

# Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

# Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Lorena Prestes  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos (inter) multidisciplinares nas ciências exatas e tecnologias [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-798-7 DOI 10.22533/at.ed.987192611</p> <p>1. Ciências exatas – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna.</p> <p style="text-align: right;">CDD 509</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, outros com métodos de desenvolvimento para o ensino de tecnologias, bem como um enfoque em energias renovais.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que buscam estar atualizados e alinhados com as novas tecnologias .

A obra Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias aborda os mais diversos assuntos sobre a aplicação de métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação ensino aprendizado, sendo por meio de levantamentos teórico-práticos de dados referentes aos cursos ou através de propostas de melhoria nestas relações.

Outro ponto de grande destaque, são as novas ferramentas utilizadas em um compendio relacionado ao ensino-aprendizagem, como ferramentas tecnológicas que facilitem o entendimento e executem um link entre aluno-professor-conteúdo.

Desta forma temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A TECNOLOGIA E AS MUDANÇAS NO MERCADO DE TRABALHO	
Eduardo Bruno de Almeida Donato Amanda Moura Camilo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926111</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
CIBERCULTURA: ESPAÇO DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA À LUZ DA TEORIA ATOR-REDE	
Diane Schlieck Martha Kaschny Borges	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926112</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA	
Milena Beatriz Silva Loubach Pollylian Assis Madeira Marcos Antônio Pereira Coelho Lucas Borcard Cancela	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926113</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS METODOLOGIAS DE ENSINO PEER INSTRUCTION E LECTURING	
Felipe Barbosa Araújo Ramos Antonio Alexandre Moura Costa Ademar França de Sousa Neto Luiz Antonio Pereira Silva Dalton Cézane Gomes Valadares Andressa Bezerra Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926114</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS, TENDO EM CONTA A DIVERSIDADE DOS ESTUDANTES	
Valentina Tabares Morales Néstor Darío Duque Méndez Yorely Bryjeth Ceballos Marta Rosecler Bez Silvana Vanesa Aciar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926115</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>60</b>
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E ASTRONOMIA AMADORA NA ERA DA CONVERGÊNCIA DE MÍDIAS DIGITAIS: UMA ABORDAGEM DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	
Victor Alexandre Ferreira Luiz Agner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926116</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>74</b>
FÍSICA DA ALFACE: A PROMOÇÃO DA INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA, INFORMÁTICA E FRUTICULTURA	
Lázaro Luis de Lima Sousa Sammya Kele Macena de Freitas Subênia Karine de Medeiros Neo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926117</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>86</b>
DOMÍNIOS DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA PROMOÇÃO E ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE	
Diego Armando de Oliveira Meneses Adicinéia Aparecida de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926118</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>102</b>
RASPERRY PI COMO COMPUTADOR PARA USO ACADÊMICO NO IFRO <i>CAMPUS</i> PORTO VELHO ZONA NORTE	
Jhordano Malacarne Bravim Gabriel Augusto Fernandes Gonçalves Júlio Viana Filho Juliana Braz da Costa Ricardo Lopes Viera César	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9871926119</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>115</b>
A PRIVACIDADE EM UM CENÁRIO <i>PANSENSITÍVEL</i> DE INTERNET DAS COISAS & CIDADES INTELIGENTES	
André Barbosa Ramiro Costa Maria Amália Oliveira de Arruda Câmara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>129</b>
ROBÔ AUTÔNOMO SEGUIDOR DE LINHA PARA AUXILIO RESIDENCIAL	
Gabriel Paiva Magalhães Wesley Miguel Dos Santos Peixoto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>138</b>
ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING APLICADOS NA IDENTIFICAÇÃO DE GÊNERO POR MEIO DE FREQUÊNCIA DE VOZ	
Maicon Facco Daíse dos Santos Vargas Marcos Antônio de Azevedo de Campos Cleber Bisognin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>151</b>
O QUE PODEM OS ALGORITMOS?	
Gabrielle Granadeiro da Silveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261113</b>	

**CAPÍTULO 14 ..... 163**

RECUPERAÇÃO DO ESTANHO PRESENTE EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI'S)  
VISANDO À PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

Maria do Socorro Bezerra da Silva  
Carlson Pereira Souza  
André Luis Lopes Moriyama  
Raffael Andrade Costa de Melo

