

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS ARAPIRACA
QUÍMICA - LICENCIATURA

EMANUELLY KARLA ARAÚJO PADILHA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO CONTEXTO DO POLÍMERO
TEFLON PARA AS AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

ARAPIRACA
2023

Emanuely Karla Araújo Padilha

Uma proposta de sequência didática no contexto do polímero Teflon para as aulas
de química no Ensino médio

Trabalho de conclusão de curso 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

Arapiraca

2023



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

- P123p Padilha, Emanuely Karla Araújo
 Uma proposta de sequência didática no contexto do polímero Teflon para as aulas
 de química no Ensino médio [recurso eletrônico] / Emanuely Karla Araújo Padilha. –
 Arapiraca, 2023.
 40 f.: il.
- Orientadora: Prof.^a Dr.^a Iara Terra de Oliveira.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal
 de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Arapiraca, 2023.
 Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus Arapiraca*).
 Referências: f. 39-40.
1. Politetrafluoretileno (PTFE). 2. Sequência didática. 3. Ensino de química.
 I. Oliveira, Iara Terra de II. Título.
- CDU 54

Emanuely Karla Araújo Padilha

Uma proposta de sequência didática no contexto do polímero Teflon para as aulas de química no Ensino médio

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado à Universidade Federal de
Alagoas – UFAL, Campus Arapiraca, como
pré-requisito para obtenção do grau de
Licenciada em Química.

Data da aprovação: 30/01/2023.

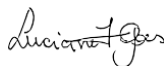
Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 IARA TERRA DE OLIVEIRA
Data: 09/02/2023 22:40:30-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

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

Documento assinado digitalmente
 ADELMO FERNANDES DE ARAUJO
Data: 09/02/2023 12:07:35-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Adelmo Fernandes de Araújo
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
(Examinador)



Prof.^a Dr.^a Luciane Fernandes de Goes Bazzeti
Universidade de São Paulo - USP
Campus São Paulo
(Examinadora)

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me incentivaram durante toda a graduação e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela graça constante em minha vida, e a força que me deu em todos os momentos difíceis durante o curso, me ajudando a ser forte e a superá-los.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional que me deram e dão todos os dias de minha vida. Apoiando durante toda a graduação sem medir esforços. E aos meus irmãos por me ajudarem sempre que preciso, bem como, a toda a minha família que sempre me incentiva a lutar pelos meus objetivos.

A professora, Dra. Iara Terra de Oliveira, pela disponibilidade em me orientar, sua paciência em me ajudar, corrigir meu trabalho e todos os ensinamentos e conselhos que me foram dados nesses meses.

A todos os professores do curso de Licenciatura em Química, da Universidade Federal de Alagoas, campus Arapiraca, por todos os ensinamentos oferecidos nesses quatro anos, que foram imprescindíveis para a minha formação.

A Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, pela oportunidade e por tornar possível a conclusão deste curso.

A CAPES, pelas bolsas concedidas durante o curso.

Aos meus colegas de curso, por todos os momentos bons compartilhados, e principalmente pela disponibilidade em ajudar quando precisei, com estudos em grupos e respondendo as minhas dúvidas.

A todos que direta ou indiretamente ajudaram na realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho buscou analisar a história do Politetrafluoretileno (PTFE), principalmente como se deu sua descoberta, em qual contexto histórico ocorreu, quais suas principais aplicações e propriedades. A problemática envolvendo materiais tóxicos, utilizados no processo de polimerização do PTFE que nos últimos anos tornaram-se públicas, principalmente através de documentários, filmes e artigos jornalísticos que apresentaram ao público o estrago causado em cidades diretamente afetadas, também foi abordado. O PTFE é um polímero que revolucionou a Indústria Química, portanto, importante para se estudar nas aulas de Química. Partindo dessa perspectiva foi proposto uma Sequência Didática (SD), visando o aprofundamento necessário para se conhecer todos os pormenores da história que envolve o PTFE. Estudar o conteúdo conhecendo todo seu contexto histórico, quem foi o cientista envolvido na descoberta, suas dificuldades e facilidades, ajudam a tornar o processo de ensino-aprendizagem mais produtivo e instigante. Por isso, para se estudar o PTFE a SD se mostra como uma das melhores formas a ser utilizada. Em vista de sua metodologia ocorrer por etapas e a história do PTFE também ser constituída por etapas importantes. A proposta da SD surge como um roteiro para auxiliar o professor no ensino do PTFE, um dos polímeros mais utilizados nas indústrias. A criação de uma SD, demanda tempo para pesquisar sobre o assunto, elaborar avaliações e propor pequenas atividades. Dessa forma, a proposta de SD que este trabalho traz, busca viabilizar essa situação, com um modelo para o professor utilizar, permitindo, no entanto, as devidas alterações necessárias a serem feitas para um melhor aproveitamento de sua turma.

Palavras-chave: politetrafluoretileno (PTFE); sequência didática; ensino de química.

ABSTRACT

The present work seeks to analyze the history of the Polytetrafluoroethylene (PTFE), focusing on how its discovery happened, in which historic context it occurred, and what are its main applications and properties. The problematic issues involving toxic materials, utilized in the process of polymerization of PTFE that in the last years became public, mainly through documentaries, movies and journalistic articles that presented to the public the damage caused in cities directly affected, was also approached. The PTFE is a polymer that revolutionized the Chemistry Industry, therefore, it's important to be studied in Chemistry classes. Starting from this perspective, it was suggested a Didactic Sequence (DS), viewing the necessary deepening to get to know every detail of the history that involves PTFE. To study the content knowing all of its historic context, who was the scientist involved in its discovery as well as their difficulties and facilities, help turn the teaching-learning process into something more productive and thought-provoking. Thus, to study PTFE, the DS shows itself as one of the best paths to follow, since its methodology occurs in stages and the PTFE history is also composed of important stages. The proposal of DS arises as a script to help the teacher in the teaching of the PTFE, one of the most used polymers in industries. The creation of a DS demands time and research on the subject, to elaborate evaluations and propose small activities. In this way, the DS proposal that this work brings seeks to make this situation possible, with a template for teachers to use, allowing, nonetheless, the necessary changes to be executed for a better use of their class.

Keywords: polytetrafluoroethylene (PTFE); didactic sequence; chemistry teaching

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do monômero e da cadeia de proteção do flúor nos carbonos no PTFE	16
Figura 2 - Representação da reação de polimerização do Tetrafluoretileno	17
Figura 3 - Estrutura Química do PTFE	28
Figura 4 - Modelo de quadro (ilustrativo) - Perguntas sobre a história e as principais características do PTFE	29
Figura 5 - Modelo de quadro (ilustrativo) - Respostas aleatórias para a resolução das perguntas do Quadro 1	30
Figura 6 - Modelo de quadro (ilustrativo) - Temperatura de uso recomendada pela Dupont	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PTFE	Politetrafluoretileno
PFOA	Ácido Perfluorooctanoico
SD	Sequência Didática
TFE	Tetrafluoretileno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	CONHECENDO A HISTÓRIA DO PTFE	12
2.2	SOBRE A EMPRESA DUPONT	15
2.3	A QUÍMICA DO POLITETRAFLUORETILENO - PTFE	15
2.4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	17
3	OBJETIVOS	21
3.1	OBJETIVO GERAL	21
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4	METODOLOGIA	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O PTFE COMERCIALMENTE CONHECIDO COMO TEFLON	24
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A descoberta do PTFE, comercialmente conhecido como Teflon, foi uma revolução para a Indústria Química. Roy Plunkett não poderia imaginar que ao realizar sua pesquisa sobre gases refrigerantes descobriria esse polímero. A importância desse composto hoje é imprescindível, conhecido principalmente por sua propriedade de antiaderência, sobretudo a sua utilização em panelas, que o tornou tão conhecido. As panelas antiaderentes foram uma revolução para a época, a praticidade que traziam foi um dos pilares para sua popularização. A empresa Dupont, onde Plunkett trabalhava, patenteou o PTFE como Teflon.

