades, ensino de química, economia e meio ambiente.

Diante do que está proposto na BNCC[1], a aula de polímeros e esse trabalho teve como base para seu desenvolvimento, a necessidade de se analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a sua adequação a diferentes aplicações (industriais, cotidiana, aplicadas à construção e tecnologia) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis (Balaguez, 2018).

A utilização de diferentes métodos e modelos de ensino parece ser uma estratégia eficaz e promissora, que visa atender às diferenças individuais nos estilos de aprendizagem dos alunos e na aplicação do conteúdo abordado (Taxini *et al.,* 2012).

Posto isso, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de SD sobre o PET, expondo desde a sua origem, área de química e aplicações. Se tornando um material de apoio para o professor utilizar em suas aulas sobre polímeros, especificamente sobre o PET.

1 A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO DO PET

O desenvolvimento das fibras químicas começou no século XIX, em 1930, quando o químico americano, Wallace Carothers (1896-1937), sintetizou o primeiro poliéster linear, para que isso fosse possível, o químico utilizou monômeros à base de propilenoglicol e cetamida (trimetileno glicol do ácido dicarboxílico hexadecametileno). Dessa forma, estas foram consideradas as primeiras fibras sintéticas, mas devido aos seus baixos (ponto de fusão e estabilidade em água), a qualidade do produto foi afetada, o que motivou muitos estudos nesta área (Romão; Spinacé; Paoli, 2009).

Assim, o PET foi descoberto em 1941, pelos químicos ingleses, John Rex Whinfield e James Tennant Dickson. Durante seu trabalho com etilenoglicol na empresa Calico Printer's Association, os químicos perceberam o surgimento de um material pegajoso que, quando estirado, dava origem a longas e resistentes fibras, essa resina termoplástica se tratava de um éster apto a formar cadeias poliméricas, sendo assim classificado como um polímero (Oliveira, 2020). Este, até hoje é o principal modelo de síntese empregado, descrito por meio da reação de esterificação do monoetilenoglicol com o ácido tereftálico (Silva, 2022).

Apesar do PET ter sido patenteado no mesmo ano de sua descoberta, inicialmente, sua utilização ocorreu durante a década de 1950 DuPont americana, sendo aplicado na indústria têxtil. Somente no início da década de 1970 é que o composto químico de característica polimérica começou a ser utilizado na fabricação de embalagens, surgindo a garrafa PET. E apenas quatro anos depois, o protótipo passou a ser utilizado na envase de refrigerantes (Silva, 2022).

Após esse grande marco da sua aplicação em embalagens, sua utilização no mercado industrial só aumentou. A partir da década de 90, o Politereftalato de etileno (PET) é o polímero muito presente no cotidiano, se destacando em: fibras têxteis (67%), embalagens processadas por injeção-sopro (24%), filmes biorientados (5%) e polímeros de engenharia (4%) (Romão; Spinacé; Paoli, 2009).

Com sua crescente expansão, o PET chegou ao Brasil em 1988, inicialmente sua aplicação também ocorreu na indústria têxtil. A partir de 1993 começou a ser utilizado na fabricação de recipientes de bebidas, uma vez que, em meados dos

anos 90 ocorreu a substituição das embalagens retornáveis de vidro pelas garrafas plásticas, devido ao seu baixo custo, praticidade e leveza (Univasf, 2019).

Dessa forma, sua principal aplicação no Brasil é na indústria de embalagens (71%), destes, o segmento da indústria alimentícia representa 32% do mercado, no qual, faz uso do PET, especialmente para bebidas carbonatadas (Romão; Spinacé; Paoli, 2009). Hoje, o Brasil é o terceiro maior produtor de garrafas PET do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e México. O país produz cerca de 550 mil toneladas de resina, garantindo o suprimento do mercado nacional nos mais variados segmentos de aplicação do material, desde embalagens de alimentos como refrigerantes, óleos, água mineral, de cosméticos, utensílios médicos, dentre outros (Silva, 2022).

Estima-se que a produção mundial de plástico em 2018, totalizou 359 milhões de toneladas, utilizada para uma diversa gama de finalidades. Além disso, aproximadamente mais de um terço da massa total de plásticos produzida ao redor do mundo é destinada à produção de embalagens. Lamentavelmente essas embalagens não são destinadas à reciclagem, que com o passar das décadas se decompondo gradualmente convertem-se em resíduos, sendo geralmente incinerados em locais credenciados e autorizados, quando realizados de forma segura (Rhodes, 2018).

Assim, há o acúmulo de resíduos plásticos de forma descontrolada e nociva ao meio ambiente, poluindo especialmente os recursos hídricos do planeta (Sul; Costa, 2014). Deve-se salientar que os problemas ambientais se ampliaram com esse significativo aumento no uso de embalagens PET.

É sabido que o PET é um dos polímeros mais resistentes à degradação natural (Pacheco *et al*., 2021). Por terem ciclo de vida curto, são rapidamente descartados, aumentando a quantidade de resíduos. Como tal, os resíduos plásticos estão a ser considerados um dos principais problemas globais da atualidade (Asdollah-Tabar *et al.*, 2021).

Assim surge a necessidade de direcionar a indústria à produção econômica mais sustentável e uma conscientização dos consumidores para que optem pela qualidade de produto associada à preservação ambiental. E assim, fazer com que o mercado se volte ao marketing ambiental, agregando valor aos seus produtos e marcas, tornando-os competitivos no mercado (Silva *et al.*, 2013).

Portanto, observa-se que nos últimos anos há uma maior preocupação referente à reciclagem de resíduos de polímeros sintéticos. Que além de ser uma opção de redução de custos de matéria-prima e energia, também assumiu a responsabilidade social e ambiental compartilhada, por meio de projetos de sustentabilidade das grandes empresas, transformando a reciclagem em um importante eixo na economia circular (Macedo *et al.,* 2020). Com isso deve-se entender primeiramente o que são polímeros.

2.2 POLÍMEROS

A palavra polímero vem do grego polumeres, que *significa* “ter muitas partes”. Dessa forma, os polímeros são moléculas grandes (macromoléculas). Tais moléculas são constituídas pela repetição de pequenas unidades químicas, os monômeros (do grego, “mono”, que significa um) através do processo chamado de polimerização. Salienta-se que o tipo de ligação nesse caso, é a covalente (Marques, 2009).

Considerando a grande variedade de polímeros, tornou-se imprescindível subdividi-los pela classificação da sua estrutura química. Esta refere-se ao tipo e ao número de monômeros que se apresenta, são elas:
1) Homopolímero apresenta-se quando há apenas um tipo de monômero constituinte na cadeia polimérica. 2) Copolímero são polímeros de adição resultantes da “soma” de monômeros diferentes. Esses monômeros apresentam estruturas variadas, pois podem ser de apenas dois, três ou mais tipos e pode haver também uma regularidade ou irregularidade da cadeia molecular (Canevarolo Júnior, 2002).

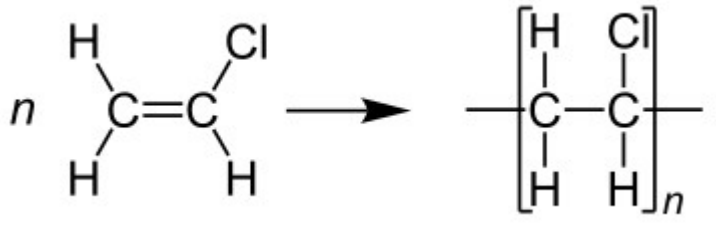
Referente à sua origem, temos os polímeros naturais, como: os polissacarídeos (celulose e amido) e proteínas. Os sintéticos, como por exemplo, PET, polipropileno (PP), o policloreto de vinila (PVC), o polietileno de alta densidade (PEAD), o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o polietileno linear de baixa densidade (PELBD) (Valt, 2004). Além da constituição, os polímeros também são classificados quanto ao seu método de obtenção/preparação.

Para a produção das garrafas, o PET é feito por meio da transesterificação da reação entre etileno glicol (MEG) e dimetil tereftalato (DMT), que libera metanol. O produto formado nesta transesterificação é o dihidroxetileno tereftalato (DHET). O PEBD é obtido pela polimerização do etileno em alta pressão e temperatura. O PP é

obtido pela polimerização do propileno sob condições controladas. E o PVC é obtido pela polimerização do cloreto de vinila em altas temperaturas. A introdução de modificadores permite suavizar a resina originalmente dura e pura. Desta forma, podem ser obtidos materiais com variedade de cores e maior flexibilidade (Blass, 2003).

A seguir observa-se ilustrações dos tipos de polímeros (figuras 1 a 3):

Figura 1 - Polímeros de Adição.

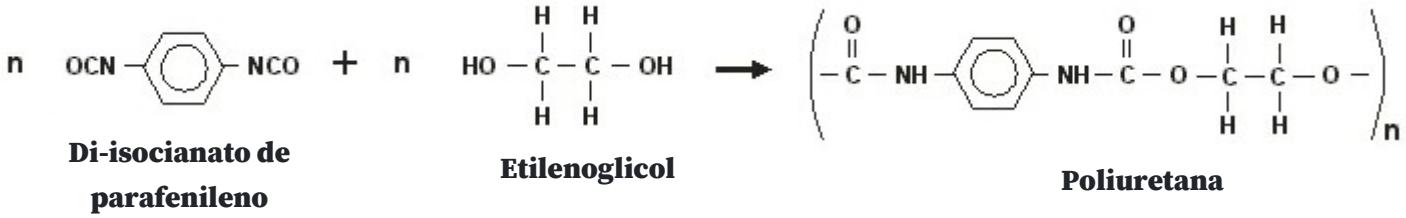


Polímeros de adição são aqueles formados por meio da quebra de ligações dos alcenos, por reações de adição.

Cloreto de Vinila **Policloreto de Vinila (PVC)**

Fonte: A autora (2024).

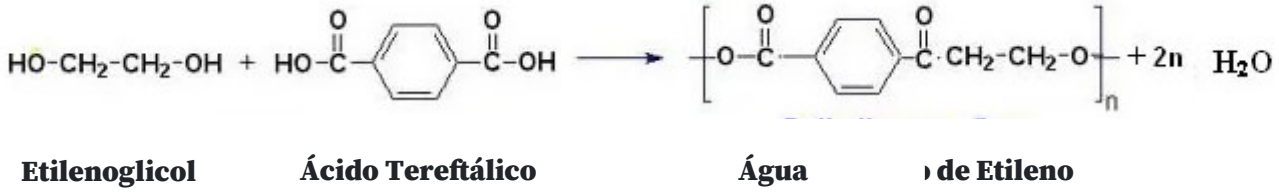
Figura 2 - Polímeros de Rearranjo.



Fonte: A autora (2024).

Os polímeros de rearranjo são aqueles formados por um ou mais monômeros que durante a sua polimerização sofrem rearranjo em suas estruturas.

Figura 3 - Polímeros de Condensação (PET).



Fonte: A autora (2024).

Os polímeros de condensação são aqueles obtidos por meio de reações entre monômeros (iguais ou diferentes), onde há a saída de uma molécula de uma substância, que é geralmente a água.