**DOI 10.22533/at.ed.98719261114**

**CAPÍTULO 15 ..... 175**

INVESTIGAÇÃO DE MATERIAIS A BASE DE GRAFENO E HIDROTALCITA APLICADOS COMO  
ADSORVENTES PARA REMOÇÃO BIFUNCIONAL DE MICROPOLUENTES EM ÁGUA

Eliane Kujat Fischer  
Cintia Hisano  
Rafael Aparecido Ciola Amoresi  
Maria Aparecida Zaghete Bertochi  
Rony Gonçalves Oliveira  
Alberto Adriano Cavalheiro

**DOI 10.22533/at.ed.98719261115**

**CAPÍTULO 16 ..... 188**

A VOLTA MAIS RÁPIDA PARA OBTER REDUÇÃO DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL  
CONSIDERANDO O CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

Ivan Luiz Portugal Basile  
Eduardo Ioshimoto  
André Luiz Gonçalves Scabbia

**DOI 10.22533/at.ed.98719261116**

**CAPÍTULO 17 ..... 204**

DESENVOLVIMENTO E VIDA ÚTIL DE FARINHA A PARTIR DOS RESÍDUOS GERADOS NO  
PROCESSAMENTO DE MÍNIMO DE CENOURA

Rosa Maria de Deus de Sousa  
Celso Luiz Moretti  
Cristina Maria Monteiro Machado  
Leonora Mansur Mattos

**DOI 10.22533/at.ed.98719261117**

**CAPÍTULO 18 ..... 217**

VALIDAÇÃO DA TÉCNICA DE MODELAGEM COMPUTACIONAL PARAMÉTRICA BIDIMENSIONAL  
SOB CAMPO DE VENTO UNIFORME

Marcelo Marques  
Fernando Oliveira de Andrade  
Elaine Patrícia Arantes  
Isabela Arantes Ferreira  
Tobias Bleninger  
Alexandre Kolodynskie Guetter

**DOI 10.22533/at.ed.98719261118**

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>228</b>
ANÁLISE MULTITEMPORAL DA MALHA VIÁRIA DO ESTADO DA PARAÍBA COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DA CARTOGRAFIA DIGITAL E DO SENSORIAMENTO REMOTO	
Edmilson Roque da Silva Junior	
Emanoel Ferreira Cardoso	
Gilanildo Freires de Almeida	
Marcelo Laédson Morato Ferreira	
Renan Willer Pinto de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>238</b>
MAPEAMENTO LITO-ESTRUTURAL DA REGIÃO DE GURJÃO-PB	
Thayná Bel Pereira Guimarães	
Natanael Felipe Lorenzi de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>245</b>
STUDY OF LIGHTNING BIFURCATION AND EFFECT ON RADIATION	
Fernando Júnio de Miranda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>255</b>
ESTIMATIVAS DO PODER EVAPORANTE DO AR PARA OS MUNICÍPIOS DE NOVO REPARTIMENTO E SANTANA DO ARAGUAIA NO ESTADO DO PARÁ	
Jocilene Teixeira do Nascimento	
Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros	
Valdeides Marques Lima	
Luane Laíse Oliveira Ribeiro	
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza	
Joaquim Alves de Lima Júnior	
Fabio Peixoto Duarte	
Helane Cristina Aguiar Santos	
Wellington Leal dos Santos	
Bianca Cavalcante da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261122</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>266</b>
UTILIZAÇÃO DO MODELO TOPMODEL PARA ANÁLISE TEMPORAL DO SISTEMA CHUVA-VAZÃO NA BACIA DO RIO SÃO MIGUEL	
Ciro Couto Bento	
Cristiano Christofaro Matosinhos	
Welberth Pereira Dias	
Thiago Martins da Costa	
Hernando Baggio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261123</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>279</b>
STRENGTH PREDICTION OF ADHESIVELY-BONDED JOINTS WITH COHESIVE LAWS ESTIMATED BY THE DIRECT METHOD	
Ulisses Tiago Ferreira Carvalho	
Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98719261124</b>	

**CAPÍTULO 25 ..... 292**

PRINCIPAIS MATERIAIS E TÉCNICAS UTILIZADOS NA OXIDAÇÃO DE ÁLCOOL PARA USO EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL: UMA REVISÃO