Quando descoberto este novo polímero parecia quase indestrutível, e suas qualidades prometiam torná-lo lucrativo se eles encontrassem um mercado certo. Em 1944 a Dupont o patenteou, seu primeiro uso foi forrar o equipamento usado para o processo de enriquecimento do gás hexafluoreto de urânio U-235 para o Projeto Manhattan durante a Segunda Guerra Mundial. No período em que durou a guerra a DuPont reservou sua inteira produção para o uso bélico do governo e mais ou menos 2/3 dele foi empregado no Projeto Manhattan (BARBALACE, 2006)

Utilizado em praticamente todas as áreas industriais, e em inúmeras aplicações, o PTFE se consolidou como um dos polímeros mais importantes. Nos livros didáticos a abordagem que se dá aos polímeros é reduzida. E em virtude da grande quantidade de assuntos propostos para o ano letivo, ele acaba em muitos casos não sendo visto.

Se contrapondo a isso, esse trabalho traz uma proposta de SD sobre o PTFE, tratando desde a sua descoberta, Química e aplicações. Sendo um material base para o professor utilizar em suas aulas sobre polímeros, especificamente sobre o PTFE.

A sequência didática é uma grande aliada do professor para lecionar alguns assuntos, nela o conhecimento efetua-se por etapas. Neste trabalho, a proposta de sequência constata isso, visto que de primeiro momento o aluno vai conhecer a descoberta do PTFE. Em seguida, vai estudar sua Química, além de estudar outras questões relacionadas ao polímero de caráter importante para a sociedade, como por exemplo, a importância das Indústrias Químicas se preocuparem com o meio ambiente. Sobretudo com o descarte do material tóxico utilizado na fabricação de produtos, em especial no processo de polimerização do PTFE. Sendo essa

problemática a principal trama do filme “O preço da verdade”, que retrata um caso real sobre uma cidade prejudicada por questões como esta.

É notório a variedade de possibilidades que trabalhar com uma SD viabiliza. O aprendizado na primeira etapa é necessário para o entendimento da segunda etapa, esse itinerário de formação contribui muito para o processo de ensino aprendizagem. Em oposição a aula expositiva, comumente usada nas escolas, a SD com sua habilidade de tratar do mesmo assunto, mas com pontos diferentes, consegue trabalhar um assunto por completo. Ensinar um conteúdo tratando de sua história, como no caso do PTFE, é o ideal, estudar um assunto em que o professor simplesmente coloca no quadro sua fórmula e suas principais propriedades, pode não ser tão interessante, quanto estudar todos os pormenores existentes na história da sua descoberta até suas aplicações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONHECENDO A HISTÓRIA DO PTFE

Em seu livro *Ciência dos polímeros*, Canevarolo Júnior (2002) enfatiza que o primeiro contato do homem com materiais resinosos e graxas extraídas se deu na antiguidade. Os povos egípcios e romanos utilizavam desse material para carimbar e colar documentos, por exemplo. Com o passar dos séculos e com o avanço tecnológico, a ciência dos polímeros se desenvolveu muito. Um marco que representa a história dos polímeros é a descoberta do PTFE:

Em 1938, Roy Plunkett (1910-1994) observou um pó branco dentro de um cilindro que originalmente continha gás tetrafluoreto de etileno, descobrindo o Teflon. Devido à enorme estabilidade térmica deste polímero, somente em 1960 foi possível desenvolver uma técnica comercial para o seu processamento, produzindo-se recobrimento antiaderente para formas de bolo (CANEVAROLO JÚNIOR, 2002, p.18).

A história da descoberta do PTFE é repleta de surpresa, entusiasmo, perseverança e inteligência. E a junção de todos esses fatores com o contexto histórico em que tudo aconteceu, torna a descoberta ainda mais impactante e curiosa. O PTFE foi descoberto acidentalmente pelo cientista americano Roy Plunkett (1910-1994), que nasceu em uma família de fazendeiros em New Carlisle, Ohio. Estudou no Manchester College em North Manchester, Indiana, formou-se bacharel em Química em 1932 e em seguida foi fazer pós-graduação na Universidade Estadual de Ohio, obteve mestrado e doutorado na mesma, e em 1936 começou a trabalhar na Dupont Central Research.

Muitas pessoas ao redor do mundo, independentemente de estarem ou não diretamente envolvidas na criação e produção de polímeros, estão familiarizadas com as origens dos fluoropolímeros, Teflon, marca registrada da Dupont para politetrafluoretileno (PTFE), é mundialmente conhecida.¹(EBNESAJJAD, 2016, p.1, tradução nossa).

Como relata (EBNESAJJAD, 2016), Plunkett trabalhava em um laboratório, que ficava do outro lado do corredor de um laboratório administrado por um colega seu

1 No original: Many people around the world, regardless of whether or not they have been directly involved in the creation and production of polymer, are familiar with the origins of fluoropolymers, Teflon, Dupont's trademark name for polytetrafluoroethylene (PTFE), is world renowned.

chamado Charlie (ganhador do prêmio Nobel de 1987). O laboratório de Plunkett teve uma grande surpresa no dia 06 de abril de 1938, quando ele não encontrou pressão no cilindro de tetrafluoretileno (TFE), porém o peso permanecia constante. Então, decidiu abrir o cilindro e encontrou um pó branco, naquele momento, não sabia do que se tratava.

Como Plunkett trabalhava em uma empresa que se preocupava e apoiava a pesquisa, teve tempo para analisar essa nova substância e estudar suas prováveis propriedades. Como essa recente descoberta não era de interesse para a área de pesquisa de Plunkett, que pesquisava sobre novos gases refrigerantes fluorados, que fossem mais seguros do que os gases antigos. Logo, ele precisava encontrar um gás que pudesse fazer o trabalho de refrigeração e não fosse perigoso para a população. E em um de seus testes com o gás TFE, acabou acidentalmente descobrindo o PTFE.

O que teria acontecido se ele tivesse deixado aquele pó branco no esquecimento? Como ele era um cientista preparado, investigou tudo sobre o pó branco que posteriormente foi patenteado pela Dupont e nomeado de Teflon. Anos depois a descoberta de Plunkett foi resgatada para ser utilizada nas necessidades da Segunda Guerra Mundial. O período da Segunda Guerra Mundial foi um período de grandes avanços tecnológicos e pesquisa, principalmente em prol de armas e materiais que auxiliassem as tropas em combate.

Um projeto de pesquisa muito conhecido dessa época era o projeto Manhattan, liderado pelos Estados Unidos com o apoio do Reino Unido e Canadá, tinha como objetivo desenvolver uma bomba atômica. Esse projeto nasceu de uma preocupação levantada pelo físico nuclear, Leo Szilard, sobre a possibilidade de a Alemanha Nazista construir armas nucleares. Considerando que cientistas alemães fizeram a descoberta da fissão nuclear. Se antecipar à provável bomba atômica alemã era o objetivo mais evidente. Os líderes desse projeto buscavam os materiais necessários para os cientistas e engenheiros trabalharem.

No curso de sua busca por novos materiais para atender às novas necessidades do projeto Manhattan, o General Groves encontrou PTFE. Depois de ouvir sobre as propriedades do PTFE e sua resistência a diferentes produtos químicos, o General Grove supostamente disse que o custo, mesmo a US \$100 a libra, era uma pechincha! ²(EBNESAJJAD, 2016, p. 3, tradução nossa).

