

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

3


Atena
Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

3


Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



O ensino e a pesquisa em química 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 O ensino e a pesquisa em química 3 / Organizador
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-761-8
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.618210612>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química 3” é constituído por quinze capítulos que foram organizados em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* ensino de química: processos formativos e a importância de atividades experimentais contextualizadas; *ii)* preparo de materiais metálicos e síntese aplicada ao desenvolvimento de materiais, substâncias com propriedades biológicas e bicomustíveis e; *iii)* avaliação e monitoramento da qualidade dos recursos hídricos.

O primeiro tema é composto por sete capítulos de livro que procuraram investigar a importância do aprendizado de conceitos técnico-científicos e de atividades experimentais para o melhor aprendizado do estudante do ensino médio na área de química. O desenvolvimento de atividades de extensão voltado para o contexto social possibilitou um maior aprendizado da química por intermédio da interdisciplinaridade com outras áreas da ciência e o desenvolvimento de uma consciência ambiental, a princípio, dentro do contexto escolar e que poderá ser disseminado por toda a sociedade a fim de se atingir uma maior conscientização coletiva, proporcionando a mudança em ações e atitudes que levam a consequências negativas para o meio ambiente e retorna a espécie humana com inúmeras consequências negativas.

A segunda temática é composta por cinco capítulos que apresentaram estudos voltados para o preparo de barras utilizando a técnica de Extração por sorção em barra de agitação (SBSE), visando aumentar a inércia química e, conseqüentemente, reduzir o processo de corrosão metálica e aumentando a vida útil deste material. Os outros quatro capítulos apresentaram processos de reação de síntese com o intuito de produzir nanomateriais enriquecidos com biomassa de origem vegetal; produção de quinolina para combater a Leishmaniose que é uma doença parasitária muito presente em países tropicais como o Brasil; a síntese da 2-metilariquinonas com elevada propriedades biológicas que podem vir a ser utilizadas na química medicinal. Por fim a reação de síntese e avaliação de um eletrocatalisador com um enorme potencial para ser utilizado em células de combustíveis para aplicação na produção de bioetanol.

O terceiro e último tema é composto por três capítulos de livro com estudos que procuraram avaliar a degradação de biodiesel utilizando processos em condições anaeróbicas; a distribuição de gás metano presente no sedimento da superfície do Lago Paranoá em Brasília. Por último, um estudo realizado e coordenado por pesquisadores da Universidade de Brasília, que objetiva a possibilidade de monitorar o uso de drogas ilícitas por meio da excreção de usuários na rede de esgoto domiciliar.


Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS DE ÁCIDOS E BASES DE ARRHENIUS POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE ENSINO NOS ESTADOS DO ACRE E AMAZONAS

Leandro Junior Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106121>

CAPÍTULO 2..... 12

A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO: VIDEOAULAS EXPERIMENTAIS COMO FERRAMENTAS NO ENSINO REMOTO


Oswaldo Pacheco Freitas

Ludimila Barbosa dos Santos

Jéssica Del Nero

Deise Ane Oliveira Silva

Mírian da Silva Costa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106122>

CAPÍTULO 3..... 26

A INFLUÊNCIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO CONTEÚDO DE OXIRREDUÇÃO PARA O 2º ANO DO ENSINO MÉDIO

Fernanda Meneses Amaral

Maria Sorileide Costa Teixeira

Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho


Antônia Flávia Silva Magalhães

Maria Tamires Cordeiro Pereira

Maria Fabiana Araujo da Silva

Ana Kerly Oliveira de Brito

Patrícia Teixeira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106123>

CAPÍTULO 4..... 42

FABRICAÇÃO DE SABÃO ECOLÓGICO E ARTESANAL NO ALTO SERTÃO PARAIBANO: CONSCIÊNCIA AMBIENTAL ALIADA AO ENSINO DE QUÍMICA

José Manuel Amancio da Silva

Francisco Ferreira Batista

Lucas Ferreira Batista


Maíre Gomes de Meneses

José Iran Filho

Éricka Anulina Cunha de Oliveira

Pedro Nogueira da Silva Neto

Polyana de Brito Januário

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106124>

CAPÍTULO 5.....53

RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM COLÉGIO DA REDE ESTADUAL NA CIDADE DE PEDRO II- PIAUÍ: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA


Fernanda Meneses Amaral
Maria Sorileide Costa Teixeira
Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho
Renata da Silva Carneiro
João Breno Barros da Silva
Larissa Viana Souza
Ana Karina Borges Costa
Hisley Feitosa Meneses
Aline Maria da Silva Duarte
Heloisa de Sousa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106125>

CAPÍTULO 6.....61

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PIGMENTOS RUPESTRES DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DE INHUMA (PIAUÍ) POR MEIO DA ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X PORTÁTIL ALIADA A TRATAMENTO QUIMIOMÉTRICO


Jacira Izidório de Moura
Maria Conceição S. M. Lage
Benedito Batista Farias Filho
Wilkins Oliveira de Barros
Anna Luiza Bizerra de Brito
Luanne Miranda Lustosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106126>

CAPÍTULO 7.....78

A IMPORTÂNCIA DA ALFABETIZAÇÃO/LETRAMENTO CIENTÍFICO EM QUÍMICA PARA ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA, CURSOS DE LICENCIATURA E PROFESSORES EM FORMAÇÃO CONTINUADA


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Anelise dos Santos Mendonça Soares
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106127>

CAPÍTULO 8.....91

PREPARO DE BARRAS PARA SBSE SOBRE SUBSTRATO METÁLICO MAGNETIZÁVEL DE ALTA INÉRCIA

José Carlos Rodrigues
Fernanda Maria Rodriguez


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106128>

CAPÍTULO 9.....107

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO REDUZIDAS COM CASCA DE ROMÃ (*Punica granatum* L.)

Rafaela Spessemille Valotto

Wanderson Juvencio Keijok
Marco Cesar Cunegundes Guimarães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106129>


CAPÍTULO 10..... 117

SÍNTESES DE ANALOGOS QUINOLÍNICOS CON ACTIVIDAD LEISHMANICIDA *IN VITRO*
SOBRE *Leishmania (Viannia) panamensis*

Gilmar Gabriel Santafé Patiño

Fernis José Marin Severiche

Sara María Robledo Restrepo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061210>

CAPÍTULO 11 132


SÍNTESE DE 2-METOXIARIL ALQUINONAS E AVALIAÇÃO DE SUA REATIVIDADE EM
REAÇÃO DE CICLIZAÇÃO ELETROFÍLICA

Angélica Ribeiro Claus

Daniela Aline Barancelli

Estela dos Reis Crespan

Letícia Ledo Marciniuk

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061211>

CAPÍTULO 12..... 143

SÍNTESES Y EVALUACIÓN DEL ELECTROCATALIZADOR $Pt/Al_2O_3/C$ PARA SU FUTURA
APLICACIÓN EN CELDAS DE COMBUSTIBLE DE BIO-ETANOL DIRECTO