De forma geral, a polimerização de adição ocorre por meio da reação entre monômeros não apresentando formação de subprodutos. Ou seja, não há perda de massa na forma de compostos de baixa massa molar. Já a polimerização de condensação ocorre entre monômeros bifuncionais reativos e que durante a reação ocorre a eliminação de moléculas de baixa massa molar como H_2O, NH_3, HCl etc. E, por fim, polimerização por rearranjo de cadeia: acontece pela modificação de outro polímero por meio de reações como hidrólise, esterificação, entre outras (Nunes, 2014).

Referente ao comportamento mecânico temos os expostos no quadro 1:

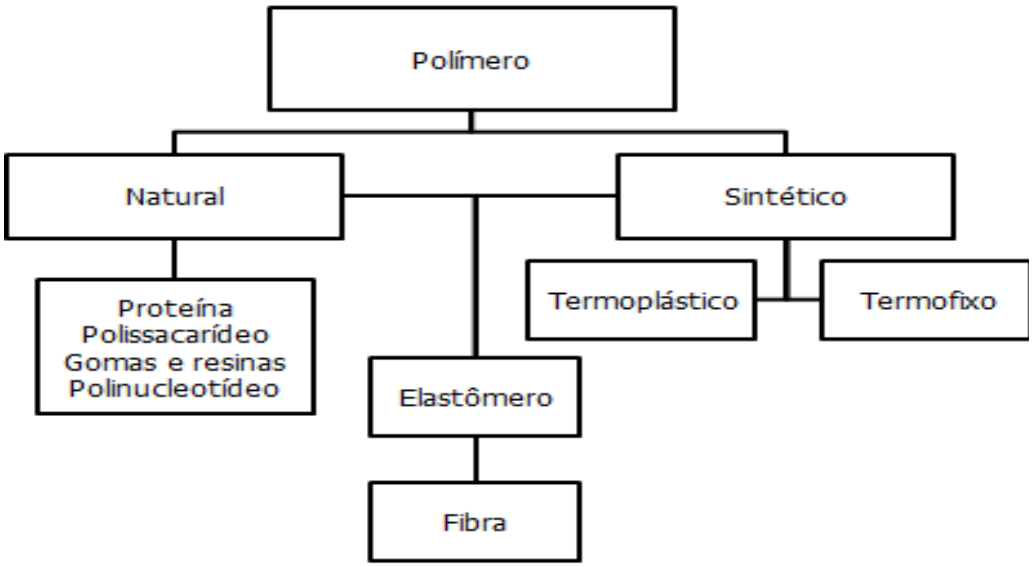
Quadro 1 - Comportamento mecânico de polímeros.

Elastômeros: Sua principal característica é sua elevada elasticidade.
Plásticos: Os plásticos são formados através da combinação de vários monômeros. Estes são subdivididos em dois tipos, os termorrígidos e os termoplásticos.
Fibras: são polímeros de carboidratos ou polímero de fenilpropano com dez ou mais unidades monoméricas. Podem ser classificadas de diversas formas, como solúveis ou insolúveis, A produção de fibras artificiais consiste na transformação química de matérias-primas naturais. No entanto, podem ser obtidas de formas artificiais e naturais.

Fonte: Adaptado de Candian (2007).

Na figura 4 abaixo pode-se verificar um fluxograma do polímero. É importante que seja tratado esse assunto para conhecer uma base da origem do PET.

Figura 4 - Fluxograma do polímero.



Fonte: Adaptado de Rosas; Castro (2018).

Como observado no fluxograma (Figura 4), os polímeros podem ser de origem natural ou sintética. Os plásticos são caracterizados como polímeros orgânicos sintéticos de alta massa molecular oriundos, especialmente, de hidrocarbonetos obtidos a partir de petróleo bruto e gás natural. Assim, os polímeros podem dividir-se em termoplásticos, termorrígidos e elastómeros, conhecidos popularmente como borrachas (Rhodes, 2018).

Os termoplásticos constituem a maior parte dos polímeros comerciais. Sua principal característica é sua capacidade de ser fundido diversas vezes. Além disso, dependendo do tipo de plástico também podem dissolver-se em vários solventes. Sendo assim, sua reciclagem é possível. Ademais, suas propriedades mecânicas variam conforme o plástico: sob temperatura ambiente, podem ser maleáveis, rígidos ou frágeis (Marques, 2009).

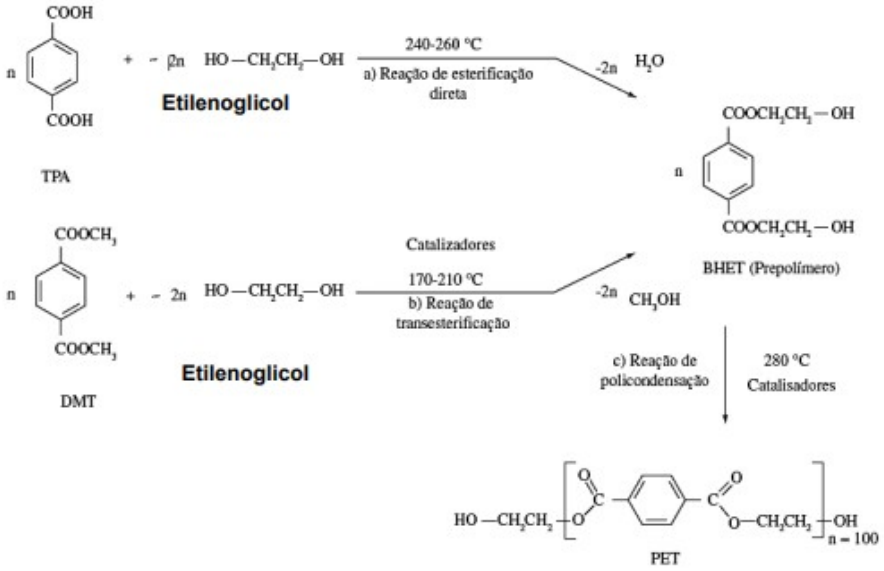
Os termorrígidos são caracterizados como rígidos e frágeis, além disso, são estáveis a variações de temperatura. E o aquecimento do polímero finalizado a altas temperaturas promove a decomposição do material antes de sua fusão. Logo, sua reciclagem não é simples. Já os elastómeros, popularmente conhecidos como borrachas, são a classe intermediária entre os termoplásticos e os termorrígidos e apresentam elasticidade. No entanto, salienta-se que como os termorrígidos, o processo de reciclagem é delicado devido à incapacidade de fusão (Marques, 2009).

No que tange especificamente o processo de síntese do PET, a sua produção em escala industrial, pode ser realizada em duas ou três etapas, variando conforme sua aplicação. Como descrito por Romão, Spinacé e Paoli (2009) a primeira é a pré-polimerização, a policondensação e por fim, a polimerização no estado sólido.

2.3 PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO PET

A primeira etapa chamada pré-polimerização envolve a produção do oligômero BHET (tereftalato de 2-hidroxietileno). Portanto, o poliéster pode ser obtido de duas maneiras diferentes. Esta é uma esterificação direta ou transesterificação. A primeira é a esterificação direta, que é feita pela reação do ácido tereftálico (TPA) com etilenoglicol (EG). Porém, nas reações de esterificação, os monômeros do ácido tereftálico são substituídos pelo éster dimetileno tereftalato (DMT) (Romão; Spinacé; Paoli, 2009).

Figura 5 - Esquema de síntese do PET.



Fonte: Adaptado de Romão; Spinacé; Paoli (2009).

Deve-se notar que devido ao método de purificação do monômero TPA, o processo de esterificação direta é preferido na produção de PET industrial. O TPA é produzido pela oxidação do p-xileno com ácido acético (Awaja; Pavel, 2005).

A proporção molar de TPA:EG é 1:1,5-3 e a temperatura de reação varia de 2,0 a 260°C. O uso de baixas proporções de monômeros e altas temperaturas é fundamental para alcançar a excelente solubilidade de monômeros de TPA em EG

em comparação com métodos de transesterificação de troca (Kemkes, 1970; Samanta; Ng, 1999).

Dessa forma, a esterificação do monoetilenoglicol com o ácido tereftálico tornou-se a principal rota de produção do PET. A esterificação produz a água como subproduto e um único monômero, o bis-hidroxietil tereftalato (BHET). Observa-se que esta mistura original é uma pasta, devido à solubilidade limitada do ácido no glicol, dessa forma, somente quando o BHET é formado, o ácido pode se dissolver completamente e a mistura se torna homogênea (Silva, 2023).

Em uma rota sintética paralela e partindo-se do éster DMT pode-se obter o BEHT. Neste caso para a reação de esterificação, o reator foi preenchido com DMT:EG com proporção de mola de 1:2,1 a 2,3 e temperatura do catalisador de 170 a 210°C (Awaja, Pavel, 2005). Durante a reação, o metanol liberado é recolhido em um recipiente para que a extensão da reação possa ser estimada. Portanto, após a destilação do metanol ser concluída, a reação é considerada completa, obtendo-se assim BHET com grau de polimerização entre 25 e 30. Este método é preferido porque o monômero DMT tem grau de polimerização superior de pureza (Bang; Kotic; Tonelli, 2006).

Assim, em condição de alto vácuo, a policondensação em fase líquida do material é processada. Durante esse período, o monoetilenoglicol é eliminado gerando o aumento da viscosidade intrínseca do composto. Posteriormente, o polímero é removido do polimerizador, filtrado, resfriado, solidificado, cortado e cristalizado, ou seja, pós-condensado (Silva, 2023).

Ressalta-se que para alguns produtos essas duas etapas de síntese (pré-polimerização e policondensação) são suficientes, como é o caso das fibras têxteis. Porém, o material PET utilizado na garrafa requer outra etapa sintética, nomeadamente a polimerização em estado sólido (Romão; Spinacé; Paoli, 2009).

Portanto, tipos de PET de maior viscosidade são usados em aplicações de garrafas e/ou linhas de produção técnica. Eles são normalmente produzidos por policondensação adicional e processamento de estado sólido (SSP), sob vácuo ou atmosfera de gás inerte. A polimerização no estado sólido é realizada entre 220 a 230°C (temperatura de transição vítrea para temperatura de fusão) com duração de 10 a 30 horas. É responsável pela produção de PET de alta massa (até 30.000 g mol^{-1}) adequado para envase de refrigerantes. Neste processo é importante

aumentar a cristalinidade do material em pouco tempo sob alto vácuo (Macedo *et al*., 2020; Romão; Spinacé; Paoli, 2009).

Como mencionado, a produção industrial do PET pode ocorrer tanto pela via da esterificação do ácido tereftálico purificado (PTA) com o monoetilenoglicol (MEG) ou por meio da rota química de transesterificação do dimetil tereftalato (DMT) com o MEG. No entanto, destaca-se que, devido à produção de subprodutos de alto risco, como o metanol, produzidos durante o processo de transesterificação tem-se optado pela via química de esterificação (Silva, 2023).