Isaide de Araujo Rodrigues  
Ziel Dos Santos Cardoso  
Deracilde Santana da Silva Viégas  
Vinicius Tribuzi Rodrigues Pinheiro Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.98719261125**

**CAPÍTULO 26 ..... 305**

USO DE LISTAS DINÂMICAS EM APLICATIVO MÓVEL PARA INTERPOLAÇÃO DE DADOS DE TEMPERATURA DO AR, VISANDO O CONFORTO TÉRMICO

Arlson José de Oliveira Júnior  
Silvia Regina Lucas de Souza  
Guilherme dos Santos Sousa  
William Duarte Bailo  
Daniel de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.98719261126**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 315**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 316**

## INVESTIGAÇÃO DE MATERIAIS A BASE DE GRAFENO E HIDROTALCITA APLICADOS COMO ADSORVENTES PARA REMOÇÃO BIFUNCIONAL DE MICROPOLUENTES EM ÁGUA

### **Eliane Kujat Fischer**

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,  
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: fischerkeliane@gmail.com

### **Cintia Hisano**

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,  
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: cintiahisano@yahoo.com.br

### **Rafael Aparecido Ciola Amoresi**

Universidade Estadual Paulista, Instituto de  
Química de Araraquara.

Araraquara – SP. E-mail: rafaelciola@yahoo.com.  
br

### **Maria Aparecida Zaghete Bertochi**

Universidade Estadual Paulista, Instituto de  
Química de Araraquara.

Araraquara – SP. E-mail: zaghete@iq.unesp.br

### **Rony Gonçalves Oliveira**

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,  
CEPEMAT.

Dourados – MS. E-mail: rgoliveira@uems.br

### **Alberto Adriano Cavalheiro**

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,  
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: albecava@gmail.com

grande atenção é relacionada à purificação de água destinada a consumo humano direto. As argilas sintéticas, como a hidrotalcita de magnésio e alumínio são capazes de adsorver íons hidratados e moléculas polares devido a suas características químicas compatíveis com estes adsorvatos. Por este mesmo motivo, elas não são hábeis para adsorver moléculas muito grandes e de baixa polaridade química, como muito corantes. Por outro lado, este tipo de molécula apolar é bem adsorvida por materiais adsorventes carbonáceos, como o grafeno. Estes materiais podem se complementar obtendo um compósito de hidrotalcita-grafeno, já que a estrutura e morfologia da hidrotalcita permite a intercalação de folhas de grafeno. Assim, o objetivo deste trabalho foi obter compósitos nanoestruturados de grafeno e hidrotalcita para aplicação como adsorventes bifuncionais para remoção de crômio(III) e fenolftaleína da água. O grafeno foi obtido a partir do grafite por reações sequenciais de oxidação e redução e ultrassonificação e incorporado à hidrotalcita. Os materiais adsorventes nas formas isoladas e conjugada foram caracterizados por difração de raios-X e espectroscopia Raman, demonstrando perfeita sinergia das fases componentes no compósito contendo 1 % em massa de grafeno na matriz de hidrotalcita. Os testes de remoção de crômio(III) e fenolftaleína, utilizando os materiais adsorventes sintetizados

**RESUMO:** Os materiais adsorventes são úteis para uma série de aplicações, desde catálise heterogênea até a intercalação de fármacos. Mas uma das aplicações que sempre mereceu

foram realizados em um sistema de adsorção em leito fixo, usando os materiais como elementos filtrantes. As alíquotas das soluções de adsorvatos foram analisadas por espectroscopia na região do UV-Vis e demonstraram que a adsorção para o crômio(III) foi maior na amostra de hidrotalcita e menor na amostra de grafeno. Contrariamente, a fenolftaleína é mais bem adsorvida na fase grafeno e apresenta péssimo desempenho para a hidrotalcita. Evidenciou-se que o nanocompósito grafeno/hidrotalcita apresenta alto desempenho de adsorção para os dois adsorvatos, indicando uma conjugação eficiente destes materiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fenolftaleína, Crômio, Adsorvente, Purificação de água.