2 No original: In the course of his search for new materials to meet the novel needs of the Manhattan project, General Groves came across PTFE. After hearing about the properties of PTFE and its

Segundo Ebnesajjad (2016), os cientistas que desenvolveram o projeto Manhattan necessitavam de materiais que fossem resistentes à corrosão para o processo de enriquecimento do urânio. Após os cientistas do projeto Manhattan analisarem as propriedades do PTFE, ele foi colocado sob uma 'ordem secreta' pelo escritório de patentes dos EUA e passou a ser chamado de 'K-416'. Em 1941 foi emitido para a Dupont apenas uma patente com conteúdo mínimo para reconhecer seus direitos autorais.

O período de produção do PTFE para o uso no projeto Manhattan, foi um período de aprendizado sobre suas propriedades por parte dos cientistas da Dupont. Quando a utilização do PTFE para as necessidades do projeto Manhattan diminuíram, os cientistas e os fabricantes iniciaram uma operação comercial de fabricação do PTFE.

As próprias palavras do Dr. Plunkett descrevem o impacto de sua descoberta: "A descoberta do politetrafluoretileno (PTFE) foi descrita de várias maneiras como (1) um exemplo de serendipidade, (2) um acidente de sorte e (3) um lampejo de gênio. Talvez todos os três estivessem envolvidos. Há um acordo completo, no entanto, sobre os resultados dessa descoberta. Ele revolucionou a indústria de plásticos e levou a aplicações vigorosas que de outra forma não seriam possíveis".³ (EBNESAJJAD, 2016, p.3, tradução nossa).

Diversas formas de PTFE foram sendo desenvolvidas, porém o que dificultou um pouco a comercialização do PTFE como enfatiza (EBNESAJJAD, 2016) foi que o processo de síntese de monômeros em larga escala e a polimerização controlada ainda não era bem desenvolvida. Logo, isso acabou prejudicando a rápida comercialização, mas com o avanço das pesquisas, no ano de 1947, em Arlington, New Jersey, a produção do PTFE em pequena escala teve início.

Com o desenvolvimento da produção a Dupont ampliou sua produção comercial, construindo em 1950 uma fábrica nova em Parkersburg, West Virginia, EUA. A descoberta de Plunkett foi um marco na história dos polímeros, gerou muita

resistance to different chemicals, General Grove is purported to have said that the cost, even at \$100 a pound, was a bargain!

3 No original: Dr. Plunkett's own words describe the impact of his discovery: "The discovery of polytetrafluoroethylene (PTFE) has been variously described as (1) an example of serendipity, (2) a lucky accident and (3) a flash of genius. Perhaps all three were involved. There is complete agreement, however, on the results of that discovery. It revolutionized the plastics industry and led to vigorous applications not otherwise possible".

curiosidade, debates e pesquisas por parte da classe dos cientistas, que durante a década de 1940 a 1960 se esforçaram para desenvolver técnicas para a produção de materiais utilizando o PTFE.

2.2 SOBRE A EMPRESA DUPONT

Fundada pelo imigrante francês, Eleutheré Irénée du Pont (1771-1834), aluno do químico Antoine Lavoisier, às margens do rio Brandywine no ano de 1802. A empresa bicentenária, nasceu para produzir explosivos e transformou-se em uma empresa de ciência.

Em 1937, a Dupont se instalou no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro. A companhia surge como resultado da associação entre a norte-americana Dupont e a inglesa ICI sob o nome 'Indústrias Químicas Brasileiras Duperial. Em 1953 desfaz-se a associação com a ICI e nasce a Dupont do Brasil S/A. E em 1971, chega ao país o antiaderente Teflon.

Ao longo dos anos a empresa Dupont passou por grandes mudanças (GRISOTTO, 2015). Sendo a maior transformação da empresa neste século, a separação em 2015 da Unidade de Produtos e Materiais Químicos. Que passou a atuar como uma nova companhia, de forma independente, chamada Chemours.

Nesse processo de separação de unidade, a Dupont ficou responsável pela pesquisa e desenvolvimento de produtos com foco em energias renováveis e alimentação. Tendo como desafio manter o ritmo de inovações, já que a Dupont registrava, em média, uma nova patente a cada dois dias. Apostando em tecnologias para energia solar, biocombustíveis e tratamento de sementes.

A Chemours ficou responsável por toda a Indústria Química, líder em Tecnologias de Titânio e Fluorprodutos, tendo como objetivo aumentar a rentabilidade e as vendas. A Chemours leva algumas das maiores invenções da Dupont, como exemplo o Teflon.

2.3 A QUÍMICA DO POLITETRAFLUORETILENO - PTFE

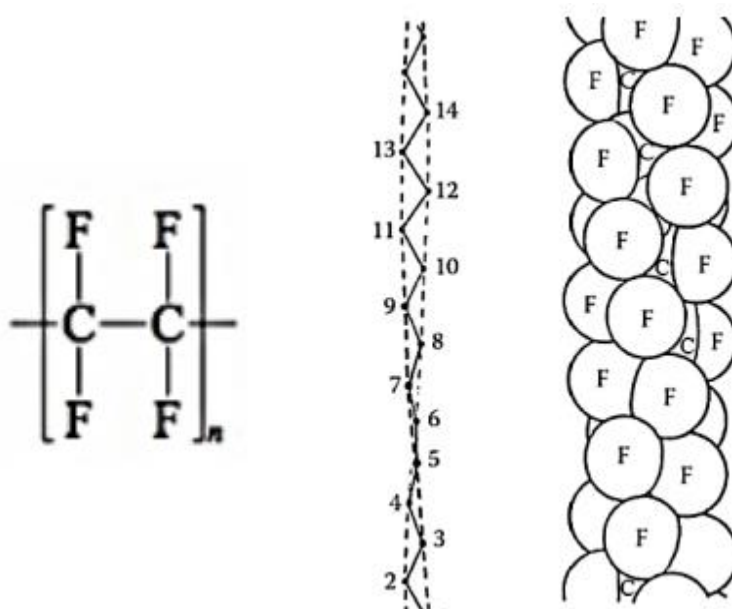
Canevarolo Júnior (2002), acentua sobre a origem da palavra polímero, que vem do grego, onde poli significa muitos e mero significa unidade de repetição. Logo, um polímero representa uma macromolécula composta por dezenas de milhares de unidades de repetição chamadas de mero que são ligadas por ligação covalente. Um

monômero é uma molécula com uma unidade de repetição. A classificação dos polímeros em plásticos, borrachas e fibras, depende do tipo de monômero, do número médio de repetições por cadeia e do tipo de ligação covalente.

Silva (2018), destaca as importantes qualidades do PTFE, como propriedades dielétricas e boa resistência química, baixo coeficiente de atrito e excepcional estabilidade em elevadas temperaturas, com uma resistência mecânica baixa e um custo relativamente elevado. Propriedades estas que o fazem ser um importante polímero para a indústria, este que faz parte da grande família dos fluoroplásticos.

Para Piedade (2019), as características únicas do PTFE ampliaram o seu uso. Podendo ser utilizado em aplicações simples como vedações, assim como, nas mais complexas como em estruturas aeroespaciais, nucleares e biomédicas. Apesar, do período da década de 80 até início dos anos 2000, o estudo sobre o PTFE não ter tido muita atenção e empenho na busca por novos resultados. Nos últimos anos as pesquisas sobre esse polímero se encontram em foco, principalmente por sua complexidade estrutural.