Quando se trata de aditivos, os polímeros mais comuns são encontrados plastificantes, estabilizadores de calor, bloqueadores de UV e antioxidantes. Os pesquisadores quantificaram, em alguns casos, a presença desses aditivos no PET alimentar. Contudo, os autores afirmaram que o PET é um material livre de aditivos (Coltro *et al*., 2004; Kim *et al.,* 1990; Monteiro *et al.,* 1996).

Em relação aos catalisadores, diversos compostos inorgânicos são utilizados na produção de PET em ambas as rotas sintéticas (Karayannidis *et al.,* 2003). Dentre esses catalisadores, o óxido de antimônio (Sb_2O_3) é o mais utilizado devido à sua estabilidade química, à cor do produto e ao baixo custo na presença de estabilizantes à base de fósforo. Outro óxido também muito utilizado é o óxido de germânio (GeO_2), que possui atividade catalítica superior ao antimônio, mas seu alto custo econômico impossibilita sua transferência em larga escala na produção comercial de PET (Romão; Spinacé; Paoli, 2009).

À medida que ocorreu o aumento da produção de PET, houve também a preocupação dos pesquisadores em relação ao estudo de seus catalisadores. Com isso, observou-se que foram encontrados resíduos de antimônio em algumas embalagens de alimentos no Brasil, colocando em risco a saúde dos consumidores. Portanto, são necessárias alternativas viáveis à produção de PET (Finelli *et al*., 2004).

Por esta razão, os catalisadores à base de titânio foram desenvolvidos para serem mais ativos do que os tradicionalmente utilizados. À medida que melhorou, observamos algumas propriedades interessantes, como transparência, reações mais rápidas, maior atividade catalítica, melhor coloração e, o mais importante, menores quantidades de catalisador por kg de matéria-prima (250 a 300 $\mu g\ kg^{-1}$ para catalisadores à base de antimônio). O catalisador de titânio foi utilizado em

quantidades variando de 10 a 30 *µg kg*-^{1}) (Finelli *et al*., 2004; Karayannidis *et al*., 2003).

2.4 RESÍDUOS PLÁSTICOS

Com o aumento crescente no consumo, também houve uma demanda considerável pela produção de embalagens no Brasil. O consumo desenfreado aliado ao descarte inapropriado desses resíduos, coopera para a depleção de aterros e lixões. Além disso, há diversos impactos diretos e indiretos no ecossistema, o que desperta o afligimento ambiental e territorial (MMA, 2020).

Estima-se que cerca de 50% do resíduo gerado no Brasil vem especialmente da região Sudeste, seguido pelo Sul, Nordeste, Centro-Oeste e por fim, Norte. Observa-se ainda, que a maior parte dos resíduos são de origem doméstica (53,3%) e pós-industrial (28,4%), sendo o PET o polímero mais recorrente (Macedo *et al*., 2020).

No ano de 2018, foram produzidas aproximadamente 3,4 milhões de toneladas de embalagens plásticas pós consumo. Destes, 991 mil toneladas foram destinadas à coleta seletiva, as cooperativas, os centros de triagem e/ou os sucateiros. A quantidade total de resíduos plásticos pós-consumo reciclados mecanicamente equivale a 757 mil toneladas. No entanto, 234 mil toneladas ainda se perdem no processo de reciclagem e são despejadas em aterros sanitários (Abiplast, 2018).

Destaca-se que 43,3% dos resíduos são transformados em PET, e normalmente este plástico reciclado é utilizado na indústria de higiene pessoal, limpeza doméstica, construção civil e bebidas. Atualmente, a indústria têxtil possui 38% desse resíduo, 24% vão à indústria de resinas insaturadas e alquídicas, 18% são destinadas à indústria de embalagens, 18% para as indústrias de fitas de arquear, laminados e chapas e 2% desses resíduos. Nas indústrias de resinas recicladas, apenas o PET tem regulamentação vigente para ser usado em contato com alimentos, validada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Macedo *et al*., 2020).

Dessa forma, devido ao volume de resíduos pela população faz-se necessária à sua coleta seletiva para que sejam reciclados e retornem à cadeia produtiva. Isso é primordial quando se trata do PET, pois é o único polímero que pode ser

integralmente reciclado, porém há diversos percalços que causam perdas destes polímeros devido à poluição da sucata plástica por substâncias indesejáveis, através de uma triagem desqualificada. Assim, 159 mil toneladas de resíduos plásticos se perdem no processo de reciclagem, e destes, estima-se que mais de 50% são de PET (Picplat, 2019).

2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS

A geração de lixo remete a responsabilidades que devem ser compartilhadas entre os indivíduos enquanto sociedade, o poder público, bem como a iniciativa privada responsável por uma quantidade considerável de resíduos. Dessa forma, quando os resíduos sólidos não recebem destino adequado podem ser a causa de diversos problemas ambientais, desde a perda de biodiversidade ecológica até a contaminação hídrica, favorecendo assoreamento, enchentes, além da proliferação de vetores transmissores de doenças (Medeiros, 2011).

Nesse contexto, os plásticos se destacam uma vez que são materiais poluentes e possuem lenta degradação. Ademais, o Brasil é responsável por cerca de 2% da produção mundial de plásticos e os segmentos que mais utilizam são a construção civil e a indústria de alimentos e bebidas, ambas com 16% cada, seguidos pelo setor de automóveis e autopeças 15% (Koschevic; Bittencourt, 2016).

É importante ressaltar que a quantidade de resíduos plásticos gerados vem aumentando ao passar do tempo. Em 2018 houve um volume de 3,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos, sendo 18% de PET. Com isso, observou-se que após o consumo as garrafas preservaram algumas propriedades, tornando-as viáveis para reutilização como matéria prima (Purohit *et al*., 2012; Lòpez *et al*., 2014).

Visando a diminuição dos impactos causados por este material, há diversas pesquisas na área de reciclagem (Almeida, *et al*., 2013; Lacerda, 2019; Silva; Andrade, 2022), produção de compósitos (Ramirez, *et al.,* 2010; Rodrigues, 2021; Silva, 2022;), biodegradação (Barradas *et al*., 2021). A fim de buscar novas formas para minimizar os impactos ambientais causados por estes materiais quando dispostos inadequadamente.

O processo de reciclagem e de reaproveitamento de recursos materiais diminuem a velocidade com que ocorre a depleção de recursos não renováveis e reduzindo o impacto causado no ambiente. Uma vez que, os polímeros tendem a demorar séculos para se degradar no ambiente e ocupam uma grande parte dos

aterros sanitários, aspecto que interfere negativamente quanto a estabilização biológica ou compostagem. Ademais, este material sofre degradação através da exposição ao ambiente, por meio da radiação de alta energia, como a da luz ultravioleta (Koschevic; Bittencourt, 2016).

Em 2015 foram reciclados 51% do total de embalagens em PET produzidas (ABIPET, 2016). Com o passar do tempo, a quantidade de material reciclado cresceu, em 2018, 11% do total de resíduos de plástico foram reciclados em relação ao ano anterior. Este é um aspecto interessante, pois demonstra que as ações de entidades de toda a cadeia de reciclagem por meio das ações de fomento têm tido um crescimento. Uma vez que as ações de logística reversa e de unificação de algumas empresas. Assim, a própria indústria está tentando minimizar os danos causados, se capacitando a fim de evitar o descarte irregular desses materiais no meio ambiente, possibilitando a ampliação de uso desses resíduos (Silva; Lins; Corring, 2019).

No que se refere à quantidade de plásticos reciclados pós-consumo em 2018, obteve-se cerca de 757 mil toneladas, no qual, o PET representou 43% deste volume. No entanto, os plásticos utilizados na engenharia representaram 7%, uma das razões diz respeito à quantidade de material produzido, que atende a um segmento específico, além de notadamente serem plásticos de vida útil curta, composto principalmente por sacolas, sacos de lixo e mangueiras. No entanto, o que outrora era utilizado muito especificamente, hoje é encontrado em diversos segmentos, sendo necessária medidas para aumentar a utilização de materiais reciclados para tais fins. Além disso, processos como a degradação também afetam a utilização desses materiais (Silva; Lins; Corring, 2019).

Os polímeros de um modo geral são considerados inimigos ambientais, devido sua baixa degradabilidade, é necessário entender sobre, para que possam ser desenvolvidas ações e conscientização sobre os danos ambientais que podem ser causados com seu descarte incorreto.

2.6 DEGRADAÇÃO DE POLÍMEROS

A degradação é caracterizada como qualquer reação química, que leve a cisão das cadeias poliméricas e altera a qualidade do material. Esta pode ser causada por diversos agentes, físicos e químicos, nos quais, promovem a alteração

da estrutura de forma irreversível. Processos térmicos, fotoquímicos, mecânicos, de radiação de alta energia química. A degradação resultante de reações químicas pode ser intramolecular ou intermolecular, tais como a despolimerização, oxidação, reticulação ou cisão de ligações químicas. Essas deteriorações são observadas a nível macro, quanto pelo aspecto microscópico (Brandalise, 2008; Paoli, 2008).

Dessa forma, observa-se que os mecanismos e a cinética de degradação do PET são afetados pela presença e pelo tipo de monômeros. A degradação está associada às mudanças em suas propriedades estruturais, oriundas por meio de reações químicas de cisão de ligações da cadeia principal da macromolécula. As reações são desencadeadas pela presença de resíduos catalíticos, grupos funcionais, pigmentos, insaturações, temperatura, presença de água, oxigênio, luz, cisalhamento, que a conduzem a uma degradação mecânica, térmica ou química (Mano; Pacheco; Bonelli, 2005).

Portanto, a decomposição é uma ferramenta no processo de reciclagem porque afeta as propriedades finais do produto reciclado. A degradação termodinâmica ocorre quando os polímeros são aquecidos (270-370°C) e cisalhados (Romão; Spinacé; Paoli, 2009). A decomposição térmica ocorre devido à perda de grupos terminais hidroxila e fenila, formando compostos de baixo peso molecular, como o acetaldeído (Samperi *et al.*, 2004).

Ademais, uma forma bem interessante e que se destaca é a degradação enzimática PETase de Ideonalla sakaiensis (Is PETase). Observou-se que a bactéria até o momento é o organismo que tem a maior atividade de degradação de PET sob condições suaves, se comparada às demais enzimas degradadoras do polímero. No entanto, sua baixa estabilidade térmica limita sua capacidade de degradação enzimática eficiente e prática de PET. Com isso, por meio da engenharia de proteínas utilizou-se diversas variantes da Is PETase que foram testadas quanto à alta estabilidade térmica para melhorar a atividade de degradação do PET. Isto contribui positivamente e representa um avanço importante para alcançar a biodegradação completa do PET em condições amenas (Son *et al.,* 2019).