### INVESTIGATION OF GRAPHENE AND HYDROTALCYTE BASED MATERIALS APPLIED AS ADSORVENTS FOR BIFUNCTIONAL REMOVAL OF MICROPOLUANTS IN WATER

**ABSTRACT:** Adsorbent materials are useful for a variety of applications, from heterogeneous catalysis to drug intercalation. However, one of the applications that has always received great attention is related to water purification for direct human consumption. Synthetic clays such as magnesium aluminum hydrotalcite are capable of adsorbing hydrated ions and polar molecules due to their chemical characteristics compatible with these adsorbates. By the same reason, they are not able to adsorb very large molecules of low chemical polarity, such dyes. On the other hand, this type of nonpolar molecule is well adsorbed by carbonaceous adsorbent materials such as graphene. These materials can be complemented with the use of a hydrotalcite-graphene composite, since the structure and morphology of the hydrotalcite allows the intercalation of graphene sheets. Thus, the goal of this work was to obtain graphene-hydrotalcite nanostructured composites for application as bifunctional adsorbents to remove chromium(III) and phenolphthalein from water. Graphene was obtained from graphite through sequential oxidation and reduction reactions and ultrasonification, being added during hydrotalcite synthesis. The adsorbent materials in isolated form and in composite were characterized by X-ray diffraction and Raman spectroscopy, demonstrating perfect synergy of the component phases in the composite containing 1% by weight of graphene in the hydrotalcite matrix. Removal tests for chromium(III) and phenolphthalein were performed in a fixed bed adsorption system, using the materials as filters. The aliquots of the adsorbent solutions were analyzed by UV-Vis spectroscopy and showed that the adsorption for chromium(III) was higher in the hydrotalcite sample and lower in the graphene one. In contrast, phenolphthalein is better adsorbed in the graphene phase and has poor performance for hydrotalcite. Graphene/hydrotalcite nanocomposite showed high adsorption performance for both adsorbates, indicating an efficient conjugation of these materials.

**KEYWORDS:** Phenolphthalein, Chromium, Adsorbent, Water purification.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os micropoluentes podem ser definidos como substâncias químicas com altíssima toxicidade mesmo em baixas concentrações e que não podem ser degradados por processos naturais ou removidos da água através de tratamentos convencionais. Dentre os micropoluentes mais prejudiciais encontram-se os metais pesados e os poluentes orgânicos, principalmente, os hormônios sexuais estrógenos, os quais são ocasionadores de problemas graves no sistema endócrino (SONNENBERG & MULLER, 1993).

A contaminação ambiental por cátions metálicos de crômio é extensa, pois este é utilizado em inúmeros processos agroindustriais e também são originados da lixiviação dos lixões e aterros sanitários. O crômio possui espécies aquossolúveis em dois principais estados de oxidação, o trivalente Cr(III), que é essencial para os mamíferos em uma pequena faixa de concentração, e o hexavalente Cr(VI), que é altamente tóxico em qualquer nível de concentração. Apesar de ser mais abundante, a espécie Cr(III) se interconverte na espécie Cr(VI) ao interagir com matéria orgânica. Portanto, processos capazes de remover a espécie Cr(III) em água também podem ser representativos para remoção dos demais metais pesados (ISLAM et al., 2015; MAHER et al., 2014; MONTEIRO et al., 2002).

No entanto, como a complexidade de poluentes orgânicos é grande, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias de descontaminação de água utilizam compostos modelos, como a fenolftaleína, uma substância usada como referência para validar processos de monitoramento e descontaminação de diversas substâncias poluentes, inclusive corantes e hormônios (STACKELBERG et al., 2007).

A água contaminada com micropoluentes orgânicos e destinada a consumo humano pode ser tratada por dois tipos de processos: Oxidação Avançada e Adsorção. Os Processos de Oxidação Avançada (POAs) geralmente usam semicondutores irradiados com luz ultravioleta ou reagentes oxidantes tipo Fenton ou ozônio. No entanto, podem ser aplicados somente em água já tratada, pois qualquer matéria orgânica concorre com o micropoluente reduzindo a eficiência do processo. Por outro lado, os processos de adsorção tem como vantagem a capacidade de descontaminação de água contendo metais pesados (ANDREOZZI et al., 1999).

As argilas possuem boa capacidade de adsorção para espécies iônicas hidratadas ou pequenas moléculas com polaridade química moderada. A hidrotalcita carbonatada de magnésio e alumínio é uma argila aniônica estruturada por hidróxidos duplos de magnésio e alumínio, que possui alto desempenho adsortivo para grande parte dos contaminantes naturais da atualidade (BOLONG et al., 2009).