Figura 1 - Representação do monômero e da cadeia de proteção do flúor nos carbonos no PTFE

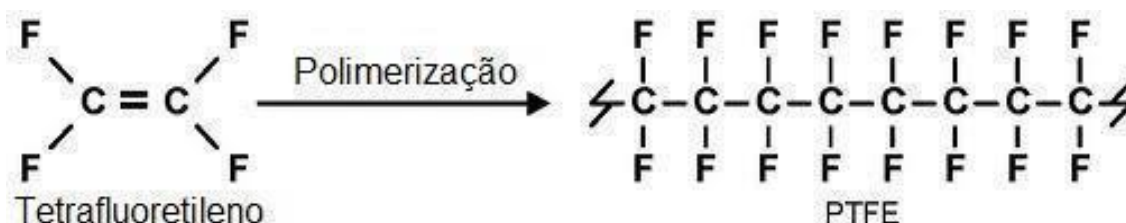


Fonte: Negrini (2021).

Na representação abaixo, podemos ver a mudança na estrutura do tetrafluoretileno para o politetrafluoretileno. Analisando a figura, pode-se observar como o PTFE é um polímero estável, principalmente pela camada de átomos de flúor

que envolve a cadeia de carbono e isso faz com que ele não reaja com praticamente nenhum material.

Figura 2 - Representação da reação de polimerização do Tetrafluoretileno



Fonte: Tudo sobre Plástico (2022)⁴

Gomes (2018) enfatiza que o Politetrafluoretileno ou Teflon® como é comercialmente conhecido, é utilizado em inúmeras atividades. Sua aplicação é muito abrangente, desde revestimento de utensílios domésticos até tubulações. Como ele é um material de alta resistência térmica, a sua utilização é amplamente empregada.

Um dos problemas que o PTFE apresenta, segundo Gomes (2018), é a baixa resistência ao desgaste. Mas esse problema pode ser contornado, quando adicionados certos produtos que aumentem a resistência. É muito comum a combinação do PTFE com fibra de vidro, bronze ou outros materiais que ocasionam uma maior resistência. O PTFE também apresenta uma taxa de combinação com outros produtos, logo suas características podem ser melhoradas e adaptadas conforme as necessidades.

2.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Zabala (1998) afirma que as SD são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais que possuem início e fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.

Para Zabala (1998):

A maneira de configurar as sequências de atividades é um dos traços mais claros que determinam as características diferenciais da prática educativa. Desde o modelo mais tradicional de "aula magistral" (com a sequência: exposição, estudos sobre apontamentos ou manual, prova, qualificação) até o método de "projetos de trabalho global" (escolha do tema, planejamento, pesquisa e processamento da informação, índice, dossiê de síntese, avaliação), podemos ver que todos têm como elementos identificadores as

4 Disponível em: <https://www.tudosobreplasticos.com/materiais/ptfe.asp>. Acesso em: 09 nov. 2022.

atividades que os compõem, mas que adquirem personalidade diferencial segundo o modo como se organizam e articulam em seqüências ordenadas. (ZABALA, 1998, p.18)

A SD, segundo Maroquio (2021), é uma excelente ferramenta para ser utilizada por um professor de Química, sendo dividida em diversos momentos e atividades. Nessa linha, a estrutura dos conteúdos, a escolha de um recurso didático, a estruturação de uma atividade, ou seja, as estratégias didáticas utilizadas pelos professores podem auxiliar a prática do professor.

Para Maroquio (2021), as SD ajudam o professor a aperfeiçoar sua aula e facilitar o processo de aprendizagem, sendo assim uma excelente ferramenta para ele incluir em seus planejamentos e aplicá-las. A autora afirma que:

As seqüências didáticas são planejadas para ensinar um conteúdo, etapa por etapa, e organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar, envolvem atividades de aprendizagem e avaliação, permitindo, assim, que o professor possa intervir nas atividades elaboradas, introduzir mudanças ou novas atividades para aperfeiçoar sua aula e torná-la facilitadora no processo da aprendizagem. (MAROQUIO, 2021, p.2)

Um dos fatores que a literatura destaca sobre o uso de SD no processo de ensino e aprendizagem, é o seu desenvolvimento voltado para a investigação e situações do cotidiano dos alunos. Quando eles veem a relação de um conteúdo químico com algo do seu dia a dia, a investigação durante a SD se torna mais interessante e participativa, por parte dos estudantes. Maroquio (2021) evidencia sobre o uso da SD:

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).

Guimarães e Giordan (2013) aponta que o professor atua estabelecendo o diálogo entre os conceitos científicos e seus alunos. As SD auxiliam no desenvolvimento profissional do professor, pois a definição dos conteúdos, identificação das condições de ensino e a seleção de dinâmicas e metodologias se concretizam segundo um objeto de ensino. O resultado desta atuação profissional do

professor é o instrumento mediador do processo de ensino-aprendizagem que se deseja materializar.

O professor desempenha papel fundamental na elaboração de atividades de ensino, pois é por meio desse instrumento de mediação que o aluno estabelecerá relação entre os fenômenos e processos das ciências. Para tal, é preciso adotar uma perspectiva problematizadora para o ensino e para a aprendizagem, de tal forma que se construa um autêntico diálogo em sala de aula. (GUIMARÃES e GIORDAN, 2013, p. 2).

A atividade profissional docente extrapola o ato de lecionar, reivindicando responsabilidades que não se esgotam no tempo e espaço estrito da sala de aula. Toda essa conjuntura transmite aos docentes dinâmicas relacionadas à organização e gestão do trabalho educativo, a qual, em um meio de educação formal exige uma importante atividade de planejamento. Assim como o planejamento de ensino ressignificado e englobado à pesquisa é importante para o surgimento de inovações educacionais (BEGO, A. M.; ALVES, M.; GIORDAN, M., 2019).

A dificuldade dos alunos no estudo da química está relacionada ao fato do seu aprendizado exigir conhecimentos em outras disciplinas exatas como Matemática e Física. O autor ainda enfatiza sobre a ausência de profissionais qualificados, uso de metodologias incorretas ou até mesmo falta de materiais para uso nas práticas de laboratório. Tudo isso reflete na formação dos alunos, seja do ensino superior ou educação básica (BEGO, A. M.; ALVES, M.; GIORDAN, M., 2019).

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 e elaboração e compreensão de modelos científicos (SANTOS et al., 2013).

Com o avanço das pesquisas na área da educação, muitas metodologias de ensino foram sendo desenvolvidas. Hoje um professor tem formas diversas, para abordar assuntos de Química com seus alunos, como por exemplo, as SD. É importante salientar com esse fato, a importância do professor se manter atualizado, para saber quando mudar hábitos antigos, e implementar novas ferramentas em seu método de ensino.

A nossa sociedade vive em constante mudança e a forma de ensinar consequentemente acompanha esse movimento, como exemplo, temos a chegada da

tecnologia na sala de aula. Durante a pandemia do COVID-19 as escolas tiveram que se adaptar rapidamente ao ensino remoto. As dificuldades durante esses mais de dois anos de pandemia, mostraram a importância da formação continuada para professores, visando a preparação destes para as necessidades do ensino.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Propor uma sequência didática, como uma alternativa para os professores utilizarem no ensino de um dos polímeros mais importantes em nossa sociedade, o PTFE comercialmente conhecido como TEFLON.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Buscar diferentes estratégias de ensino;
- Realizar um levantamento bibliográfico sobre o PTFE.

4 METODOLOGIA

Foi produzida uma proposta de SD sobre o PTFE composta por seis etapas. Estas foram organizadas buscando trazer uma ordem cronológica, com as principais propriedades e características deste polímero. A SD tem como público-alvo alunos do Ensino Médio, tendo em vista que o conteúdo de “polímeros” geralmente é visto nesta etapa da educação, pois é quando se inicia os estudos de Química Orgânica.