2.7 SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD)

É necessário refletir a respeito das metodologias e técnicas que são aplicadas em sala de aula para o ensino, uma vez que, conforme Sasseron (2013) preconiza,

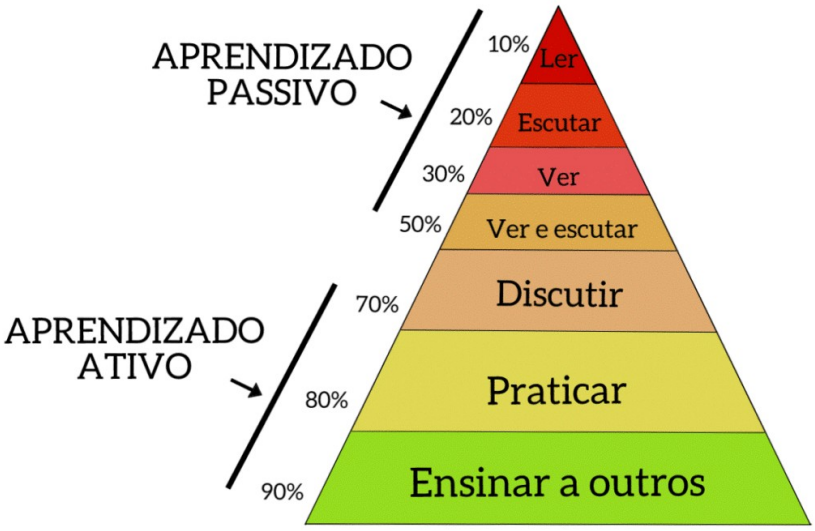
que devemos refletir não somente sobre os assuntos que serão abordados durante as aulas, mas também sobre a maneira como serão abordados. É necessário ter precaução ao considerar as estratégias, no entanto, não devemos negligenciar o conteúdo em sala de aula.

O conceito de SD possui uma vasta de opinião e métodos de aplicações no campo acadêmico com diferentes perspectivas epistemológicas. De acordo com Zabala (1998), as SD são uma série de atividades organizadas, estruturadas e interconectadas com o objetivo de alcançar alguns objetivos educacionais cujo começo e fim são conhecidos tanto pelos professores quanto pelos alunos.

Importante esclarecer que a elaboração de uma SD presumi planejamento, execução e avaliação, sendo planejados de forma a viabilizar a consecução dos objetivos (Zabala, 2015; Moreira, 2015; Gondim, 2016). Quanto aos recursos didáticos, o estudo de Zabala (1998) sugere a diversificação entre eles com o intuito de estabelecer uma conexão entre professor e aluno, bem como entre os próprios alunos, criando um ambiente propício para o aprendizado.

Neste contexto, o professor é o facilitador no desenvolvimento de uma SD, pois passa a ser o desenvolvedor de hipóteses para novas interações entre os alunos e o conhecimento. Sabe-se que na pirâmide da aprendizagem de Glasser (figura 6), que utiliza a Teoria da Escolha, que trata a respeito da forma como melhor se aprende. Nesse caso, o professor não deve ser um chefe e sim um guia. Para um aprendizado efetivo, a chave não está na memorização e sim na participação e na prática, essa é sua real função, facilitador do conhecimento.

Figura 6 - Pirâmide da aprendizagem de Glasser.



Fonte: Silva; Muzardo (2018).

A função do professor começa desde o momento em que ocorre o planejamento até a fase de avaliação do processo de aprendizagem, onde são estabelecidos os propósitos do ensino, as atividades pedagógicas e os métodos de avaliação. Nesta perspectiva, Carvalho e Perez (2001), afirmam que é necessário que os professores se interessem em construir atividades inovadoras que instiguem os alunos a compreensão dos conteúdos, nos seus conceitos, habilidades e posicionamentos. Para que isto seja possível, é necessário orientar o trabalho dos alunos para que eles realmente atinjam os objetivos propostos.

E assim, as SD são uma ferramenta de suporte para as aulas, facilitando o processo de aprendizagem. Elas são planejadas para ensinar o conteúdo escolhido em etapas, sendo ordenadas de acordo com os objetivos propostos. Envolvem o período de atividades e a sua avaliação, isto permite que o professor possa intervir nas atividades elaboradas, propor mudanças ou novas atividades no decorrer do processo, a fim de aperfeiçoar a aula e torná-la facilitadora no processo da aprendizagem (Maroquio, 2021).

Um princípio estabelecido pela metodologia SD é o foco na investigação, levando ao aluno elaborar muitas das vezes seus próprios métodos de resolução. Sabe-se da importância de envolver a química no cotidiano dos alunos, isso facilita a compreensão e estabelece uma ligação entre o conceito e prática. Maroquio (2021) esclarece sobre o uso da SD como recurso pedagógico:

> Nesse sentido, o uso da sequência didática, como recurso pedagógico, permite um novo olhar sobre a organização curricular, com ênfase no ensino pautado em investigação, por meio de condições reais do cotidiano, partindo de problematizações que levem o aluno a conferir o seu conhecimento prévio com o conhecimento apresentado no espaço de aprendizagem, levando-o a se apropriar de novos significados, novos métodos de investigação e a produzir novos produtos e processos (Maroquio, 2021, p. 4).

As pesquisas em que os alunos do Ensino Médio apresentam baixos níveis de aprendizado evidenciados nas avaliações feitas internamente pela escola e seus professores. Assim como, nas externas, feitas por programas de avaliações mantidos pelo Ministério da Educação (MEC). As limitações dos alunos ocorrem principalmente pelas dificuldades de abstração de conceitos, elaboração e compreensão de modelos científicos. Tudo isso reflete na formação dos alunos, seja do ensino superior ou educação básica (Bego *et al.*, 2019).

O estudo de Lima Sobrinho *et al.* (2022) utilizou um jogo da roleta como facilitador do processo de ensino e aprendizagem de polímeros e obteve resultados positivos, uma vez que, foi facilmente aceita pelos alunos, por ser uma aula dinâmica e diferente dos métodos utilizados no cotidiano escolar. Os resultados demonstram que houve entendimento dos alunos em relação ao conteúdo dos polímeros, e observou-se um desempenho melhor em relação ao rendimento das outras atividades. Com isso, evidenciou-se que os jogos lúdicos são um instrumento interessante para o desenvolvimento da aprendizagem.

Este trabalho corrobora com o estudo de Carvalho e Pereira Neto (2022), que propôs um SD para o estudo dos polímeros. No entanto, o trabalho aborda especificamente a apresentação dos conceitos, a diferença entre os polímeros naturais e sintéticos e a descrição dos mecanismos de obtenção dos polímeros. Em contrapartida, este estudo propõe além do estudo dos polímeros de forma geral, a ênfase no PET, bem como tratar além da descrição de obtenção, acerca de sua degradação e meios de reciclagem para o produto.

Silva (2016), destaca que a SD é uma poderosa ferramenta, especialmente quando aliada ao conteúdo do livro didático, pois esta incentiva o aluno no aprendizado das atividades praticadas na sala de aula, sendo essenciais para o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem. Já o estudo de Mazeti (2017) pontua que a SD foi desenvolvida para atender a maior parte das realidades escolares das redes pública e privada em um modelo flexível e prático, tornando-o

utilizável em qualquer situação de aprendizagem. Uma vez que a diversidade de metodologias presentes favorece a participação dos estudantes e resulta em aulas mais produtivas e prazerosas.

Vidrick, Almeida e Malheiros (2020) concluíram em sua proposta de SD que os alunos são mais ativos, abertos a novas experiências, comprometidos com a própria aprendizagem e conscientes da necessidade de realizar pesquisas na escola. Essa proposta é responsável por ampliar as possibilidades de compreensão dos conceitos ensinados, numa perspectiva de construção de conhecimento. Os resultados mostram que a metodologia escolhida possibilita aos alunos refletir, argumentar e buscar soluções, contribuindo para a construção do conhecimento e abertura para novas experiências, levando a uma aprendizagem significativa.

2.8 ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: POLÍMEROS SINTÉTICOS

A BNCC é o documento educacional homologado (Brasil, 2018). Seu principal objetivo é a garantia aos alunos da educação básica, de todas as redes educacionais, utilizando diversas abordagens metodológicas, a possibilidade de aprender e desenvolver habilidades e adquirir conhecimento que são essenciais para analisar, compreender e propor melhorias aos processos relativos ao mundo socioambiental.

Dentre os conteúdos abordados nessa trajetória tem-se os polímeros, inserido entre os assuntos trabalhados no 3º ano do Ensino Médio, dentre os conteúdos programáticos como funções orgânicas, isomeria, estrutura e propriedades dos compostos. No entanto, para que o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo polímeros seja de fato efetivo, essa temática deve ser abordada de forma sólida e interdisciplinar (Carvalho, 2022).

Como pode ser observado, os polímeros possuem grande relevância para a sociedade, fato que justifica sua inclusão nos currículos escolares de química da educação básica. As diretrizes devidas para o ensino, tanto nas redes públicas, quanto privadas, são elencadas pela BNCC, documento previsto na Constituição Federal e na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) (Brasil, 1996).

Dentre as orientações inseridas na BNCC tem-se que as disciplinas química, física e biologia integram a grande área das Ciências da Natureza e suas

Tecnologias. Porém, apesar de se relacionarem, a apresentação de seus conteúdos é realizada de forma isolada. Ademais, até mesmo a disciplina isolada é particionada em diferentes áreas, como química geral, química inorgânica, físico-química e química orgânica (Brasil, 2021).

Salienta-se ainda, que no ensino de química presente na educação básica persiste as práticas tradicionais, priorizando conceitos, fórmulas e representações de estruturas que devem ser memorizadas. Esse aspecto proporciona aos estudantes a ideia de que o conteúdo da disciplina é robusto, inaplicável no dia a dia e dessa forma, de certa forma, visto como ineficaz (Santos; Ribeiro, Souza, 2018).

No entanto, nota-se que entre os aspectos limitantes apontados pelos estudantes, encontra-se o extenso currículo da disciplina, pois os professores devem ministrar uma grande quantidade de conteúdo. No entanto, a baixa carga horária da disciplina, bem como o período curto da hora aula impõe explicações sucintas e os alunos resumem a disciplina apenas ao ato de memorizar (Oliveira; Recena, 2014).

Com isso, muitas vezes os alunos se questionam o motivo de se estudar conceitos e fórmulas químicas. Nota-se que em seu cotidiano, encontram dificuldade em compreender os termos técnicos e de fazer sua correlação com atividades diárias (Wartha; Jesus; Guzzi Filho, 2012).

O ensino de ciências muitas vezes é abstrato, e assim, sua análise deve ser conduzida levando em consideração as representações científicas em três níveis: submicroscópico, macroscópico e simbólico. O primeiro nível, pode ser exemplificado pelo rearranjo de moléculas de átomos. O segundo nível, diz respeito aos processos visíveis, nesse caso, são os aspectos observáveis a olho nu da química. O terceiro nível pode ser representado por substâncias que utilizam modelos científicos, fórmulas (Locatelli; Arroio, 2017; Alioto; Calefi; Reis, 2017).

Salienta-se que a conexão entre os três níveis é desafiadora, exige recursos que nem todas as escolas possuem (Locatelli; Arroio, 2017). No que tange especificamente os polímeros, é considerado um conteúdo abrangente em todos os níveis. E quando é possível trabalhar o conteúdo em um desses níveis no ambiente escolar há a potencialização do processo de ensino-aprendizagem, sendo uma importante ferramenta de aperfeiçoamento para os professores.