Nallely Téllez Méndez

Sergio Alberto Gamboa Sánchez

Laura Alicia Paniagua Solar

José Fermi Guerrero Castellanos

Enrique de la Fuente Morales

Beatriz Eugenia Graniel García

Jorge Cotzomi Paleta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061212>

CAPÍTULO 13..... 154

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE BIODIESEL EM PROCESSO ANAERÓBIO

Marina Sayuri Kashiwabara

Patrícia Angélica Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061213>

CAPÍTULO 14..... 167


DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METANO NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DO LAGO
PARANOÁ, BRASÍLIA-DF

Valéria Regina Bellotto

Fernanda Vasconcelos de Almeida

Nickolas Valcarcel da Silva

Thiago Bezerra Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061214>

CAPÍTULO 15..... 178

EPIDEMIOLOGIA BASEADA NO ESGOTO PARA ESTIMAR O USO DE DROGAS:
CONTRIBUIÇÕES DA QUÍMICA ANALÍTICA PARA A SOCIEDADE

Fernando Fabriz Sodré

Rafael Silva Feitosa

Alex de Sene Corado Guedes

Adriano Otávio Maldaner

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061215>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 201

ÍNDICE REMISSIVO..... 202

CAPÍTULO 8

PREPARO DE BARRAS PARA SBSE SOBRE SUBSTRATO METÁLICO MAGNETIZÁVEL DE ALTA INÉRCIA

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 10/09/2021

José Carlos Rodrigues

Universidade Federal do ABC, Centro de Ciências Naturais e Humanas
Santo André – São Paulo - Brasil
ID Lattes: 3941030451843986

Fernanda Maria Rodriguez

Universidade Federal do ABC, Centro de Ciências Naturais e Humanas
Santo André – São Paulo – Brasil
ID Lattes: 5583095389493898

RESUMO: A popularização de uma técnica de extração é diretamente proporcional a sua eficiência de extração e a facilidade de produção do sistema de extração. O desenvolvimento de uma nova barra para Extração por Sorção em Barra de Agitação (SBSE), produzida sobre substrato metálico de alta inércia química, e alta resistência à corrosão, utilizando técnicas comuns à galvanoplastia é descrito neste trabalho e vem ao encontro dessa necessidade, qual seja, fazer muito, com pouco e de forma eficiente. Em adição, são apresentados os projetos técnicos do molde utilizado na aplicação, fixação e cura do polímero ancorado no substrato metálico inerte. As barras produzidas com esta técnica foram empregadas com sucesso na extração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) presentes em matrizes aquosas.

PALAVRAS-CHAVE: SBSE, Inércia Química,

Substrato metálico, eletrodeposição.

PRODUCTION OF BARS TO SBSE ON A HIGHLY INERT MAGNETIZABLE SUBSTRATE

ABSTRACT: The popularization of an extraction technique is directly proportional to its extraction efficiency and the feasibility of manufacturing of the extraction system. The development of a new bar for Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE), produced on a metallic substrate with high chemical inertia and high resistance to corrosion, using techniques common to electroplating is described in this paper and run towards of this need, or in other words, to do much, with little and efficiently. In addition, the technical designs of the mold used in the application, fixation, and curing of the polymer anchored on the inert metallic substrate are presented. The produced bars were successfully applied for the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from aqueous matrices.

KEYWORDS: SBSE, Chemical Inertia, Metallic Substrate, Electroplating.

1 | INTRODUÇÃO

Em 1999, Baltussen e colaboradores apresentaram a técnica de extração por sorção em barra de agitação (SBSE), a qual foi desenvolvida para extrair analitos orgânicos de matrizes aquosas por meio da sorção destes em uma barra de agitação. Essa técnica foi desenvolvida a partir das observações dos autores que, comparando dados da literatura,

perceberam uma grande diferença entre os valores obtidos com a técnica de SPME e aqueles esperados a partir dos coeficientes de partição octanol-água e PDMS¹-água de compostos apolares de elevada massa molecular, uma diferença que não era observada para compostos de baixa massa molecular. A hipótese, levantada pelos autores, era que tal ocorrência poderia estar relacionada com a adsorção dos analitos de alta massa molecular em alguma outra superfície adsorvente não relacionada a fibra de extração do processo de SPME, como, por exemplo, a barra de agitação, utilizada na homogeneização do meio, e o frasco de vidro utilizado na extração.

A constatação de que o teflon da barra magnética tinha a capacidade de reter parte dos analitos de uma amostra quando esta era agitada os levou a pensar na possibilidade de utilizar uma barra revestida com PDMS como fase extratora (BALTUSSEN; SANDRA; DAVID; CRAMERS, 1999).

Em um estudo utilizando Bifenilas Policloradas (PCBs) e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs), os cientistas demonstraram que a recuperação dos analitos com uma barra de agitação revestida com PDMS era dez vezes superior aos valores encontrados quando empregada à técnica SPME. A partir desse estudo, foi desenvolvida a técnica denominada Extração por Sorção em Barra de Agitação (SBSE) cujo princípio é similar à técnica SPME. A diferença é a utilização de uma barra de agitação em substituição à fibra extratora. (DAVID; SANDRA, 2007)

Estas barras são comercializadas com o nome de Twister[®], produzidas pela Gerstel GmbH (Müllheim a/d Ruhr, Alemanha), e consistem em uma haste magnética inserida no interior de um tubo de vidro fino, o qual é selado, silanizado e recoberto por uma fina camada de polidimetilsiloxano (PDMS) de 0,5 a 1,0 mm de espessura (GERSTEL, 2021).

Comprimento do filme (mm)	Espessura do filme (mm)	Volume do filme (mL)
10	0,5	24
10	1.0	63
20	0,5	47
20	1,0	126

Tabela 1 - Dimensões das barras de SBSE disponíveis comercialmente.

Fonte: GERSTEL. Disponível em: <<http://www.gerstel.com/en/twister-stir-bar-sorptive-extraction.htm>>. Acesso em: 06 set 2021.

As barras apresentam um diâmetro de 3,2 mm e comprimento de 10 ou 20 mm, variando-se o volume de PDMS de 24 e 126 mL, respectivamente (Tabela 1).