Para a construção da 1ª etapa da SD foi feita uma pesquisa sobre a descoberta do PTFE e do Químico Roy Plunkett. Na 2ª etapa foi pesquisado sobre as principais aplicações deste polímero na indústria, e a sua importância para a nossa sociedade. Na construção da 3ª etapa foi pesquisado sobre a Química do PTFE, quais as suas principais propriedades e a relação delas com a estrutura do polímero.

Na construção da 4ª etapa foi feita uma pesquisa no site da marca *chemours*, buscando as recomendações de uso oferecidas aos clientes. Destacando a temperatura de uso adequada e o cuidado com os pássaros ao cozinhar com panelas contendo PTFE. Para a construção da 5ª etapa foi feita uma pesquisa sobre filmes, vídeos, documentários e artigos que relatam sobre o descarte de material tóxico utilizado na polimerização do PTFE. Tema que nas últimas décadas ganhou a mídia principalmente com o caso do advogado Rob Billot e sua briga judicial com a Dupont que durou cerca de 20 anos. E por fim, para a construção da 6ª etapa foi feita uma pesquisa sobre como é a forma correta de se fazer um descarte de material tóxico, e o que a legislação brasileira diz sobre isso.

Cada momento da SD possui tema, objetivo, justificativa, tempo de duração, público-alvo e desenvolvimento. Distinguindo-se das aulas expositivas, os momentos da SD, possuem diferentes atividades que o professor utilizará para conduzir a discussão e a explicação.

Buscou-se na elaboração da SD utilizar de ferramentas como situações problemas e pequenos questionários, com o objetivo das respostas conduzirem a discussão em aula, possibilitando encontros contextualizados e dialogados. Também foi elaborado perguntas e respostas, como ferramenta de avaliação, como por exemplo, na 3ª etapa da SD os alunos precisam analisar as perguntas do Quadro 1 e correlacionar com as respostas oferecidas no Quadro 2 e com base nas etapas anteriores da SD colocar as respostas corretas ao lado de suas respectivas perguntas. Atividades como estas buscam dar uma maior autonomia aos alunos, que dessa forma

ficam mais atentos às etapas da SD para responderem corretamente às questões das avaliações.

Os temas para cada momento tratam desde momentos históricos como a descoberta do polímero, até um estudo do PTFE tendo como base um filme. Essa abrangência de conteúdos acerca de um único assunto, visa mostrar aos alunos o alcance da ciência e o quanto temos a aprender. Além de observar como a história da ciência é repleta de curiosidades.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O PTFE COMERCIALMENTE CONHECIDO COMO TEFLON

1º ETAPA: A curiosa história da descoberta do PTFE comercialmente conhecido como Teflon

OBJETIVO: Discutir com os alunos como o Teflon foi descoberto.

JUSTIFICATIVA: As descobertas científicas acidentais, geralmente não estão presentes no imaginário popular. Quando sai nos jornais notícias de avanço científico ou de descobertas, os resultados são obtidos através de análises e repetições. Seja de longo prazo ou de curto prazo, como foi o caso das vacinas para a Covid-19. Em alguns casos da história da ciência, os cientistas estavam trabalhando em uma pesquisa, e acidentalmente descobriram outra coisa. Isso ocorreu durante a descoberta do PTFE. O cientista Plunkett (1910 - 1994) estava estudando sobre novos gases refrigerantes para serem utilizados em geladeiras, e durante sua pesquisa acabou descobrindo um dos polímeros mais importantes para a Indústria Química, que é o Teflon.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do Ensino Médio

TEMPO ESTIMADO: 1 a 2 aulas de 50 min.

DESENVOLVIMENTO:

O professor apresenta aos alunos o seguinte questionamento:

- Você conhece o PTFE ou já ouviu falar desse polímero?

Nesse momento é iniciado uma roda de conversa sobre o assunto, o professor pode colocar no quadro, as respostas que forem surgindo durante a discussão. Após a discussão inicial, um texto será apresentado aos alunos, o professor escolherá um aluno para ler para a turma.

O texto intitulado: Quem inventou o teflon?⁵

O texto aborda o processo de descoberta do PTFE, quem o descobriu e a sua importância para a indústria. Com o texto os alunos passam a se familiarizar com a história da descoberta do PTFE, patenteado pela empresa Dupont, como Teflon.

AVALIAÇÃO:

Resposta a três perguntas em forma de texto:

1. O que Plunkett estava pesquisando, quando acidentalmente descobriu o PTFE?
2. Onde o PTFE foi usado pela primeira vez?
3. Você já usou algum material contendo PTFE?

2º ETAPA: A importância do PTFE para a Indústria Química

OBJETIVO: Abordar com os alunos a importância do PTFE para a Indústria Química, sua evolução e sua popularidade nas panelas.

JUSTIFICATIVA: O PTFE foi descoberto acidentalmente, e após muitas pesquisas foi aplicado em várias áreas da indústria. Hoje em dia é quase impossível existir alguma área na indústria que não utilize esse polímero. A sua principal aplicação em termos de conhecimento na sociedade é a sua utilização nas panelas. Fazendo com que nenhum alimento grude no utensílio, por conta da propriedade de antiaderência que este polímero tem. Porém, a maioria das pessoas não entendem o porquê disso acontecer. Logo, uma aula explicando as principais propriedades é importante. O PTFE tem inúmeras propriedades que o tornam único.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do Ensino Médio

TEMPO ESTIMADO: 1 a 2 aulas de 50min.

DESENVOLVIMENTO:

⁵ Disponível em: <https://www.tricurioso.com/2018/11/09/quem-inventou-o-teflon/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

1º: O professor explica as principais propriedades do PTFE para a turma. Utilizando uma apresentação de slides, adicionando figuras que representam essas propriedades. Como também pequenos vídeos, que retratem suas propriedades, como por exemplo, vídeos mostrando que nenhum alimento gruda no PTFE.

Sugestão de vídeo: Gecko on a teflon⁶

2º: Proposta de uma situação problema para os alunos sobre o Teflon

Giovana está na cozinha com sua mãe enquanto ela lava os pratos, em determinado momento sua mãe reclama da dificuldade de lavar a frigideira porque as comidas ficam grudadas e demoram a sair. Giovana rapidamente lembra que no dia anterior viu em uma loja uma propaganda sobre as frigideiras antiaderentes, mas não diz nada. Na semana seguinte é aniversário de sua mãe, ela comenta com seu pai sobre o melhor presente para sua mãe, sugerindo essa frigideira, o pai aceita a sugestão e juntos compram a frigideira antiaderente para a Teca, sua mãe. Giovana fica radiante por ver sua mãe animada com o novo presente, após o primeiro uso, Teca vê o resultado e fica super empolgada ao notar que nada gruda na panela, além da sua facilidade em ser lavada, ela logo questiona a filha sobre esse fenômeno, Giovana diz que vai pesquisar mais, para poder explicar melhor.

Após a leitura da situação problema, a turma será dividida em grupos de cinco alunos. E cada grupo irá propor uma explicação para essa situação.

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NKCSn3y-jls>. Acesso em: 27 jun. 2022.

AVALIAÇÃO:

Cada grupo escolhe um representante entre os seus cinco participantes para falar sobre a resolução da situação problema. Após cada grupo falar, o professor faz um breve comentário sobre as respostas, destacando os principais pontos levantados pelos alunos. E encerra explicando a situação problema para a turma.

3º ETAPA: A Química do PTFE e a sua presença nas panelas

OBJETIVOS: Apresentar a Química do PTFE, pautando-se em sua fórmula estrutural. Explicar como a estrutura química é responsável pelas características do PTFE.