Ademais, de acordo com a LDB, o ensino médio tem a finalidade de possibilitar a compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos dos processos

produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada uma de suas disciplinas (Art. 35; IV). Uma vez que, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), e os conhecimentos adquiridos nas disciplinas, nesse caso, a de ciências devem auxiliar no desenvolvimento de uma visão articulada e menos fragmentada do mundo (Brasil, 1996).

Dessa forma, ferramentas como as SD se tornam interessantes, pois, além de serem formas lúdicas de ensinar, possuem uma sequência lógica que possibilita trabalhar o tema amplamente, contando com a participação ativa dos alunos em todo o processo.

Considerando a importância do conhecimento acumulado até o momento em relação ao PET, o qual se passa pela produção, uso sustentável desse material e faz parte da nossa vida em sociedade, na próxima seção apresentaremos os objetivos deste trabalho.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

A partir do tema polímeros, em especial sobre o PET: propor uma SD para aulas de Química no Ensino Médio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o PET;
- Construir um cronograma para o uso da SD teórico-prática no ensino médio;
- Sugerir exemplos de materiais didáticos a serem consultados na aplicação da SD;

4 METODOLOGIA

Neste trabalho, a proposta de sequência durante o primeiro momento, preconiza que o aluno conheça a descoberta do PET. Logo após, irá estudar sua composição química, conhecer outras questões relacionadas ao polímero de caráter essencial para a sociedade. Como por exemplo, a importância das indústrias químicas e impactos ambientais. Durante a construção da SD é importante ressaltar seus principais tópicos (André, 2018).

4.1 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

Os alunos devem entender toda a proposta, desde o tema até o método de avaliação e o que o professor espera desenvolver durante esse trabalho. É papel do docente, justificar todas as escolhas e expor para os alunos, evitando assim que haja dúvidas ou impactos no aprendizado.

4.1.1 Produção Inicial (objetivos)

Momento da troca de ideias com os alunos para uma possível adequação na sua SD, importante ouvi-los e entender qual sua bagagem e suas necessidades de aprendizado além do que estava planejado, verificar suas expectativas e possíveis dúvidas do processo. Após esse momento, o professor desenvolverá um diagnóstico da situação atual da classe, sendo mais fácil para determinar seu objetivo e avaliação.

4.1.2 Módulos da sequência

Nesse passo encontra-se a parte prática da SD, ela consiste em apresentar e desenvolver as atividades, pesquisas e os exercícios em geral. Considerando que a SD é um projeto para inovar as aulas e criar um roteiro didático, é necessário que todas as atividades sejam dinâmicas, atrativas e siga uma sequência lógica baseada nos objetivos previamente definidos.

4.1.3 Produção Final

Necessário colher os depoimentos e analisar a eficácia da sequência desenvolvida através de comparações dos trabalhos realizados pré e pós a

aplicação da SD. Durante essa etapa é importante verificar se todos os pontos foram concluídos e se o roteiro seguiu como o planejado para realização da avaliação final.

Um dos pontos principais da SD é que pode ser uma estratégia que detalhe um roteiro para ministrar o assunto. A SD por sua vez tem a intenção de facilitar e esclarecer pontos desde a origem/ história do item trabalhado até sua ação/aplicação na sociedade (Santos, 2023). Com isso, se realizado de forma correta, a validação confirma e garante a confiabilidade de seus resultados utilizando tal instrumento (Guimarães; Giordan, 2012).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Salienta-se que assim como os demais trabalhos, a SD proposta deve se adequar aos conteúdos, bem como ao nível de desenvolvimento dos alunos. Uma vez que, o objetivo principal da SD é o aprimoramento da atividade pedagógica de modo a contribuir para uma aprendizagem significativa na formação dos estudantes.

Bibliograficamente observou-se que a utilização de SD influenciou positivamente a obtenção de conhecimento dos estudantes. O trabalho de Machado, Aragão e Ferreira (2021) investigou a utilização das Histórias em Quadrinhos como estratégia facilitadora no processo de ensino aprendizagem no ensino de química, no conteúdo de polímeros. Bem como sua eficácia, o que indicou um aproveitamento significativo dos discentes que usufruíram da HQ “Menina Polietileno” em relação aos que não desfrutaram deste recurso.

O impacto da PET no meio ambiente.

Importante ressaltar que esse trabalho é uma sugestão de SD, não foi aplicado e seus resultados e discussões, são produto de um estudo bibliográfico.

5.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O POLIETILENO TEREFTALATO (PET)

Descrição: Possibilitar o primeiro contato entre os alunos e a literatura a respeito da origem do PET, explicação de quais compostos são responsáveis pela sua criação, o crescimento de sua demanda e procura no decorrer do tempo. Os impactos ambientais que estes acarretam, bem como a forma correta de sua reciclagem.

1ª Etapa: Leitura do artigo “(Re)Conhecendo o PET” (Pereira; Machado; Silva, 2001).

Objetivo: Apresentar aos alunos trechos do artigo, como descoberta e possíveis aplicações.

Justificativa: Evidenciar para os alunos que a sociedade científica geralmente faz de seus erros seus acertos, quando os químicos Rex Whinfield e James Dickson realizavam pesquisas sobre o etilenoglicol, perceberam o surgimento de outro material que era grudento e quando puxado possuía fibras, conhecendo assim nosso polímero PET. Assim também estimulá-los a observar no seu cotidiano será que não estão produzindo conhecimento sem perceber?

Público-Alvo: Alunos do 3° ano do Ensino Médio

Tempo Estimado: 2 a 3 aulas de 50 min.

Sugestão do uso de cada aula:

- 1ª e 2ª aulas: Leitura e debates
- 3ª aula: Resolução de questões.

Desenvolvimento: Em uma roda de debate o docente deve questionar seus alunos:

- Você sabe o que é um polímero? Conhece o PET ou já ouviu falar desse termo? Onde?

Tais questionamentos serão copiados na louça. Ademais, é indicado a anotação dessas respostas para que possa ser comparado após a leitura do texto. Com isso, os alunos podem entender se seu conceito é válido ou precisa ser adaptado. Corrigindo algum eventual equívoco. Após esse debate o professor distribuirá esse texto: (Re)Conhecendo o PET (Pereira; Machado; Silva, 2001). O professor poderá fazer uma adaptação da forma como aborda o texto, conforme a realidade da turma. É importante a participação dos alunos nesse momento. Os alunos irão ler uma parte do texto em voz alta. O professor guiará a discussão conforme as dúvidas forem surgindo de acordo com a leitura, havendo uma pausa para discussão. O texto apresenta a descoberta do PET, sua importância para a indústria, aplicações e propriedades químicas. Essa leitura é de suma importância para os discentes entenderem o tema. Bem como, adquirir conhecimento para as próximas etapas. Salienta-se que essa etapa consiste apenas na leitura, a fim de estimular a discussão, verificando assim o conhecimento já adquirido da turma.

Avaliação: Posteriormente, haverá a aplicação de questionário, a fim de avaliar o entendimento dos estudantes em posse destas informações passadas e discutidas. Dessa forma, propõe-se:

1. A ciência sempre é desenvolvida em uma única linha de estudo?
2. Onde o PET foi aplicado pela primeira vez?
3. Cite três materiais que contêm PET?

2ª Etapa: Entendendo o Polímero através de vídeo- POLÍMEROS: conceito e classificação | Química para ENEM e Vestibulares | Prof. Paulo Valim

Sugestão de vídeo: Disponível em: https://youtu.be/OxQ32K84jEM. Acesso em: 2 fev. 2024 **.**

Objetivo: Apresentar aos alunos o assunto de polímero usando o PET como exemplo.

Após o uso do vídeo desenvolver com a turma um mapa mental sobre polímeros, destacando a classificação do PET.

Justificativa: Nesta etapa apresenta-se o PET na sua forma química, para que os alunos possam entender que a química está presente todos os dias no nosso cotidiano. O vídeo sugerido não explica exclusivamente o polímero PET. Ele apresenta uma introdução sobre os polímeros em geral facilitando o processo de ensino-aprendizagem, possibilitando o conhecimento de outros tipos.

Público-Alvo: Alunos do 3° ano do Ensino Médio

Tempo Estimado: 1 a 4 aulas de 50min.

Sugestão do uso de cada aula:

- 1ª aula: Slide/Vídeo
- 2ª aula: O que é um mapa mental e como elaborá-lo.
- 3ª aula: Construção do mapa mental.
- 4ª aula: Apresentação e avaliação dos mapas.

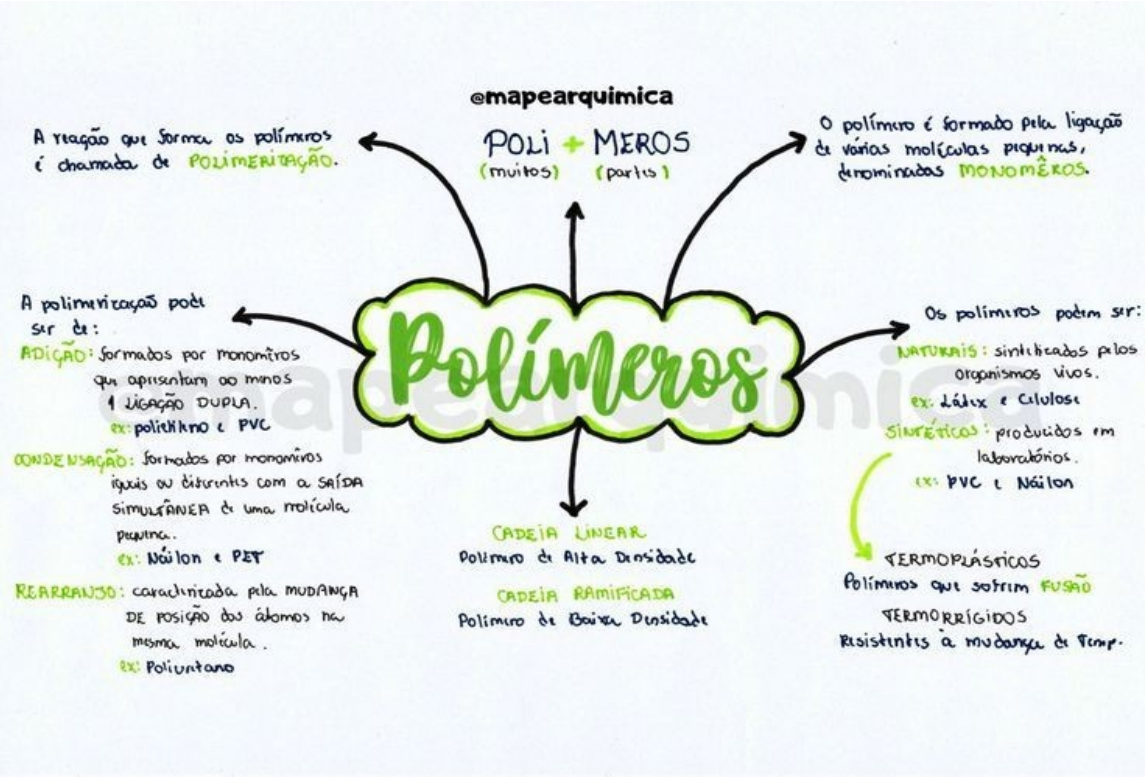
Desenvolvimento:

1°: O professor explica o contexto de um polímero e a classificação do PET para a turma. Tendo como ferramenta uma apresentação de slides, adicionando figuras que representam os polímeros e seus conceitos. Ao fim de sua explicação e apresentação pode-se usar o vídeo sugerido, a fim de apresentar aos alunos diferentes formas de se obter o conhecimento de forma assíncrona.