Contudo, pequenas moléculas neutras ou de baixa polaridade que não são retidas pelas argilas podem ser adsorvidas por materiais a base de carbono, como o grafeno, um alótropo do carbono. Dependendo da forma de obtenção, o grafeno pode apresentar grande estabilidade química e uma área específica de superfície dezenas

de vezes maiores do que o carvão ativado. Além disso, a maior microporosidade apresentada pelo grafeno em relação ao carbono amorfo faz do grafeno um material capaz de dessalinizar a água do mar, sendo eficiente também para filtração de água contendo metais pesados (AVILA et al., 2017; UDDIN, 2017; BELLINGIERI, 2004).

Porém, a coagulação do grafeno em meio aquoso, reduz o seu desempenho tanto para processos de tratamento por imersão quanto por filtração, pois a compactação excessiva deste material diminui drasticamente a vazão de filtração, tornando este processo muito demorado. Do ponto de vista da nanotecnologia, as argilas podem ser modificadas para incorporar a fase de carbono, estando ela em escala nanométrica, como é o caso do grafeno (ZHAO et al., 2012; AGHIGH et al., 2015).

O princípio de interação da hidrotalcita com o grafeno é conduzido pelo desequilíbrio de cargas nas lamelas, originada da substituição parcial de magnésio divalente por alumínio trivalente, que atrai e fixa espécies aniônicas e moléculas polares como compensadores de carga. Desse modo, os pontos residuais de carga negativa da superfície do grafeno obtido por reações de oxidação e redução, seguida de purificação, permite sua fixação durante a obtenção da argila sintética de hidrotalcita (PERREAULT et al., 2015).

Diante destas premissas levantadas, foi possível propor a síntese de um nanocompósito à base de argila sintética incorporado de pequena quantidade de fase grafeno, visando obter a sinergia de ambos os materiais em um só material bifuncional, capaz de atuar como material adsorvente de metais pesados e micropoluentes orgânicos para a purificação de água contaminada.

## 2 | METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Neste trabalho foram sintetizadas três amostras, a saber: uma amostra de hidrotalcita carbonatada de magnésio e alumínio (HT), uma amostra de grafeno (GF) e uma amostra de nanocompósito de hidrotalcita contendo 1 % de grafeno (GF1HT). O grafeno foi obtido através de reações sequenciais de oxidação e redução e ultrassonificação em meio básico, seguido de redução com sulfato de hidrazina e secagem em estufa a 60°C por 24 horas.

A hidrotalcita de magnésio e alumínio foi obtida pelo método de co-precipitação, no qual é adicionada uma mistura precipitante de hidróxido de sódio e carbonato de sódio em uma solução mista de nitratos de magnésio e alumínio, sendo mantido em digestão por 6 horas a 60°C, decantado por 18 horas, filtrado e seco em estufa a 100°C por 24 horas. Para a obtenção do nanocompósito, o grafeno foi adicionado na solução mista de nitratos de magnésio e alumínio antes da adição da solução precipitante e o restante do procedimento foi idêntico ao utilizado para a obtenção da hidrotalcita.

As amostras de grafeno, hidrotalcita e nanocompósito grafeno/hidrotalcita foram analisadas por difratometria de raios-X em um equipamento Siemens D5000, com radiação K- $\alpha$  de Cu filtrada com ferro e modo de varredura  $\theta/2\theta$  entre 5 a 80  $^\circ(2\theta)$ ,

com passo de  $0,02^\circ(2\theta)$  em um goniômetro vertical. Os padrões de difração obtidos foram comparados com o banco de dados de difração JCPDS, versão 2003. Essas amostras também foram analisadas por espectroscopia Raman utilizando como fonte de radiação, um laser vermelho (785 nm) com potência máxima de 120 mW, da marca B&W Tek In.. Os espectros Raman foram obtidos por tempos de 120 s em 3 varreduras, sendo utilizada a média das varreduras.