JUSTIFICATIVA: O PTFE é um dos principais polímeros utilizados na indústria, a sua importância é muito grande para diversas aplicações. Muito da sua importância se dá por sua forma estrutural.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do terceiro ano do Ensino Médio

TEMPO ESTIMADO: 2 a 3 aulas de 50min.

DESENVOLVIMENTO:

1º: O professor pode começar a aula relembrando a história da descoberta do PTFE. Comentando que Plunkett estava estudando sobre novos gases refrigerantes, e durante um experimento com o TFE, ao perceber que o gás não saía do cilindro testado, resolveu abri-lo. Encontrando um pó branco ele e seus assistentes perceberam que algo de diferente havia acontecido, porém Plunkett não tinha percebido naquele momento, que acabava de descobrir um polímero tão importante para a nossa sociedade. E que após anos de pesquisa, as suas propriedades o fazem um polímero imprescindível para a Indústria Química.

2º: Após essa pequena introdução histórica, o professor pode fazer alguns questionamentos à turma sobre essas propriedades do PTFE conhecido como Teflon.

Sugestões de questionamentos:

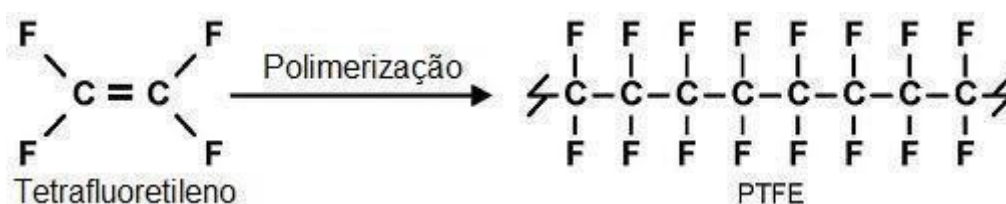
1. Por que nada gruda no PTFE?
2. Por que o PTFE é tão liso?

3. O que torna o PTFE antiaderente?

O professor pode anotar no quadro as opiniões dos alunos, e iniciar uma roda de conversa. Tentando fazer com que os alunos interajam mais e tentem achar respostas cada vez mais perto do que é esperado para esse momento.

3º: Nesse momento o professor já pode colocar a estrutura do TFE no quadro. E ao lado a estrutura do PTFE.

Figura 3 - Estrutura Química do PTFE



Fonte: Tudo sobre Plásticos (2022)⁷

É importante deixar claro para os alunos que polímeros são moléculas enormes e no caso do PTFE são muito estáveis, principalmente pela presença dos átomos de Flúor. A presença deste átomo por toda a cadeia carbônica, estabiliza a molécula, fazendo com que o PTFE seja tão escorregadio ao ponto de praticamente nada grudar nele. Por isso, nada gruda em uma panela com PTFE, por exemplo.

As características diferenciadas do PTFE, que fazem dele ser fabricado por diversas empresas e utilizado nas mais diferentes aplicações como revestimentos antiaderentes, isolamento elétrico de fios e cabos e peças técnicas como anéis de vedação em sistemas automotivos e sedes de válvulas. Se devem à sua estrutura molecular composta por átomos de flúor ligados a uma longa cadeia carbônica.

STRABELLI *et al.* (2014) cada ligação carbono-flúor tem uma energia envolvida de $116 \text{ kcal mol}^{-1}$, muito elevada quando comparada à ligação carbono-hidrogênio 95 kcal mol^{-1} e para a ligação carbono-carbono 83 kcal mol^{-1} . Essa elevada energia que envolve a ligação carbono-flúor confere ao Teflon estabilidade química e térmica excepcionais.

Sugestão de vídeo: Por que nada gruda no TEFLON?⁸

⁷ Disponível em: <https://www.tudosobreplasticos.com/materiais/ptfe.asp>. Acesso em: 09 nov. 2022.

⁸ Disponível em : <https://www.youtube.com/watch?v=rJobEmjVrQ0>. Acesso em: 13 out. 2022.

AVALIAÇÃO:

Quadro das principais características do PTFE

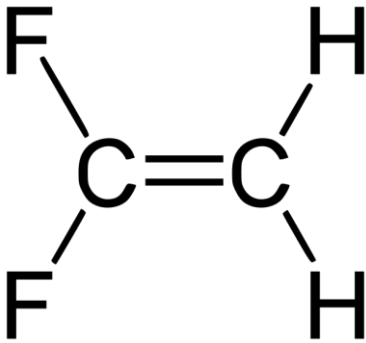
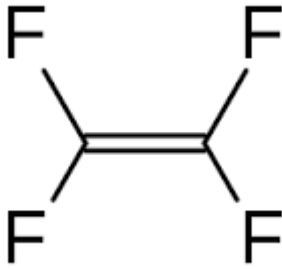
O Quadro traz 8 questões sobre a história e a Química do PTFE, com base nos conhecimentos adquiridos na SD o aluno deve preenchê-lo corretamente. Para ajudá-lo nesse processo, o Quadro 2 apresenta respostas aleatórias, que o aluno deverá analisar e escolher a alternativa correta para a pergunta do Quadro 1.

Figura 4 - Modelo de quadro (ilustrativo) - Perguntas sobre a história e as principais características do PTFE

Quem foi o cientista que descobriu acidentalmente o PTFE?	
Por que o PTFE é tão estável?	
Qual é a fórmula estrutural do TFE?	
Qual é a fórmula estrutural do PTFE?	
Qual o nome da empresa que o PTFE foi descoberto e patenteado com o nome Teflon?	
Característica comum nas panelas que possuem PTFE.	
O PTFE foi utilizado na Segunda Guerra Mundial, mais especificamente em um projeto que envolveu inúmeros cientistas. Qual o nome desse projeto?	
Qual é a definição de polimerização?	

Fonte: A autora (2022).

Figura 5 - Modelo de quadro (ilustrativo) - Respostas aleatórias para a resolução das perguntas do Quadro 1

Antiaderência	Projeto Manhattan	Dupont
A presença de átomos de flúor faz a molécula ter essa característica.	$\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right)_n$	Dow
	... é o nome do processo químico que resulta na formação de macromoléculas (moléculas grandes) denominadas de polímeros, mediante a combinação de moléculas menores, os monômeros.	
...é toda reação química em que um combustível (material oxidável) reage com um comburente.	$\left(\begin{array}{cc} \text{F} & \text{F} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right)_n$	Albert Einstein
Roy Plunkett	A presença dos átomos de carbono faz a molécula ter essa característica.	Ocorrem quando um ácido e uma base reagem, formando sal e água.

Fonte: A autora (2022).

4º ETAPA: O cuidado com os pássaros ao utilizar panelas com PTFE

OBJETIVOS: Analisar a discussão sobre o uso do PTFE em altas temperaturas e o cuidado com os pássaros.

JUSTIFICATIVA: O PTFE tem propriedades muito importantes e isso faz dele esse plástico tão especial. Sendo uma das mais importantes a sua capacidade de trabalhar em altas temperaturas, que vai de cerca de -200°C a cerca de 300°C . Em temperaturas altas, ou seja, acima de 300°C o PTFE começa a degradar, e nesse processo libera toxinas ao ambiente, o que pode ser muito perigoso.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do Ensino Médio

TEMPO ESTIMADO: 1 a 2 aulas de 50 min .

DESENVOLVIMENTO:

Observação: Os alunos já devem conhecer as principais propriedades do PTFE.

1º: O professor lê o seguinte caso.