Nas extrações por SBSE, a barra de agitação magnética é inserida diretamente na amostra aquosa e agitada por determinado período para promover a extração do analito para

1 PDMS é a abreviatura utilizada para designar o polímero polidimetilsiloxano.

a camada polimérica, o que decorre do estabelecimento de um equilíbrio de partição entre os analitos da amostra e a fase polimérica extratora. O tempo de extração é determinado pelo volume da amostra, pelo comprimento da barra, pela espessura do filme polimérico, pela velocidade e tempo de agitação (normalmente entre 30 e 240 minutos). As melhores condições são obtidas quando as taxas de recuperação permanecem aproximadamente constantes, ou seja, quando há uma pequeníssima variação da concentração do extrato com o aumento do tempo de extração

Após a etapa de extração, a barra é retirada da amostra e seca em papel absorvente para remoção de gotículas de água aderidas a barra e/ou ao polímero extrator. A barra extratora “seca” é transferida para um frasco de dessorção, ocasião na qual entra em contato com um solvente apropriado à remoção dos analitos do polímero extrator. Por último, o solvente extrator, contendo os analitos de interesse, pode ser diretamente injetado em um cromatógrafo (GC ou HPLC) ou pré-concentrado antes da injeção. A pré-concentração é uma alternativa utilizada quando os analitos se encontram a baixíssimas concentrações (ppb ou ppt) e antecede a etapa cromatográfica (RODRIGUES; ANSELMO; RODRIGUEZ, 2017).

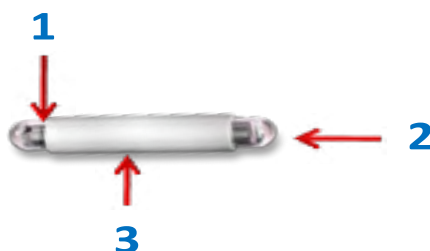


Figura 1 – Imagem da barra de agitação para SBSE disponível comercialmente. (1) Haste magnética; (2) Recobrimento de vidro; (3) Revestimento de PDMS.

Fonte: Adaptado de Gerstel, Disponível em: < <http://www.gerstel.com/en/twister-stir-bar-sorptive-extraction.htm> >. Acesso em: 06 set 2021.

Além disso, quando se trabalha com material biológico (soro, plasma, urina, etc.) é recomendável enxaguar a barra de agitação com água ultrapura para remoção de possíveis contaminantes adsorvidos, tais quais, açúcares, proteínas, sais e outros. Porém, esse processo não causa perda dos analitos que estão solubilizados no interior da fase extratora. Outra possibilidade analítica é a aplicação das barras de SBSE no modo headspace, situação na qual a fibra extratora entra em contato com um vapor contendo o analito de interesse, sendo este extraído pelo polímero da fase de recobrimento (DAVID; TIENPORT; SANDRA, 2003; KAWAGUCHI; SAITO; NAKAZAWA, 2006).

Na Figura 1 é apresentada a imagem da barra comercial com suas partes componentes identificadas. As extremidades da barra não são revestidas com o polímero.

O revestimento de vidro impede a degradação do PDMS, que pode ser catalisado pelo metal da haste magnética, conferindo, assim, maior qualidade e durabilidade ao material de recobrimento. Além disso, a camada de vidro, também previne a contaminação da amostra por produtos formados a partir da decomposição decorrente da oxidação da haste metálica interior (DAVID; SANDRA, 2007). No entanto, a camada vítrea, torna a barra frágil e suscetível a perdas devido a choques mecânicos, decorrentes de quedas durante o manuseio, isso, aliado ao preço da fibra comercial, limita o uso da técnica.

Desta forma, as dificuldades decorrentes da deposição do polímero extrator sobre um frágil substrato vítreo nas barras comerciais de SBSE abrem caminho para a pesquisa e desenvolvimento de novos tipos de barras, um desses tipos consiste na imobilização da fase extratora (polímero) diretamente sobre uma superfície metálica magnetizável (LANÇAS et al., 2009). No entanto, o uso dessa alternativa trouxe outro problema, não previsto pelos autores, o substrato metálico magnetizável possui baixa resistência à corrosão, o que leva ao aparecimento de sítios ativos para adsorção de compostos orgânicos, principalmente os polares, tais sítios são formados, majoritariamente, pela presença de óxidos e hidróxido de ferro, Fe_2O_3 , FeO e $Fe(OH)_2$, sobre a superfície metálica, conforme foi demonstrado e comprovado neste trabalho. O processo de corrosão acarreta a perda de repetitividade da barra produzida, devido a adsorção de analitos polares nos sítios ativos da camada oxidada, bem como, devido a degradação da camada polimérica de recobrimento (RODRIGUES; ANSELMO; RODRIGUEZ, 2017).

Neste artigo é apresentada uma alternativa eficiente à superação das desvantagens apresentadas pelos materiais, anteriormente, mencionados. O material aqui proposto, produzido a partir de técnicas comuns a galvanoplastia, técnicas estas de fácil implementação em laboratório ou indústria, apresenta alta resistência mecânica e a corrosão, além de grande inércia química. Em adição, o controle de qualidade das barras inertes, produzidas a partir da técnica descrita neste artigo, pode ser realizado utilizando ensaios químicos extremamente simples e consagrados na literatura.

2 | EXPERIMENTAL

Barras extratoras para SBSE, obtidas a partir da imobilização de PDMS sobre substrato metálico inerte, foram produzidas e testadas com amostras de água fortificadas com mistura padrão de hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs). Os resultados obtidos são apresentados e discutidos a seguir.

2.1 Padrões e Reagentes

- Padrão analítico - EPA 525, PAH MIX A – composto por 13 PAHs: Acenafileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo[b]fluorantreno, Benzo[k] fluorantreno, Benzo[g,h,i] perileno, Benzo[a]pireno, Criseno, Dibenzo[a,h]antraceno, Fenantreno, Fluoreno, Indeno[1,2,3,cd]pireno, Pireno, foi adquirido da Supelco (Belle-

fonte, USA).

- O Polidimetilsiloxano (PDMS), da marca Silguard 184, utilizado no recobrimento das barras SBSE, e seu agente de cura foram obtidos da Dow Corning (Midland, USA).
- A acetonitrila, o metanol e o etanol grau HPLC, utilizados como solventes na preparação das soluções estoque e como fase móvel nas análises por HPLC, foram adquiridos da J.T.Baker (Xalostoc, México).
- Nitrogênio grau cromatográfico (White Martins – Brasil);
- Para os testes de corrosão nas barras SBSE foram utilizados: Ágar, Ferricianeto de potássio e Fenolftaleína, adquiridos da Merck (Darmstadt, Germany); Cloreto de sódio obtido da Fisher (USA).
- A água ultra-pura foi obtida do sistema de purificação de água modelo milli-Q, (Millipore –USA).

2.2 Materiais

Para a confecção do molde para a produção das barras SBSE, foram adquiridos:

- Tarugo de Politetrafluoretileno (PTFE), base circular, diâmetro externo 25,4 mm, comprimento 100 mm. Angare Comércio de Vedações (SP-Brasil).
- Tarugo de alumínio, base circular, diâmetro externo 25,4 mm, comprimento 100 mm. Casa da Boia (SP-Brasil).
- Ferramentas de cortes (brocas e coccinets), diâmetros variados. Casa dos Machos Importadora Ltda (SP-Brasil).