2°: Proposta da construção de um mapa mental. A sugestão é apresentar aos alunos um mapa mental, explicando-os como é feito, deixando claro a sua utilidade.

A fim de possibilitar formas de estimular a discussão e o entendimento do conteúdo de forma mais espontânea, prática e rápida. Esse instrumento já vem sendo aplicado, popularizou-se diante a praticidade das ferramentas digitais. Pois os mapas mentais são claros e objetivos para estudos futuros e entendimento do assunto atual. Uma vez que, o mapa mental é um processo que consiste em organizar informações com um objetivo. Com a ferramenta, é possível transformar uma série de ideias em um diagrama visual (Buzan, 2019). Exemplos de mapas mentais (figuras 7 e 8):

Figura 7 - Mapa mental manual de polímeros.



Fonte: Adaptado de Angeli (2022).

Figura 8 - Mapa mental digital de polímeros.

Fonte: Adaptado de Angeli (2022).

Após o entendimento do que é um mapa mental e como fazer, a turma será dividida em trios. E cada equipe irá desenvolver e apresentar seus mapas mentais. Os mapas podem ser feitos utilizando ferramentas digitais como Mindmeister, Miro e Canva, com o auxílio de equipamentos eletrônicos, como notebooks, tablets, celulares ou de forma manual, com cartolinas e canetas. Ficando a critério da equipe e se adequando a realidade do ambiente escolar aplicado.

Avaliação: Os estudantes entregaram os mapas produzidos. O professor analisará e fará sugestões e apontamentos necessários, se pertinente, na aula posterior entregará o *feedback* para a turma.

3ª Etapa: Propriedades do PET

Objetivo: Esclarecer as propriedades do PET diante da sua fórmula estrutural. Usando uma lista de perguntas para a brincadeira "Passa ou Repassa".

Justificativa: Uma aula lúdica a torna mais atraente e com uma interação maior dos estudantes. O que favorece a compreensão do conteúdo.

Público-Alvo: Alunos do 3º ano do Ensino Médio

Tempo Estimado: 2 aulas de 50min.

Sugestão do uso de cada aula:

- 1ª aula: Aplicação do conteúdo, propriedade do PET;
- 2ª aula: Questionamento com debates;
- 3ª e 4ª aulas: Brincadeira.

Desenvolvimento:

1º Relembrar junto à turma as propriedades do PET usando slides e vídeos curtos para entendimento do comportamento desse polímero. Durante esse momento é importante relembrar a história da descoberta do polímero, enfatizando suas características presentes desde a descoberta.

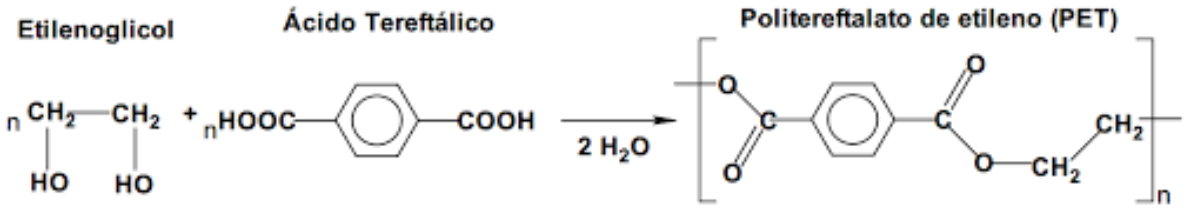
2º Após apresentação e discussão das propriedades o professor pode fazer uns questionamentos para que os alunos possam tirar suas dúvidas e se inteirar do assunto.

Sugestão de perguntas:

1) Por quais motivos as indústrias preferem o PET para armazenar, cosméticos, refrigerantes, remédios…?
2) O PET pode ser reciclado por qual motivo?
3) Quais impactos ambientais quando se queima lixo e o PET é um dos resíduos?

Após discussão das perguntas, referentes a algumas propriedades do PET serão apresentadas algumas perguntas para a execução da brincadeira “Passa ou Repassa”. Como sugestão é importante a fórmula estrutural está no quadro.

Figura 9 - Fórmula estrutural do PET.



Fonte: Canevarolo Júnior (2002).

Avaliação: A apresentação das regras deve ser o primeiro passo e retirar dúvidas também. A turma será dividida ao meio e será realizado um sorteio antes do início do jogo, deixando claro a ordem de cada jogador, será feito uma lista de duplas e colada no quadro para que os alunos possam saber quem será seu adversário e sua vez de jogar. A cada rodada uma dupla estará na sua vez de jogar, um aluno ficará em frente ao outro, o direito de quem responderá primeiro será definido na hora (par ou ímpar). Todos os alunos participarão da brincadeira até uma equipe acertar o maior número de perguntas. Caso a resposta esteja correta a equipe marca um ponto e se responder errado a equipe adversária marca, caso o primeiro não saiba responder, passar para o outro com a pontuação dobrada, caso o outro não saiba, volta coma pontuação triplicada e se ninguém responder, nenhuma equipe pontua. A equipe com o maior número de acertos é a vencedora do jogo.

Sugestão de perguntas para a brincadeira “Passa ou Repassa” (Quadro 2):

Quadro 2 - Sugestão de perguntas para a brincadeira Passa ou Repassa.

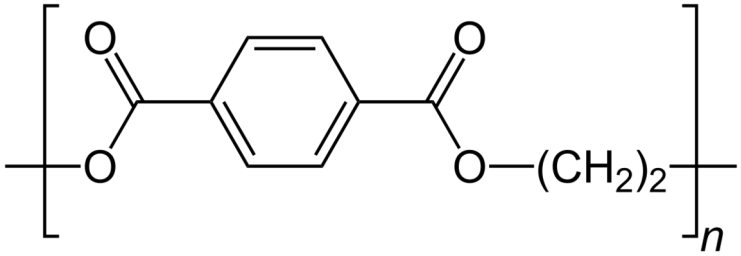
Com base na fórmula estrutural do Politereftalato de Etileno, qual sua função orgânica?
Qual empresa patenteou o PET?
Quais químicos descobriram o PET?
Em qual pesquisa estavam trabalhando quando descobriu o PET?
Defina Polímero e Polimerização.
Cite propriedades do Politereftalato de Etileno.
Cite processos de reciclagem do PET.
Onde se encontram as aplicações do PET?

No seu cotidiano, onde você pode encontrar Politereftalato de Etileno?
Qual o prazo médio de decomposição desse polímero no meio ambiente?
No Brasil, a principal aplicação do PET é na indústria _____?

Fonte: A autora (2024).

Sugestão de respostas a seguir, no quadro 3:

Quadro 3 - Sugestão de respostas para a brincadeira Passa ou Repassa.


A empresa DuPont
Rex Whinfield e James Dickso
Durante as pesquisas que realizavam com etilenoglicol

Polímero: A palavra polímero vem das palavras gregas poli, que significa “muitas”, e meros, que significa “partes”, portanto um polímero é conjunto molecular de “muitas partes” **Polimerização:** A polimerização é uma reação em que as pequenas moléculas, denominadas monômeros, se combinam quimicamente para formar estruturas mais longas (macromoléculas).
● Alta resistência. ● Alta rigidez e dureza. ● Absorção de umidade muito baixa. ● Boa resistência à deformação. ● Baixo coeficiente de atrito e baixo desgaste a abrasão. ● Resistência à hidrólise (até +70°C) ● Não adequado para contato com meio contendo >50% álcool.
● Recuperação – que se inicia no momento do descarte e termina com a confecção do fardo, que se torna sucata comercializável. ● Revalorização – com início na compra da sucata em fardos e fim na produção de matéria-prima reciclada. ● Transformação – final do processo completo de reciclagem, é a utilização

da matéria-prima oriunda das garrafas de PET pós-consumo para a fabricação de inúmeros
Fibras têxteis (67%), embalagens processadas por injeção-sopro (24%), filmes biorientados (5%) e polímeros de engenharia (4%).
Embalagens e garrafas para uso alimentício e ou hospitalar, cosméticos, roupas…
A garrafa PET pode demorar, segundo o Ibama, de 200 a 600 anos para se decompor no meio ambiente. A durabilidade do material, aliada a resistência à umidade e aos produtos químicos, faz com que o material tenha uma decomposição mais demorada.
No Brasil, a principal aplicação do PET é na indústria de embalagens.

Fonte: A autora (2024).

4ª Etapa: O impacto da PET no meio ambiente.

Objetivos: Desenvolver um estudo de caso junto aos alunos referente ao uso e descarte da garrafa PET.

Justificativa: O PET é um dos principais polímeros utilizados na sociedade, a sua importância é muito grande para diversas aplicações no mercado, usando principalmente por suas propriedades, que permite moldar, sua leveza e resistência. Diante desse grande uso, é gerado uma quantidade expressiva desse tipo de polímero, em especial, pelas garrafas PET. Assim, sugere-se que os alunos fotografem e coletem garrafas PET descartadas de forma incorreta ao redor de suas casas.

Público-Alvo: Alunos do 3º ano do Ensino Médio

Tempo Estimado: 4 a 5 aulas de 50min.

Sugestão do uso de cada aula:

- 1ª aula: Conceito de estudo de caso.
- 2ª aula: Resolução do estudo de caso e apresentação.
- 3ª aula: Debate sobre reuso e reciclagem; apresentação de ideais para uso de reuso do PET.
- 4ª e 5ª aulas: Construção de material para reuso do PET com o tema de Química.

Desenvolvimento:

1°: Proposta de um estudo de caso sobre garrafa PET

Segue estudo de caso como modelo:

Dona Joana acabou de se mudar. Ao lado da sua casa tem um restaurante que usufrui de uma grande clientela aos fins de semana. No entanto, o estabelecimento, não descarta seu lixo de forma apropriada. Dona Joana, informou ao proprietário e aos órgãos públicos de sua cidade os danos que essas garrafas vazias podem trazer ao meio ambiente e a população do seu bairro. Visto que, essas garrafas estão ocasionando o acúmulo de mosquitos e água parada, podendo se tornar/ agravar um problema de saúde pública já existente. Ela não obteve retorno. Percebendo que não surtiu efeito para o controle desse descarte indevido de garrafas PET. Assim, Dona Joana identificou que a reciclagem do PET poderia lhe trazer uma renda extra já que ela acabou de se mudar e ainda não conseguiu um novo emprego. Vamos pensar um pouco para resolver esse caso:

1. De que forma podem ajudar Dona Joana a resolver o problema do seu bairro?
2. Quais são os malefícios desse descarte inadequado? Como esses materiais se degradam no meio ambiente?
3. Como ela pode gerar uma renda extra com esse caso?
4. Após finalizar o estudo de caso, as equipes de 4 integrantes, devem apresentá-lo à turma.