Maria precisou ir de última hora ao centro da cidade resolver uma emergência no banco. Ela estava começando a preparar o seu almoço, tinha acabado de colocar a carne na frigideira, quando o gerente ligou, solicitando que ela comparecesse o mais rápido possível à agência. Maria pega sua bolsa e logo segue para a agência, esquecendo de apagar o fogo da sua frigideira. O seu caso demora a ser resolvido, quando finalmente é resolvido e Maria está saindo da agência, encontra uma velha amiga e vão tomar um café e colocar o papo em dia. Quando Maria chega em casa, percebe o que aconteceu, deixou o fogo ligado, mas o que mais a deixa assustada é ver seus dois passarinhos que ficavam em uma gaiola na sua cozinha, mortos. Sem entender direito o que aconteceu, logo liga para seu filho Tomás contando o que aconteceu. Como o filho dela é um Químico, ao ouvir a história pergunta qual panela estava no fogo, logo responde que é a que ele deu de presente no dia das mães. Então ele conclui o que aconteceu e explica para sua mãe. Com base nos seus conhecimentos químicos, qual explicação o filho deu à sua mãe?

2º: Apresentar aos alunos o que a marca Teflon orienta em se tratando de temperatura das panelas com revestimento antiaderente.

Em seu site a marca Teflon apresenta a melhor maneira de manter o revestimento antiaderente com bom desempenho. A marca diz que é importante não pré-aquecer as panelas antiaderentes em fogo alto sem comida, é interessante iniciar com o fogo

baixo usando alguma gordura ou óleo ou com a comida já inclusa. Painelas e tachos vazios conseguem atingir altas temperaturas rapidamente e ao atingirem temperatura acima de 348°C o revestimento pode começar a degradar.

A marca também sugere não utilizar painelas e assadeiras antiaderentes em fornos com temperatura superior a 260°C. Além de poderem descolorir a superfície do revestimento, as altas temperaturas também podem fazer com que ele perca algumas de suas propriedades antiaderentes. Também não é recomendado utilizar painelas revestidas com Teflon para grelhar ou cozinhar em temperaturas geralmente usadas para grelhar alimentos.

Outro ponto ressaltado no site é o de que os revestimentos antiaderentes de Teflon são projetados para não lascas ou descascar. Porém, se uma pessoa acidentalmente ingerir um fragmento de revestimento antiaderente, o fragmento não é tóxico e passaria pelo corpo sem ser absorvido. Levando em consideração a estrutura Química do Teflon, que o faz ter característica inerte, dados indicam que não há efeitos para a saúde, consequente da ingestão acidental de fragmentos de revestimento antiaderente.

Figura 6 - Modelo de quadro (ilustrativo) - Temperatura de uso recomendada pela Dupont

Temperatura da panela, °F	Temperatura da panela, °C	Uso para cozinhar
212	100	Ponto de ebulição da água
325-400	163-204	Gama normal para assar biscoitos, bolos, etc.
400-470	204-243	Gama normal para carne assada
450	232	Assar aves ou legumes
500-550	260-288	Grelhados

Fonte: Adaptado do site *Chemours*⁹

⁹ Disponível em: https://www-teflon-com.translate.goog/en/consumers/teflon-coatings-cookware-bakeware/safety?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc. Acesso em: 17 out. 2022.

3º: Apresentar aos alunos como a temperatura afeta os pássaros

Em seu site a marca comenta sobre os cuidados com os pássaros, pois a cozinha não é o melhor lugar para os pássaros morarem. Fumaça e odores de cozinha que pouco efeito tem sobre as pessoas, podem agir de forma diferente com os pássaros podendo rapidamente adoecer e até matar alguns pássaros rapidamente, pois o sistema respiratório deles é mais frágil. Quando as panelas são deixadas sem supervisão e são superaquecidas ou quando estas são aquecidas sem nada adicionado à panela essas podem liberar gases tóxicos para os pássaros.

AVALIAÇÃO:

Produção de texto de aproximadamente 15 linhas com o seguinte embasamento: Comente sobre a importância de conhecermos as orientações que a empresa tem sobre seu produto antes de sairmos usando. Tenha como base o exemplo do Teflon apresentado na aula.

5º ETAPA: Discussão sobre o tema Teflon através do filme “O preço da verdade”

OBJETIVOS: Trabalhar a situação do PTFE apresentada no filme.

JUSTIFICATIVA: O PTFE é um dos polímeros mais importantes para a Indústria Química. Porém, recentemente com a publicação de um artigo em 2016 pelo jornal “*The New York Times*”, relatando toda a situação vivida por Robert Billot, um advogado ambientalista que trabalha para uma grande empresa corporativa de advocacia especializada em defender as grandes Indústrias Químicas. Muitas pessoas ficaram preocupadas e intrigadas com o que o descarte irregular do material tóxico usado na polimerização do PTFE poderia trazer para a sociedade. Com base nesse artigo foi lançado em 2019, o filme Dark waters - O preço da Verdade, baseado em fatos reais.

PÚBLICO - ALVO: Alunos do Ensino Médio

TEMPO ESTIMADO: 3 a 4 aulas de 50min.

DESENVOLVIMENTO:

1º: O professor solicita aos alunos que escrevam em uma folha quatro palavras que marcam cenas dos filmes. Como também a cena que mais chamou a atenção deles. Em seguida, o professor inicia uma discussão com os alunos, mediando as falas, solicitando a leitura das palavras destacadas pelos alunos e da cena marcante para cada um. Lembrando sempre ao aluno a importância de respeitar a opinião do outro quando essa diverge da dele.

2º: Nesse momento, o professor pode falar que hoje em dia a empresa Dupont, que passou por divisões internas nos últimos anos e a parte de Química ficou sob responsabilidade da Chemours. Não utiliza mais o ácido perfluorooctanoico (PFOA), (ácido tóxico, que causou alguns dos danos apresentados pelo filme), em sua produção de PTFE. A empresa encontrou outro material menos tóxico para ser utilizado. Mas nessa discussão pode-se abordar sobre como o descarte irregular de material tóxico é prejudicial à sociedade, podendo causar danos, principalmente à saúde daqueles que têm contato diretamente.

3º: Após essa discussão, o professor pode entregar uma cópia a cada aluno contendo algumas questões.

Sugestões de questões:

- Cite algo de Química que apareceu no filme e você se lembra?
- Na sua opinião, por que muitas indústrias não deixam claro essas informações para a sociedade, como no filme?
- Na sua opinião, o filme como um divulgador de toda a situação, é uma ferramenta que auxilia a sociedade a ficar mais atenta e cobrar das indústrias o descarte correto dos materiais utilizados, bem como do bem-estar da população diretamente afetada?

AValiação:

- A resposta das questões feitas durante a aula.
- O professor pode perguntar aos alunos se eles conhecem alguma empresa que se preocupa com a causa ambiental ou se já viram alguma propaganda na TV ou na internet de empresas falando sobre isso.

6º ETAPA: A importância do descarte adequado de material tóxico

OBJETIVOS: Trabalhar com os alunos a importância do descarte adequado dos materiais, principalmente o de material tóxico.

JUSTIFICATIVA: Após o filme e abordagem anterior, que retratou sobre descarte inadequado do material tóxico, essa aula visa apresentar aos alunos como materiais tóxicos devem ser corretamente descartados.

PÚBLICO-ALVO: Alunos do Ensino Médio

TEMPO ESTIMADO: 1 a 2 aulas de 50min.

DESENVOLVIMENTO:

1º: O professor inicia a aula comentando sobre as respostas dos alunos da última aula. Onde eles responderam questões sobre o filme. O professor pode destacar respostas dos alunos e fazer pequenos comentários dessas respostas, como pequenas correções e apontamentos positivos nos escritos dos alunos.

2º: O professor pode questionar seus alunos se sabem de outros acidentes ambientais ligados a indústrias. E se assistiram filmes que tratavam dessas histórias.

3º: Nesse momento o professor pode aprofundar a discussão do descarte, utilizando uma apresentação de slides, com imagens de lugares afetados.