Para a produção das barras para SBSE foram adquiridas 20 barras de aço medindo 22 mm de comprimento e 1,7 mm de diâmetro.

Durante o desenvolvimento deste projeto foram utilizados vidraria de uso comum em laboratório (béquer, proveta, pipeta, placa de petri, balão volumétrico); outros materiais como: suporte, pinça, espátula, seringa de polietileno de 5 mL.

Também foram utilizados: papel de filtro analítico quantitativo faixa azul; filtro com membrana de poliacetato de 0,22 μm de porosidade e 47 mm de diâmetro (Millipore-USA); microseringa de vidro de 100 μL (Hamilton-USA); frascos tipo eppendorf e frascos de amostra para HPLC (vials).

2.3 Equipamentos

- Cromatógrafo a Líquido Marca Waters, escala analítico, Modelo 2695 equipado com detector UV-Vis (modelo 2489); detector de fluorescência (modelo 2475) e injetor automático com capacidade de 120 amostras, Waters (USA).
- Coluna analítica Kromasil (Grace-Alltech – USA), C18, 5 μm , 120 Å , 150 mm x 2,1 mm ID.

- Balança semi analítica (Marte, modelo UX4200H); Banho termostático (Quimis); Estufa (Quimis); Agitador magnético (LS Logen); Agitador Voltex (LS Logen) e Sistema de purificação de água Milli-Q (Millipore - USA).

2.4 Projetos Técnicos e Execução - Moldes para Barras de SBSE

A primeira etapa do trabalho foi o projeto e construção do molde para a produção das barras de SBSE. O polímero escolhido para a fabricação do molde foi o Politetrafluoretileno (PTFE) devido a sua resistência a altas temperaturas (P.F: 327°C), sua inércia química à maioria dos meios e a sua característica antiaderente, a qual decorre de seu baixo coeficiente de atrito, o que é necessário durante o processo de cura e desmoldagem do polímero extrator, o PDMS, Figura 2.

Para a produção das barras de SBSE de alta inércia foram usadas barras circulares de aço rápido (AISI M2), aço ferramenta, medindo 22 mm de comprimento e 1,7 mm de diâmetro, o qual mantém as propriedades magnéticas necessárias à agitação. As barras passaram por um processo de desengraxe alcalino a quente; ativação com solução de H_2SO_4 (0,1M); eletrodeposição de 2 a 3 μm Cu^0 em meio alcalino ($Cu(CN)_2 + KCN$), para proteção primária da peça; eletrodeposição de Cu^0 em meio ácido ($CuSO_4 + H_2SO_4$) para preenchimento dos poros da peça; eletrodeposição de 2 a 4 μm de Ni^0 ($NiSO_4 + NiCl_2 + H_3BO_3$), o qual tem a função de nivelar a peça e evitar a migração do cobre para a camada de ouro.

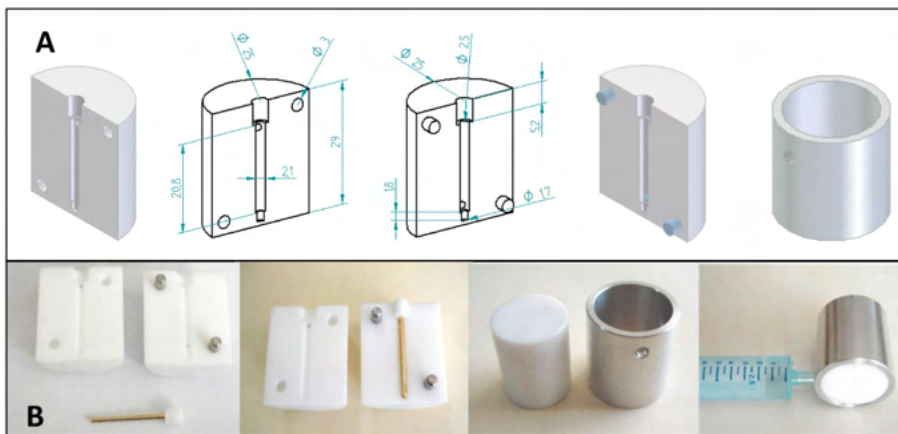


Figura 2- Projeto do molde para barras e “holder”. (A) Desenho técnico em três dimensões (3D) do molde e Holder; (B) Execução Mecânica e Montagem do Conjunto.

2.5 Eletrodeposição da camada de ouro

Após estas etapas as barras são submetidas a um banho pré-ouro ($KAu(CN)_2$) para deposição de 0,2 μm de Au, o qual fornece a base de ancoragem para que camadas mais espessas de ouro sejam depositadas. Finalmente, a peça é submetida um banho eletrolítico

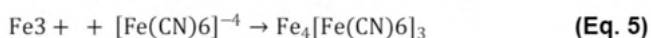
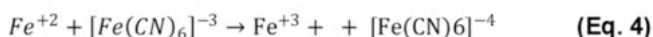
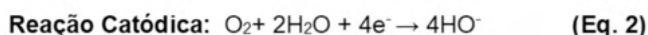
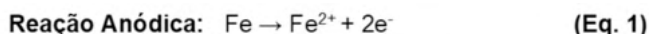
de ouro 14 g L^{-1} ($\text{KAu}(\text{CN})_2$) para deposição de 3 a $5 \mu\text{m de Au}^0$ e, posteriormente submetida à etapa de secagem. Todos os banhos eletrolíticos foram obtidos da Electrochemical Produtos e Processos Galvanotécnicos – São Paulo – Brasil. Material específico sobre as condições empregadas em eletrodeposição pode ser encontrado em trabalho técnico desenvolvido pela CETESB-SP (SANTOS; YAMANAKA; PACHECO, 2005).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As barras produzidas a partir da eletrodeposição de ouro sobre o substrato de aço foram submetidas a ensaio de aeração diferencial para teste de resistência a corrosão e identificação de pontos onde tenham ocorrido falhas na eletrodeposição da camada de ouro.

3.1 Controle de Qualidade das Barras Produzidas

Para o ensaio de aeração diferencial, as barras foram submetidas a um ambiente extremamente corrosivo, composto por uma dispersão a quente de ágar em água (15 g L^{-1}), na qual foi adicionado cloreto de sódio (NaCl), à razão de 10 gramas para cada litro da dispersão, 500 mg de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (Ferricianeto de potássio) e 1 mL da solução de fenolftaleína, a qual foi preparada pela dissolução de 1g de fenolftaleína em 100mL de etanol e 100mL de água. As reações envolvidas no processo são:



3.2 Teste de Corrosão por Formação de Pilha de Aeração Diferencial

O procedimento adotado para a realização deste ensaio foi o seguinte: A dispersão de ágar, ainda quente, foi colocada em uma placa de Petri, até atingir 1/3 da altura da placa e deixou-se esfriar até ficar gelificada. A seguir, foi colocada sobre o ágar gelificado uma barra de aço, não recoberta, para servir de referência (Figura 3D), e, em outras placas, as barras produzidas pela eletrodeposição da camada de ouro. As barras foram, então, recobertas com nova camada da dispersão, ainda aquecida, de Agar e deixadas para gelificar. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 3. Nota-se, na Figura 3B, a qual recebe ampliação na Figura 3C, a presença de ponto de corrosão, o que comprova a eficiência da metodologia de controle de qualidade das barras produzidas.