2°: Sugestão de reúso e pesquisa da garrafa PET:

Chegou o momento de criar algo mais prático. O professor deve usar grupos de 5 integrantes para desenvolver um estudo sobre as garrafas PET. Inicialmente os grupos desenvolverão uma pesquisa sobre o PET de forma geral, e os impactos ambientais nos quais são responsáveis. Com isso, é necessário que os estudantes compreendam o processo de degradação do PET e também como ocorrem as mudanças químicas que ocorrem no processo de reciclagem. Assim, cada equipe deve reutilizar o PET para produzir outro objeto com o material, lhe dando outro uso, serão apresentadas algumas inspirações que podem ser utilizadas para estudo de

outros conteúdos em sala de aula. Exemplos de produtos: Tabela Periódica (Figura 10)

Figura 10 - Tabela periódica construída com tampinha por alunos da 1ª série do EM.

Fonte: Carvalho *et al*. (2019).

Exemplo 2: Polímero do PET (Figura 11)

Figura 11 - Modelo molecular a partir de reutilização de garrafas PET.

Fonte: Fabri *et al*. (2022).

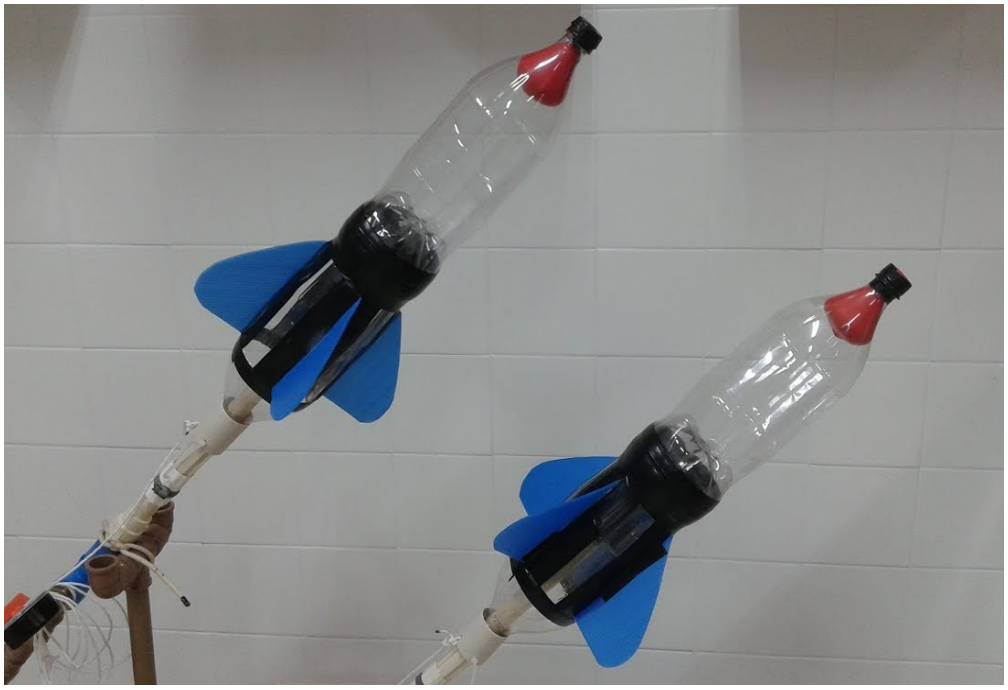
Exemplo 3: Separação de Mistura (Figura 12).

Figura 12 - Separação de misturas heterogêneas.

Fonte: Editoraajs (2014).

Exemplo 4: Reação Química (Figura 13).

Figura 13 - Foguete de garrafa PET.



Fonte: Adaptado Rodrigues e Fonseca (2018).

Avaliação: Cada grupo escolhe um representante do grupo para apresentar seu produto e falar a respeito da pesquisa realizada. Após esse momento o professor irá avaliar todo o conjunto dos processos, comentar sobre a execução de cada grupo e finalizar com sua solução para o caso. Assim, os alunos podem absorver e se inspirar para próximos projetos semelhantes.

Os estudos consultados consideram que o desenvolvimento de ferramentas, através da criação de situações de ensino-aprendizagem, contribui para a assimilação dos temas abordados, de forma eficiente e eficaz, contextualizando-os com o cotidiano dos alunos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma SD para o conteúdo de polímeros sintéticos com ênfase no PET como estratégia nas aulas de química do ensino médio. Ademais, pode-se ser utilizado como material de apoio para o professor em sala de aula, de modo que consiga agregar conhecimento sobre a temática abordada. Uma vez que o documento possibilita a união dos fundamentos teóricos do ensino de química de um tema específico com textos científicos aliados a experimentos e materiais simples que podem ser realizados em sala de aula.

Dessa forma, objetiva-se posteriormente a aplicação desta sequência, para avaliar a viabilidade da proposta, além de aperfeiçoar aspectos que possam ser melhorados no decorrer do processo para o ensino de polímeros sintéticos- PET. Com isso, considera-se a necessidade de continuação desse estudo, além da realização de outros, a fim de extrair o máximo dessa ferramenta didática, considerando seu caráter promissor nas ciências da natureza.

E enquanto metodologia a SD contribui de forma significativa para o professor e para o aluno, pois sua organização em diferentes momentos apresenta um caráter dinâmico, que possibilita a sequência das atividades e a socialização das informações que serão utilizadas posteriormente para a construção de argumentos e consequentemente conhecimento.

Dessa forma, torna-se uma proposta interessante para a prática docente, uma vez que sua aplicação e desenvolvimento podem ser implementados em todas as fases do ensino, desde a educação infantil até o ensino superior. São propostas que podem contribuir para o desenvolvimento em sala de aula, possibilitando aos docentes compreender o conhecimento prévio dos educandos, seu desempenho no decorrer do processo, além de observar o que precisa ser trabalhado para alcançar os objetivos propostos. De forma que proporcione reflexão e inclua os conhecimentos adquiridos na prática diária, transformando esses indivíduos em seres críticos da realidade na qual estão inseridos. Uma das etapas futuras deste trabalho é a aplicação da SD com a finalidade de avaliar seu impacto no processo de ensino-aprendizagem em aulas de Química no Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE 2012.

ALIOTO, Marcelo Rodrigo; CALEFI, Paulo Sergio; REIS, Márcio José dos. Educação problematizadora no ensino de química: a indústria sucroalcooleira como tema gerador de uma sequência didática em uma escola pública de Sertãozinho. **Revista Iluminart**, São Paulo, v. 15, p. 155-177, 2017.

ALMEIDA, Igor Santos de; COSTA, Ismael Marrathman Dias; RIBEIRO, Michelle Morgane de Oliveira; HEINRICH, Marianne; MOREIRA, Quele; ARAUJO, Paulo Jardel Pereira; LEITE, Manuela Souza. Reciclagem de garrafas PET para fabricação de telhas. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - Sergipe**, Aracajú, SE, v. 1, n. 3, p. 83-90, 2013.

ANDRÉ, Marli. **Práticas inovadoras na formação de professores**. Campinas, SP: Papirus, 2018.

ANGELI, Brendo Martins. **Plásticos e educação ambiental**: uma intervenção pedagógica na turma do 2º ano do técnico integrado em química do IFES-VV. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Vila Velha, Vila Velha, ES, 2022.

ASDOLLAH-TABAR, Mohammad ; HEIDARI-RARANI, Mohammad ; ALIHA, Mohammad Reza Mohammad. The eff ect of recycled PET bottles on the fracture toughness of polymer concrete. **Composites Communications**, China, v.25, june 2021.

AWAJA, Firas.; PAVEL, Dumitru. Recycling of PET. **Eur. Polym. J.,** Japan, v.41, n. 7, p. 1453-1477, july 2005.

BALAGUEZ, Renata Azevedo. **A importância dos conteúdos de química orgânica no Ensino médio.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2018.

BARRADAS, Lysandra De Queiroz Cunha; CARVALHO, Luiza Helena Angarten Ferraz de; BRIDI, Vanessa; SANTOS, Dhullya Eduarda Resende. Biodegradação de politereftalato de etileno pela bactéria *Ideonella Sakaiensis*: revisão de literatura. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, Fortaleza, CE, v. 2, n. 3, p. 26-26, 2021.

BLASS, Arno. **Processamento de polímeros**. 2.ed. Florianópolis, SC: Ed. da UFSC, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, [202-] . Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 15 ago. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n° 9394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília. DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 12 ago. 2023.

BUZAN, Tony. **Dominando a técnica dos mapas mentais**. São Paulo: Cultrix, 2019.

CANDIAN, Lívia Matheus. **Estudo do polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2007.

CANEVAROLO-JÚNIOR, Sebastião Vicente. **Ciência dos polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. São Paulo: Artliber, 2002.

CARVALHO, Adão Francisco. **Abordagem do ensino de química orgânica por meio de uma sequência didática**: polímeros sintéticos. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Picos, PI, 2022.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; PEREZ, Daniel Gil. O saber e o saber fazer do professor. *In*: CASTRO, Amelia Domingues de; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). **Ensinar a ensinar**: didática para a escola fundamental e média. 2. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2018.p. 107-121.

CASTRO LÒPEZ, María del Mar; PERNAS, Ana Isabel Ares; LÒPEZ, Maria José Abad; LATORRE, Aurora Lasagabaster; LÓPEZ VILARIÑO, José Manuel; RODRÍGUEZ, Maria Victoria González Assessing changes on poly(ethylene terephthalate) properties after recycling: mechanical recycling in laboratory versus postconsumer recycled material. **Materials Chemistry and Physics,** New York**,** v.147, p. 884-894, 2014.

CIOLACU, Flaviu Calin Ladasiu; CHOUDHURY, Namita Roy; DUTTA, Naba; KOSIOR, Edward Molecular level stabilization of poly (ethylene terephthalate) with nanostructured open cage trisilanolisobutyl-POSS. **Macromolecules**, Washington, v. 40, n. 2, p. 265-272, 2007.

COLTRO, Leda; BURATIN, Ana Elisa P. Garrafas de PET para óleo comestível: avaliação da barreira à luz. **Polímeros**, São Paulo, v. 14, p. 206-211, 2004.

EDGE, Michele; WILES, Randy; ALLEN, Norman Sidney; MCDONALD, William A.; MORTLOCK, Sarah. Characterisation of the species responsible for yellowing in melt degraded aromatic polyesters—I: yellowing of poly (ethylene terephthalate). **Polymer Degradation and Stability**, New Mexico, v. 53, n. 2, p. 141-151, 1996.

FINELLI, Lara; LORENZETTI, Cesare ; MESSORI, Massimo ; SISTI, Laura; VANNINI, Micaela . Comparison between titanium tetrabutoxide and a new commercial titanium dioxide based catalyst used for the synthesis of poly (ethylene terephthalate). **Journal of applied polymer science**, Hoboken, v. 92, n. 3, p. 1887-1892, 2004.