Para estudo de adsorção, foram preparadas soluções de nitrato de cromo(III) e de fenolftaleína com concentrações de  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , que atravessam o sistema de filtração contendo o material adsorvente em leito fixo acondicionado entre pedaços de algodão hidrófilo (também utilizado como padrão). Alíquotas das soluções filtradas foram então coletadas e analisadas por espectroscopia UV-Vis em um espectrofotômetro da marca Varian, modelo Cary 50 UV-Vis. Os espectros foram obtidos pelo programa “Scan” e a leitura de absorbância feita no comprimento de onda de 900 a 300 nm.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 podem ser observadas as diferentes colorações dos materiais sintetizados. O grafeno apresenta uma coloração enegrecida que contrasta com a coloração branca da hidrotalcita. Pode ser visto que o nanocompósito de grafeno/hidrotalcita é morfologicamente semelhante a hidrotalcita não modificada, porém a coloração é alterada pelo grafeno.

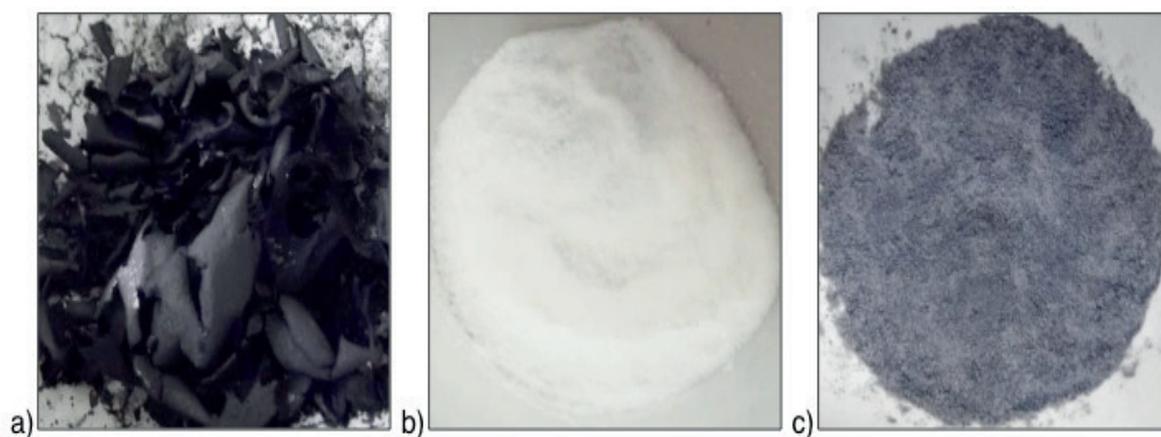


Figura 1. Imagens das amostras secas a  $100^\circ\text{C}$ : a) GF, b) HT e c) GF1HT.

Na Figura 2 podem ser observados os espectros Raman para as amostras de grafeno, hidrotalcita e nanocompósito grafeno/hidrotalcita. O espectro Raman para o grafeno, mediante excitação com laser vermelho (785 nm) revela o espalhamento Raman potencializado pela superfície (efeito SERS), que ocorre entre as folhas hexagonais presentes em cada partícula (WANG et al., 2013). Deste modo, dependendo da amostra, os distintos modos ativos Raman originam bandas sobrepostas T, D, G, D', 2D, D+D' e 2D', que se estendem em um amplo intervalo de número de onda,

geralmente abaixo de 3000  $\text{cm}^{-1}$ , como verificado nesta amostra.

Por outro lado, a estrutura da hidrotalcita possui uma banda larga que se desloca de 100  $\text{cm}^{-1}$  a 7500  $\text{cm}^{-1}$ . As bandas acerca de 500  $\text{cm}^{-1}$  são associadas às ligações cruzadas entre os grupos Al-O-Al e Al-O-Mg, presentes nas lamelas da hidrotalcita, enquanto as bandas em torno de 700  $\text{cm}^{-1}$  são originadas dos grupos carbonatos interlamelares. A contribuição da água interlamelar pode ser tenuamente observada entre os números de onda de 2100  $\text{cm}^{-1}$  e 3200  $\text{cm}^{-1}$ , e em maiores frequências (5400, 6500 e 7500  $\text{cm}^{-1}$ ) encontram-se as bandas relacionadas a diferentes tipos de estiramentos do grupo OH- (KAGUNYA et al., 1998; PALMER et al., 2009).

No entanto, na amostra do nanocompósito grafeno/hidrotalcita pode ser observado um efeito SERS ainda maior, caracterizado por uma banda alargada de intensidade muito superior às bandas dos materiais não modificados. Nota-se uma grande sinergia entre grafeno e hidrotalcita na amostra conjugada, com um perfil diferente dos materiais não modificados, mesmo avaliando bandas de menor intensidade (THOMSEN & REICH, 2000; SAITO et al., 2002).