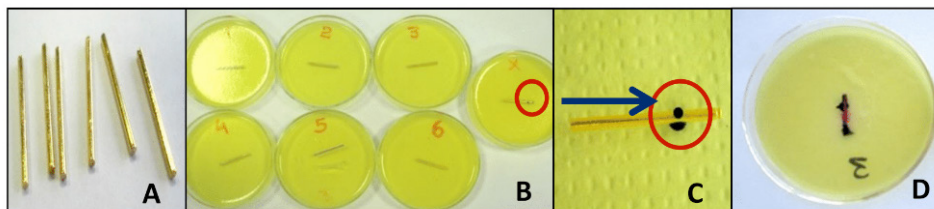
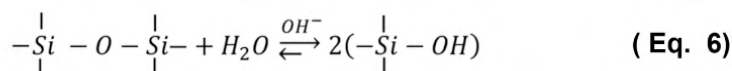


Figura 3 - Teste de corrosão do substrato metálico inerte produzido. **(A)** Barras recobertas com ; **(B)** Barras após exposição ao meio corrosivo por 48 horas; **(C)** Ampliação da área circulada no quadro B. A reação com $K_3Fe(CN)_6$ (ponto de corrosão) demonstra que a eletrodeposição de ouro foi ineficiente para a barra analisada, a qual deve passar por novo processo de eletrodeposição; **(D)** Controle: Barra Metálica Convencional sem Proteção Galvânica.

3.3 Natureza Parcialmente Iônica da Cadeia de Siloxano e sua Degradação

Mas, por que o controle de qualidade do material, produzido a partir da eletrodeposição de uma fina camada de ouro, é tão importante? Porque podem ocorrer falhas pontuais no processo de eletrodeposição, o que leva ao aparecimento de regiões desprotegidas do substrato metálico de base. Estas regiões desprotegidas estarão sujeitas a ação de agentes corrosivos, os quais conduzirão a reações de oxirredução, com a formação de hidróxidos e óxidos do metal de base. Tais reações levarão, conseqüentemente, a degradação da barra e a perda do recobrimento inerte eletrodepositado. Além disso, a corrosão do substrato metálico apresenta efeito adverso, também, sobre a camada extratora de polidimetilsiloxano (PDMS), uma vez que o aumento do pH, decorrente da reação catódica (Eq. 2), catalisa a degradação do polímero extrator. Isso ocorre, porque no PDMS a diferença de eletronegatividade de Pauling entre os átomos de Silício e Oxigênio é igual a 1,7. Desta forma, tal característica confere um caráter 41% polar ou iônico a ligação siloxano ($Si - O - Si$) e resulta numa maior sensibilidade a hidrólise em extremos de pH, como aquele gerado na reação catódica. Tal situação desloca a reação de equilíbrio de siloxanos para o lado direito (Eq. 6), com a conseqüente degradação do polímero (Rodrigues; Anselmo; Rodriguez, 2017):



3.4 Aplicação das Barras de SBSE Produzidas

As barras de SBSE produzidas foram aplicadas na extração de treze dos dezesseis hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs) classificados como poluentes prioritários pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA), devido à sua alta toxicidade, a ação carcinogênica e mutagênica e a persistência no meio ambiente, o que exige acompanhamento constante desse tipo de poluente ambiental. Os PAHs estudados

foram: Acenaftaleno, Antraceno, Benzo(a)atraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-c,d)pireno, Fenantreno e Pireno.

3.5 Preparo de Soluções e Amostras

Nesta etapa do trabalho, foram utilizadas amostras de referência, as quais foram obtidas pela fortificação de um determinado volume de água ultrapura com padrões de PAHS diluídos em metanol. A água ultrapura empregada foi obtida de um equipamento Milli-Q Direct (Millipore - USA), neste equipamento a purificação da água ocorre pela passagem através de uma resina de troca iônica, seguida da remoção dos íons residuais pela passagem através de uma membrana de osmose reversa e, finalmente, filtração em membrana de 0,22 μm .

3.5.1 Solução estoque

A solução estoque foi preparada pela diluição de um padrão de PAHs, contendo os treze compostos anteriormente mencionados numa concentração de 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$, utilizando metanol grau HPLC. A solução padrão foi diluída dez vezes, o que resultou em uma solução estoque de concentração igual a 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de cada um dos 13 PAHs.

3.5.2 Solução de trabalho

A solução de trabalho foi preparada pela diluição da solução de estoque com metanol grau HPLC; e empregada na avaliação da resolução cromatográfica e na determinação e otimização dos parâmetros de extração em SBSE. Para preparação da solução, 10 μL da solução de estoque (100 $\mu\text{g mL}^{-1}$) foram diluídos a 1 mL com metanol, resultando numa concentração final igual a 1 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Toda a vidraria utilizada foi previamente silanizada e as soluções produzidas foram armazenadas em frasco de vidro âmbar, previamente silanizados, e mantidas a temperatura de 4°C.

3.5.3 Amostra de referência

Para a preparação das amostras de referência, tomou-se 100 μL da solução estoque, anteriormente preparada (100 $\mu\text{g mL}^{-1}$), os quais foram adicionados a 50 mL de água ultrapura presente em um balão volumétrico de 100 mL, o qual foi posteriormente avolumado até o volume final. A solução resultante possuía concentração final igual a 0,1 $\mu\text{g mL}^{-1}$.

3.6 Condições Cromatográficas

As análises cromatográficas dos 13 PAHs foram efetuadas em um sistema de HPLC (Water - USA), acoplado a detectores UV-Vis e Fluorescência, conforme identificado anteriormente, foi utilizada uma coluna ODS (C18) de 5 mm, produzida pela Kromasil (USA).

No estudo para otimização das condições cromatográficas foram analisadas amostras da solução padrão para obtenção dos tempos de retenção dos PAHs e o reconhecimento dos espectros nas regiões UV-Vis. Na detecção por fluorescência, o comprimento de onda foi fixado em 345 nm na excitação e 397 para emissão. A escolha dos solventes e de suas proporções, bem como, o comprimento de onda de 254 nm, foram obtidas e/ou adaptadas de informações disponíveis na literatura (USEPA - método 8310). A utilização do modo de eluição gradiente foi aplicada com o intuito de aumentar a força de eluição na fase reversa, a fim de diminuir o tempo de análise e melhorar a resolução de picos. As melhores condições cromatográficas obtidas são apresentadas na Tabela 2.