FONSECA, Marcus Vinicius Snovarski; RODRIGUES, Igor Matheus Leal; FONSECA, Marcelo Belchior Snovarski. Uma abordagem didática para a pressão interna de foguetes de garrafa PET propulsionados pela reação química entre vinagre e bicarbonato de sódio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, 2018.

GARCIA, Eloisa. Você conhece o lado químico do PET?. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, v. 9, n. 4, p. 1-3, 1997.

GONDIM, Magnólia da Silva**. Ensino de ciências**: sequência didática multissensorial sobre solos. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2016.

GUIMARÃES, Yara.; GIORDAN, Marcelo. Elementos para validação de sequências didáticas. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia, SP. **Anais** [...]. Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2013. p. 1-8.

GUIMARÃES, Yara; GIORDAN, Marcelo. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2012, Goiânia, GO. **Anais** [...]. Goiânia, GO: ABRAPEC, 2012. p. 1-13.

KARAYANNIDIS, George; ROUPAKIAS, Christos; BIKIARIS, Dimitrios; ACHILIAS, Dimitris. Study of various catalysts in the synthesis of poly (propylene terephthalate) and mathematical modeling of the esterification reaction. **Polymer**, London, v. 44, n. 4, p. 931-942, 2003.

KIM, Heasook; GILBERT, Seymour G.; JOHNSON, James B. Determination of potential migrants from commercial amber polyethylene terephthalate bottle wall. **Pharmaceutical Research**, New York, v. 7, p. 176-179, 1990.

LACERDA, Carlos Eduardo de Oliveira. **Reciclagem química do Poli(tereftalato de Etileno) – PET pós-consumo via hidrólise**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2019.

LIMA SOBRINHO, Grace Kelly; SILVA, José Ilson da; PEREIRA JUNIOR, José Marcelino; SANTOS, Magnólia Carla Conceição dos; LIMA SOBRINHO, Fernanda Stefanny; CUNHA, Amanda Lima; LIMA SOBRINHO, Graciele; SILVA, Mayara Camila Santos; SANTOS, Aldenir Feitosa dos. Polimerando a química: jogo da roleta

como facilitador do processo de ensino e aprendizagem de polímeros. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, SP, v. 11, n. 11, 2022.

LINO, Helio Francisco Corrêa. **A indústria de reciclagem e a questão ambiental**. 2011. Tese (Doutorado em História) - Programa de Pós-Graduação em História, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LOCATELLI, Solange Wagner; ARROIO, Agnaldo. Dificuldades na transição entre os níveis simbólico e submicro-repensar o macro pode auxiliar a compreender reações químicas?. **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 4239-4244, 2017.

MACEDO, Indira Maria Estolano; SOUZA, Michely Duarte Leal Coutinho de; SHINOHARA, Neide Kazue Sakugawa; SANTOS, Caroliny Santana dos; SILVA, Maria Karollyna Gomes da. Reciclagem do Polietileno Tereftalato (PET) no fomento da economia circular. **Brazilian Journal of Development,** Curitiba, PR, v. 6, n. 8, 2020.

MACHADO, David Cruz. **Histórias em quadrinhos como ferramenta auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de química a partir da temática polímeros.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Cocal, PI, 2021.

MANCINI, Sandro. D.; MATOS, Itley. G.; ALMEIDA, Rômulo. F. Determinação da variação da viscosidade intrínseca do poli (tereftalato de etileno) de embalagens. **Polímeros**, São Carlos, SP, v. 14, p. 69-73, 2004.

MARQUES, Luísa. O que são polímeros e porque são interessantes?. **Diário do Sul**, Évora, PO: Universidade de Évora, 27 jul. 2009.

MEDEIROS, Alexandre José Gomes. **Atuação do biólogo da coordenadoria do meio ambiente de Campina Grande no gerenciamento de resíduos sólidos em segmento do Riacho das Piabas.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2011.

MONTEIRO, Magali; NERIN, Cristina.; REYES, Felisa Gonzáles. Determination of UV stabilizers in pet bottles by high performance-size exclusion chromatography. **Food Additives & Contaminants**, Londres, v. 13, n. 5, p. 575-586, 1996.

MOREIRA, Ana Elisa Roque. **O sol, a terra e os seres vivos**: uma proposta de sequência didática para o ensino de ciências na Educação de Jovens e Adultos. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2015.

NUNES, Edilene de Cássia Dutra; LOPES, Fábio Renato Silva. **Polímeros**: conceitos, estrutura molecular, classificação e propriedades. São Paulo: Saraiva, 2014.

OLIVEIRA, Adriana Marques de; RECENA, Marina Celina Piazza. O ensino de polímeros na perspectiva da educação dialógica com enfoque em CTS. **Alexandria**: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 103-126, 2014.

OLIVEIRA, Gabriel Krug. **Estudo do comportamento degradativo do policarbonato aditivado sob ação da radiação ultravioleta.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020.

PACHECO, João Antônio Lima; FARIAS, Renato Machado; PACHECO, Gabriela Ferreira; PACHECO, Ana Paula Lima. Termo-oxidação acelerada em garrafas pet descartadas no meio ambiente. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, PR, v.7, n.2, p. 18957-18972, 2021.

PANG, Kyeong; KOTEK, Richard; TONELLI, Alan E. Review of conventional and novel polymerization processes for polyesters. **Progress in Polymer Science**, China, v. 31, n. 11, p. 1009-1037, 2006.

PARISI, Guilherme Cantaruti. **Reciclagem enzimática do PET para reúso de monômeros.** 2021. Monografia (Bacharelado em Química Tecnológica) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, SP, 2021.

PASSATORE, Claudio Roberto. **Química dos polímeros:** 3º módulo: técnico em química. São Paulo: Etec Tiquatira, 2013.

PERETTI, Lisiane; COSTA, Gisele Maria T. da. Sequência didática na matemática. **Revista de Educação do IDEAU**, Florianópolis, RS, v. 8, n. 17, p. 1-14, 2013.

PERNICONE, Nicola; CERBONI, Mario; PRELAZZI, Giovanni; PINNA, Francesco; FAGHERAZZI, Giuliano. An investigation on Pd/C industrial catalysts for the purification of terephthalic acid. **Catalysis Today**, New York, v. 44, n. 1-4, p. 129-135, 1998.

PUROHIT, Jyotika; CHAWDA, Gajendra Singh; PASTEL, Manish; DHOLAKIYA, Bharat. Polyester polyol derived from waste poly (ethylene terephthalate) for coating application on mild steel. **Chemical Sciences Journal,** United Kingdon, v. 76, p. 1-8, dec. 2012.

RAMÍREZ, Aurelio; NAVARRO, Leticia Guadalupe; CONDE ACEVEDO, Jorge. Degradación química del poli (etilen tereftalato). **Revista Colombiana de Química**, Bogotá, CO, v. 39, n. 3, p. 321-331, 2010.

RHODES, Christopher J. Plastic pollution and potential solutions. **Science Progress**, China, v. 101, n. 3, p. 207-260, 2018.

RODRIGUES, Patrícia de Fátima. **Estudo dos efeitos de interação e cristalização da argila Cloisite 15A em compósitos de poli(tereftalato de etileno) reciclado.** 2021. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ, 2021.

ROMÃO, Wanderson; SPINACÉ, Márcia A. S. ; PAOLI, Marco-A. De Paoli (tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem. **Polímeros**, São Carlos, SP, v. 19, p. 121-132, 2009.

SAMPERI, Filippo; PUGLISI, Concetto; ALICATA, Rossana; MONTAUDO, Giorgio. Thermal degradation of poly (ethylene terephthalate) at the processing temperature. **Polymer Degradation and Stability**, New Youk, v. 83, n. 1, p. 3-10, 2004.

SANTOS, Graziane Gomes; RIBEIRO, Tiago Nery; SOUZA, Divanizia do N. Aprendizagem significativa sobre polímeros a partir de experimentação e problematização. **Amazônia**: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Manaus, AM, v. 14, n. 30, p. 141-158, 2018.

SANTOS, Marcos Pereira. **Formação de professores e profissão docente no Brasil**: aspectos históricos, tendências e inovações. João Pessoa: PB, Amplla, 2023.

SASSERON, Lúcia Helena . Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para a implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 41-62.

SILVA, Aretusa Campêlo. **Caracterização e análise da viabilidade da produção de compósitos à base de resina poliéster e diferentes particulados**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2022.

SILVA, Claudionor Oliveira; SANTOS, Gilbertânia Mendonça; SILVA, Lucicleide Neves. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, RS: UFSM, v. 13, n.13, p. 2683-2689, ago. 2013.

SILVA, Elisângela Aparecida; LINS, Vanessa de Freitas Cunha; COTTING, Fernando. Processo de moagem de garrafas PET pós-consumo. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Belo Horizonte, MG, v. 5, n. 1, p. 33-36, 2019.

SILVA, Fábio Luiz; MUZARDO, Fabiane Tais. Pirâmides e cones de aprendizagem: da abstração à hierarquização de estratégias de aprendizagem. **Dialogia**, São Paulo, n. 29, p. 169-179, 2018.

SILVA, Lucas Antônio. **Otimização do processamento da resina PET Virgem**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) -

Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2023.

SILVA, Luís Roberto Cavalcanti; ANDRADE, Luciano Pires de. Reaproveitamento de rejeitos de Politereftalato de Etileno (PET) no Brasil: uma revisão. **Revista de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, 2022.

SON, Hyeoncheol Francis; CHO, In Jin; JOO, Seongjoon; SEO, Hogyun; SAGONG, Hye-Young; CHOI, So Young; LEE, Sang Yup, KIM, Kyung-Jin. Rational protein engineering of thermo-stable PETase from Ideonella sakaiensis for highly efficient PET degradation. **Acs Catalysis**, Washington, v. 9, n. 4, p. 3519-3526, 2019.

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva**."Poli (tereftalato de etileno):** reprocessamento por extrusão e metodologias de caracterização". 2000. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000.

SUL, Juliana A. Ivar do; COSTA, Monica F. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. **Environmental Pollution**, New York, v. 185, p. 352-364, 2014.

UGALDE, Maria Cecília Pereira; ROWEDER, Charlys. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, AM, v. 6, p. 1-12, 2020. Edição especial.

UNIVASF. Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento Institucional. **A cor da garrafa PET Importa?**. Petrolina, PE: UNIVASF, 2019. Notícias Sustentáveis. Disponível em: https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/a-cor-da-garrafa-pet-importa. Acesso em: 2 fev. 2024.

VALT, Renata Bachmann Guimarães. **Análise do ciclo de vida de embalagens de pet, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2004.

VEIGA, Ilma Passos Alencastro. **Lições de didática**. São Paulo: Papirus, 2014.

VIDRIK, Elisandra Chastel Francischini; ALMEIDA, Willa Nayana Corrêa; MALHEIRO, João Manoel da Silva. As contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de química. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá. MT, v. 15, n. 1, p. 488-498, 2020.

WARTHA, Edson José; JESUS, Raildo Mota de; GUZZI FILHO, Neurivaldo José de. O experimento da gota salina e os níveis de representação em química. **Educación Química**, Cidade do México, v. 23, p. 55–61, 2012.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre, RS: Penso, 2015.