Tendo como embasamento a lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). No capítulo IV, trata dos resíduos perigosos e nos artigos 37 e 38 diz que:

De acordo com o Art. 37 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, “A instalação e o funcionamento de empreendimento ou atividade que gere ou opere com resíduos perigosos somente podem ser autorizados ou licenciados pelas autoridades competentes se o responsável comprovar, no mínimo, capacidade técnica e econômica, além de condições para prover os cuidados necessários ao gerenciamento desses resíduos.” (Brasil, 2010)

De acordo com o Art. 38 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, “Às pessoas jurídicas que operam com resíduos perigosos, em qualquer fase do seu gerenciamento, são obrigadas a se cadastrar no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos.” (Brasil, 2010)

Com base na legislação nacional, o docente mostrará aos alunos como as indústrias devem proceder para fazer o descarte adequado. É válido também, dentro dessa discussão, falar sobre a importância da Indústria Química para a nossa sociedade. Muitos dos benefícios que temos hoje se deve a suas aplicações. Amparada pela legislação, as indústrias têm um itinerário a cumprir. Acidentes e descasos fazem alguns acharem que a Química é uma vilã para a sociedade. No entanto, com transparência e responsabilidade, a Indústria Química é uma grande aliada no nosso dia a dia.

AVALIAÇÃO:

Os alunos farão uma pesquisa sobre empresas que são pioneiras no descarte correto de materiais tóxicos e no cuidado e responsabilidade com o meio ambiente, bem como na divulgação e conscientização da população para a causa ambiental.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem como objetivo propor ao professor de Ensino Médio uma SD sobre o PTFE. Levando em consideração a grande quantidade de conteúdos presentes nos livros didáticos, que por vezes impossibilitam o professor de abordá-los por completo durante o ano letivo.

A elaboração desta SD busca ser um itinerário para o professor, a fim de que ele possa utilizá-lo de forma prática nas suas turmas. A SD tem todo o passo a passo de cada um dos seis momentos, com atividades que tratam de aspectos relacionados com o PTFE. Como o estudo da sua estrutura química ou, uma discussão sobre o filme “O preço da verdade”, por exemplo. Além de sugestões de avaliações, as quais o professor, se achar necessário, poderá fazer pequenas adaptações para sua turma. O professor não é obrigado a seguir tudo como consta na SD, mas usá-la como base para a explicação desse assunto. Cada professor tem uma realidade diferente, as escolas não são iguais, e os alunos tampouco, principalmente em escolas públicas.

Com esse material em mãos o professor tem um percurso definido para trabalhar com um dos polímeros mais utilizados nas indústrias e pouco explorado em sala de aula. Abordar esse assunto e relacioná-lo com sua utilização nas panelas, por exemplo, ajuda na forma como os alunos vão se interessar, pois é um material comum no nosso dia a dia. Muitas empresas utilizam esse material em suas panelas, evitando que qualquer material grude nelas. Conhecer a história da primeira empresa que começou a fabricar o PTFE, por exemplo, torna o processo de aprendizagem mais instigante. A descoberta dele tem uma história um tanto quanto curiosa, fazendo com que seu estudo seja atrativo para os alunos.

A SD, em seus seis momentos de atividades, traz uma continuação de circunstâncias importantes para o PTFE, desde a sua descoberta, passando pela sua Química, chegando na discussão do filme “O preço da verdade” e na causa ambiental que nos últimos anos entrou no debate público, e fez a Dupont mudar sua forma de fabricação do PTFE.

Diante do que foi apresentado até aqui, é esperado que este trabalho seja um instrumento para professores da Educação Básica utilizarem em suas turmas de terceiro ano do Ensino Médio. O modelo apresentado dá total liberdade ao professor de fazer as devidas alterações consideradas pertinentes, para um melhor rendimento de sua turma. Seja diminuindo a quantidade de momentos, mudando uma sugestão

de avaliação ou utilizando um vídeo diferente do sugerido, por exemplo. A SD é uma ferramenta para os professores, e as etapas que constituem a sequência tornam a aprendizagem mais instigante pela continuidade de descobertas.

REFERÊNCIAS

BARBALACE, R. C. Dupont acoberta seu produto Teflon. **Nosso futuro roubado**, 22 mar. 2006. Disponível em: <https://nossofuturoroubado.com.br/old/0806te%20teflon.htm> Acesso em: 03 fev. 2023.

BEGO, A. M.; ALVES, M.; GIORDAN, M. O planejamento de sequências didáticas de química fundamentadas no Modelo Topológico de Ensino: potencialidades do Processo EAR (Elaboração, Aplicação e Reelaboração) para a formação inicial de professores. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 25, n. 3, p. 625-645, 2019

BRASIL. Presidência da Republica. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

CANEVAROLO JUNIOR, Sebastião V. **Ciência dos polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2002.

CHEMOURS. **Cooking and bird safety**. Wilnington: Chemours, 2022. Disponível em: <https://www.teflon.com/en/consumers/teflon-coatings-cookware-bakeware/safety/bird-safety> Acesso em: 31 ago. 2022

CHEMOURS. **Safety of Teflon nonstick coatings**. Wilnington: Chemours, 2022. Disponível em: <https://www.teflon.com/en/consumers/teflon-coatings-cookware-bakeware/safety> Acesso em: 31 ago. 2022.

DIAS, Diogo Lopes. "O que é polimerização?" **Brasil Escola**. [20--]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-polimerizacao.htm>. Acesso em: 01 dez. 2022.

EBNESAJJAD, Sina. **Expanded PTFE applications handbook**: technology, manufacturing and applications. Cambridge, MA: Elsevier, 2017. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=2veWaYOQ2ikC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Teflon+discovery+and+application&s&ots=nPfOXzK8Zy&sig=-Wyu7trHoWZ0luPRjmr7lu6VkTk#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 5 fev. 2022.

GOMES, P. **Modificação da superfície e caracterização do politetrafluoretileno (PTFE) para aplicação em regeneração óssea guiada (ROG)**. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2018.

GRISOTTO, Raquel. A alquimia da Dupont: como a empresa está preparando sua transformação. **Época negócios**, 2015. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2015/12/alquimia-da-dupont.html> Acesso em: 17 out. 2022.

GUIMARÃES, Yara A. F.; GIORDAN, Marcelo. Elementos para validação de sequências didáticas. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO

EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia, SP. **Atas [...]. Águas de Lindóia: UFG, 2013. p. 1-8.**

MAROQUIO, Vanusa Stefanon. Sequências didáticas como recurso pedagógico na formação continuada de professores. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, PR, v. 7, n. 10, p. 95397-95409, 2021.

NEGRINI, Renata. **Quantificação da migração específica de contaminantes metálicos provenientes de utensílios revestidos com Politetrafluoretileno em simulante ácido de alimentos.** 2021. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2021.

PIEIDADE, Lucas Pereira. **Determinação do módulo de elasticidade à torção do Politetrafluoretileno (PTFE) utilizando espectroscopia mecânica.** 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2019.

RICH, Nathaniel. The lawyer who became dupont's worst nightmare. **The New York Times Magazine**, 2016. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2016/01/10/magazine/the-lawyer-who-became-duponts-worst-nightmare.html> Acesso em: 10 fev. 2022.

SILVA, A. B. da. **Estudo das propriedades tribomecânicas de compostos de politetrafluoretileno com Quasicristal.** 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PR, 2018.

STRABELLI, Patrícia Giunchetti *et al.* Influência de variáveis de sinterização na microestrutura de peças de PTFE moldadas por prensagem isostática. **Polímeros**, v. 24, n. 5, p. 612-619, 2014

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed. 1998.