Coluna	Kromasil, Octadecilsilano (ODS), 100mm x 2,1 mm, 5 µm, 120 Å.	
Fase móvel	Acetonitrila (ACN) e Água (H ₂ O)	
Modo de eluição	Gradiente	
Programação	Tempo (minutos)	Solventes H ₂ O/ACN (%)
	0,01	30/70
	5,00	30/70
	20,00	00/100
	25,00	30/70
Vazão da fase móvel	1,0 mL min ⁻¹	
Temperatura	Ambiente	
Volume injetado	10 µL	
Comprimento de onda	Uv-Vis	254 nm
	Fluorescência	λ _{excitação} = 345 nm λ _{emissão} = 397 nm

Tabela 2 - Condições cromatográficas utilizadas nas análises das amostras fortificadas com PAHs. Técnica cromatográfica utilizada: HPLC-UV-Vis e HPLC-Fluorescência.

Após definidas as melhores condições cromatográficas, cada amostra das soluções de trabalho foi analisada em duplicata, a fim de avaliar-se a repetibilidade do método.

3.7 Determinação das Condições de Extração

Como parâmetro de comparação, para a determinação das condições ótimas de extração, e posterior cálculo da eficiência de extração das barras de SBSE produzidas, foi injetada a solução de trabalho previamente preparada (item 3.5.2), cuja concentração era igual a 1 µg mL⁻¹. Na Figura 4 e na Figura 5 são apresentados os cromatogramas obtidos a partir da injeção direta da solução de trabalho, empregando diferentes detectores, UV-VIS

e Fluorescência. Comparando os cromatogramas apresentados nas Figuras 4 e 5, pode ser observado que quando o sistema de detecção utilizado é o UV-Visível, no comprimento de onda (λ) de 254 nm, todos os PAHs presentes na amostra padrão foram detectados. Por sua vez, quando o sistema de detecção empregado era o detector de Fluorescência, o Acenaftileno, o Fluoreno e o Fenantreno não foram detectados, pois não possuem grupos fluorescentes. Em contrapartida, para PAHs como o Pireno, o Benzo(b)fluoranteno, o Benzo(a)pireno e o Dibenzo(a,h)antraceno, houve uma melhora na detecção, o que se deve a maior sensibilidade do detector a esses compostos.

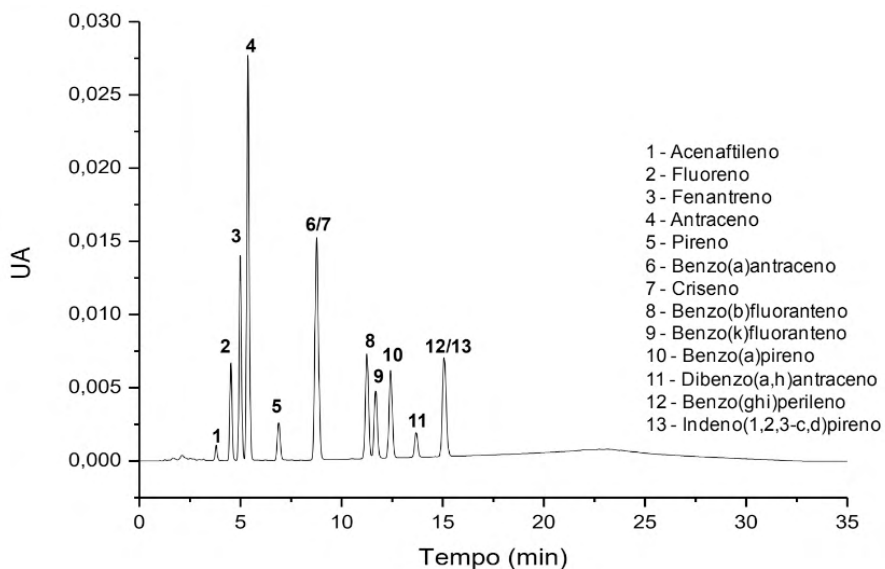


Figura 4. Cromatograma da injeção direta da solução de trabalho ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$) de uma mistura padrão de PAHs. Detector UV-Vis. Condições cromatográficas: de acordo com a Tabela 3.2.

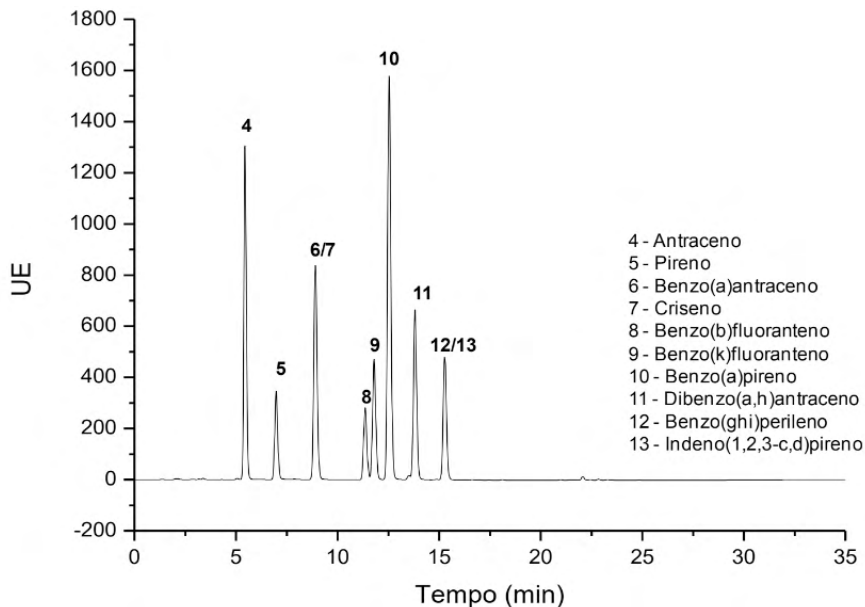


Figura 5. Cromatograma da injeção direta da solução de trabalho ($1 \mu\text{g mL}^{-1}$) de uma mistura padrão de PAHs. Detetor de Fluorescência. Condições cromatográficas: de acordo com a Tabela 3.2.

3.7.1 Determinação do tempo ótimo de extração

Para determinação do tempo ótimo de extração, amostra de água ultrapura fortificadas com solução estoque de PAHs, numa concentração final de 1 mg mL^{-1} de cada composto, foram submetidas a extração por sorção em barra de agitação por períodos variáveis, de acordo com o seguinte procedimento:

- Em frasco âmbar de 25 mL, previamente silanizado, foram adicionados 1 mL da amostra de referência previamente preparada no item 3.11.3 deste trabalho. O que resulta numa massa total dissolvida de 1 mg de cada composto;
- A essa solução foi adicionado 1,0 gramas de cloreto de sódio 99,99%;
- A solução final foi submetida à agitação a 1400 rpm, em agitador magnético, por períodos de tempo iguais a 30, 40 e 60 minutos;
- Após a etapa de extração as barras foram lavadas com água ultrapura e secas em papel absorvente;
- As barras secas foram, então, transferidas para frasco tipo eppendorf (volume igual a 1,5 mL), contendo 1 mL de metanol grau HPLC, o qual é responsável pela dessorção dos analitos absorvidos pela barra;
- O solvente contido no frasco tipo eppendorf foi submetido a dois ciclos de agitação de três minutos em equipamento tipo vortex;
- Após essas etapas, 200 mL do metanol utilizado na dessorção foram transfe-

ridos para um tubo de amostragem, "vial", e disponibilizados para injeção no cromatógrafo a líquido.

A partir dos resultados obtidos foi determinado o melhor tempo de extração a ser aplicado nas análises empregando a barra de SBSE produzida. No caso em questão, determinou-se que o tempo ótimo de extração era igual a 60 minutos, empregando as condições propostas. Na Figura 6 e na Figura 7 são apresentados os resultados obtidos.

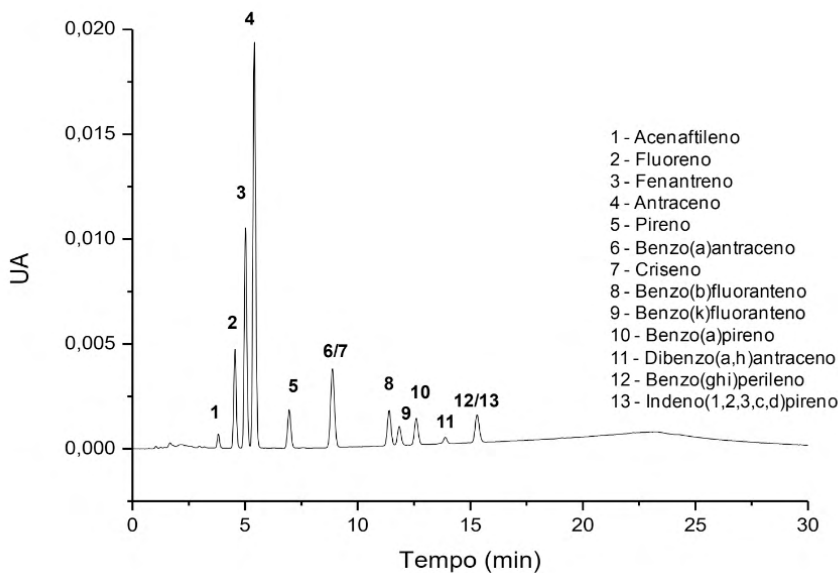


Figura 6 - Cromatograma do extrato de uma amostra de água ultra purificada fortificada com padrões de PAHs (1 mg mL^{-1}). Detetor: UV-Vis. Condições cromatográficas: de acordo com a Tabela 2. Tempo de extração: 60 minutos.

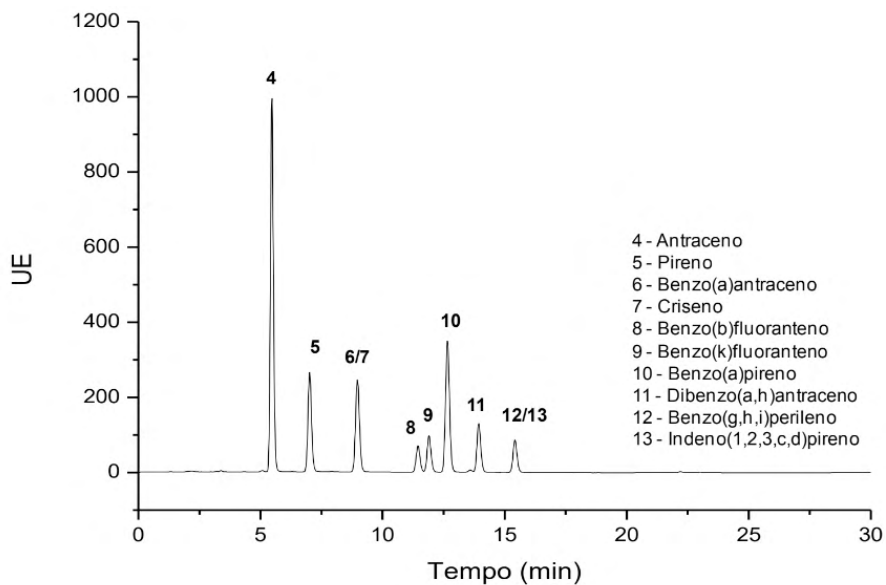


Figura 7 - Cromatograma do extrato de uma amostra de água ultra purificada fortificada com padrões de PAHs (1mg mL⁻¹). Detector: Fluorescência. Condições cromatográficas: de acordo com a Tabela 2. Tempo de extração: 60 minutos.

Na Tabela 3 são apresentados os valores experimentais e preditos de Log de K_{ow} e a recuperação calculada para os 13 PAHs do método USEPA 525 considerados neste trabalho.

Composto	Log K_{ow}		Recuperação (%)		
	Experimental	Calculado	Teórica	Literatura ⁽¹⁾	SBSE (Produzida)
Acenaftileno	3,94	3,94	98	61	75
Fluoreno	4,18	4,02	99	61	72
Fenantreno	4,46	4,35	99	67	80
Antraceno	4,45	4,35	99	66	70
Pireno	4,88	4,93	100	67	80
Benzo(a)antraceno	5,76	5,52	100	NC ⁽²⁾	
+					60
Criseno	5,81	5,52	100	NC	
Benzo(b)Fluoranteno	5,78	6,11	100	NC	50

Benzo(k)Fluoranteno	6,11	6,11	100	NC	46
Benzo(a)pireno	6,13	6,11	100	NC	49
Dibenzo(a,h)antraceno	6,80	6,70	100	NC	30
Benzo(g,h,i)perileno	6,63	6,70	100	NC	
+					52
Indeno[1,2,3-cd]pireno	NC	6,7	100	NC	
Razão de Fase	$\beta = V_w/V_s$				164,47

Baltussen, E.; Sandra, P.; David, F.; Cramers, C. Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE), a Novel Technique for Aqueous Samples: Theory and Principles. *Journal of Microcolumn Separations*. n.11, v.10. p.742, 1999.

NC – Nada consta.

Tabela 3 - Valores de Log K_{ow} e valores de recuperação teórica e prática.

4 | CONCLUSÃO

Com os equipamentos projetados e produzidos neste trabalho, e as estratégias de eletrodeposição adotadas, foi possível produzir um novo tipo de barra para a técnica de SBSE de alta qualidade e excelentes características extratoras, a qual utiliza um substrato metálico magnetizável, resistente à corrosão e não adsorptivo aos componentes da amostra, algo inédito na literatura científica produzida até o momento. Os resultados obtidos, pela aplicação das barras produzidas na extração de PAHs, são totalmente concordantes e melhores do que aqueles encontrados na literatura científica disponível, desta forma, confirmando o sucesso da metodologia e da instrumentação propostas para a confecção de barras produzidas sobre substrato metálico inerte. As barras produzidas são uma opção muito interessante para países em desenvolvimento, tendo em vista a resistência das barras, o baixo custo de produção, e a possibilidade de reciclagem do suporte metálico inerte, o qual pode ser reaproveitado pela substituição do polímero de ancoragem.

REFERÊNCIAS

BALTUSSEN, E.; SANDRA, P.; DAVID, F.; CRAMERS, C. Stir bar sorptive extraction (SBSE), a novel extraction technique for aqueous samples: theory and principles. *Journal Microcolumn Separations*. v. 11, p.737-747, 1999.

DAVID, F.; SANDRA, P. Stir bar sorptive extraction for trace analysis. *Journal of Chromatography A*, v. 1152, p. 54 – 69, 2007.

DAVID, F.; TIENPONT, B.; SANDRA, P. Stir bar sorptive extraction of trace organic compounds from aqueous matrices. *LC-GC Europe*, p. 2-7, 2003.

GERSTEL. Disponível em: < <http://www.gerstel.com/en/twister-stir-bar-sorptive-extraction.htm> >.

Acesso em: 06 set 2021.

KAWAGUCHI, M. SAITO; R. I. K. NAKAZAWA, H. Novel stir bar sorptive extraction methods for environmental and biomedical analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. v. 40, p. 500–508, 2006.

LANÇAS, F. M.; QUEIROZ, M. E.; GROSSI, P.; OLIVARES, I. R. B. Recent developments and applications of stir bar sorptive extraction. **Journal of Separation Science**. v. 32, p. 813 – 824, 2009.

RODRIGUES, J.C.; ANSELMO, I.; RODRIGUEZ, F.M. Extração por Sorção em Barra de Agitação (SBSE): Teoria, Instrumentação e Aplicações Ambientais. Páginas & Letras Editora e Gráfica Ltda. São Paulo, 2017, 71 p.

SANTOS, M. S.; YAMANAKA, H. T.; PACHECO, C. E. M. **Bijuterias**. São Paulo: CETESB, 2005. 54 p.
Disponível em: < <https://www.crq4.org.br/downloads/bijuterias.pdf> > **Acesso em:** 05 set 2021.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Actividade leishmanicida 117
- Adsorção 92, 94, 144
- Agente tamponante 154, 156, 162, 164
- Alfabetização científica 81, 88, 89, 90
- Amostragem 103, 167, 171, 180, 183, 184, 188
- Análise de Componente Principal - PCA 61, 65, 71, 75
- Análise elementar 61, 67
- Antioxidante 107, 108, 130
- Arrhenius 1, 6, 8, 9
- Atividades experimentais 13, 14, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 39, 44
- Avaliação diagnóstica 26, 31, 34, 35, 39, 40

B

- Bactérias metanogênicas 154, 156
- Biodiesel 145, 154, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166
- Bioetanol 143, 144, 145
- Biomassa 144

C

- Células de combustível 143
- Ciências da natureza 2, 24, 83, 90
- Citometria de fluxo 117
- Citotoxicidade 108, 117
- Cocaína 178, 179, 180, 181, 182, 189, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199
- Conhecimento científico 1, 3, 46, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 89
- Contaminantes de interesse emergente 178, 179, 180, 201
- Crack 180, 181, 189, 197, 198, 199
- Cromatografia gasosa 158, 159, 167, 172
- Cromonas 132, 133, 134, 135

D

- Docência 78, 80, 87, 201

E

Educação ambiental 46, 52, 54, 55, 58, 59, 60, 78, 89, 201

Efeito estufa 167, 168, 169, 176, 177

Efluente 154, 155, 156, 163, 165, 169

Eletrodeposição 91, 96, 97, 98, 105

Energia renovável 144

Ensino de ciências 20, 24, 25, 38, 52, 54, 55, 59, 60, 78, 82, 83, 88, 89, 90, 201

Ensino de química 1, 2, 10, 14, 25, 26, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 47, 50, 51, 52, 81, 84, 85, 89, 90, 201

Enzima 122

Espectrofotômetro UV-Vis 107, 111

Espectrometria de fluorescência de raios x 61, 69, 75

Espectroscopia na região do infravermelho 107, 110, 113

Extração por Sorção em Barra de Agitação - SBSE 91, 92, 102, 106

H

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 91, 92

Hidrólise 98, 180, 181, 191

I

Intervenção pedagógica 1, 3, 10

L

Lago Paranoá 167, 169, 173, 174, 175

Lei de Diretrizes e Base da Educação - LDB 2

Letramento científico 78, 80, 81, 83, 87, 88, 89, 90, 201

Licenciatura em química 42, 51, 52, 78, 80, 85, 86, 88

Lixo 46, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 60

M

Meio ambiente 45, 46, 47, 48, 50, 53, 55, 59, 60, 98, 155

Metabólitos 133, 180, 181, 183, 199

Microscopia Eletrônica de Transmissão - MET 107, 110, 112

Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV 144

N

Nanomateriais 114

Nanotecnologia 107

O

Óleo de cozinha 42, 46, 47, 48, 50, 51

Oxirredução 26, 28, 38, 98, 107, 108

P

Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN 2, 14, 27, 38, 51, 81

Pigmentos rupestres 61, 63, 64, 69, 70, 75

Poluição ambiental 53, 55

Potencial farmacológico 132

Potencial zeta 107, 110, 114

Processo anaeróbio 154, 157, 160, 164

Processo de aprendizagem 9, 14, 43, 50, 78, 84, 87

Produtos de metabolização 178, 183

R

Reação de ciclização eletrofílica 132, 138, 141

Reação de condensação do tipo Perkin 117

Reação de oxidação 30, 36, 144

Reciclagem 42, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 105

Recursos audiovisuais 6, 13, 14, 15

Rede federal de ensino 78, 88

Resíduos de drogas de abuso 178

Resíduos sólidos 45, 46, 52, 53, 54, 55, 56, 60

S

Sabão ecológico e artesanal 42

Sedimentos finos 167, 174, 175

Síntese verde 107, 108

Sítios arqueológicos 61, 63, 64, 65, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77

Solventes tóxicos 132

Substrato metálico 91, 94, 98, 105

T

Técnica de *headspace* 167

Teor carbono orgânico 167

Tratamento biológico 154, 156

V

Voltametria cíclica 144

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**


3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021

O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021