Na Figura 3 são observados os padrões de difração de raios-X para as amostras a base de hidrotalcita, com perfis identificados como sendo característicos de uma fase única de hidrotalcita carbonatada de magnésio e alumínio com estrutura cristalina romboédrica de grupo espacial R-3m, de acordo com a referência PDF nº 89-460 (JCPDS, 2003).

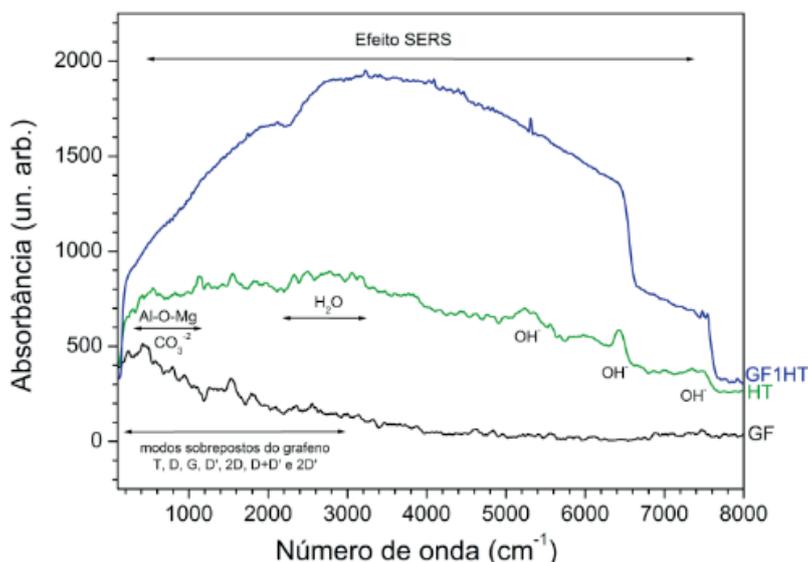


Figura 2. Espectros Raman para as amostras GF, HT e GF1HT.

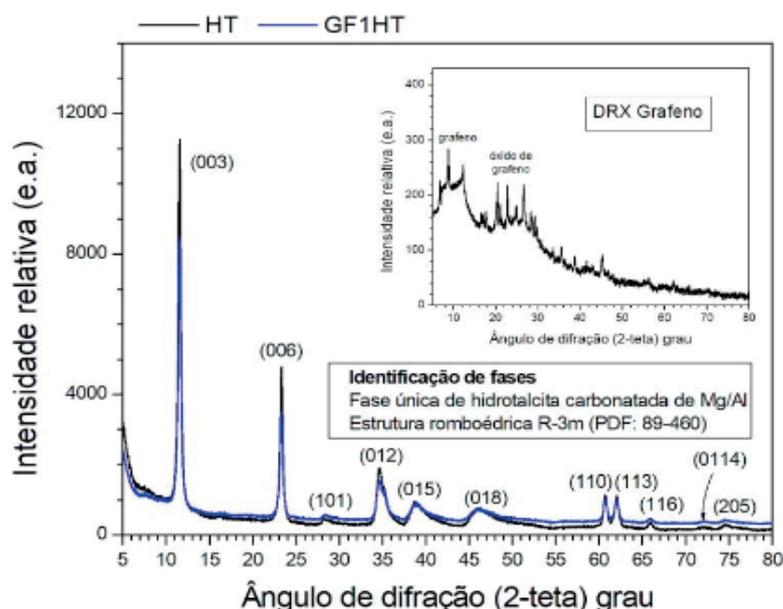


Figura 3. Padrões de difração de raios-X das amostras HT, GF1HT e GF (detalhe).

Os perfis de difração destas amostras são equivalentes, assegurando que a incorporação de folhas de grafeno não modifica o arranjo padrão do cristal de hidrotalcita. No entanto, o padrão de difração do grafeno é predominantemente amorfo, com uma infinidade de pequenos picos bem estreitos e pouco intensos, relacionados a resíduos de síntese. Entretanto, podem ser vistos dois picos gaussianos alargados em 10 e 25 °(2-teta), os quais são característicos de folhas empilhadas de grafeno e óxido de grafeno, respectivamente.

Os estudos de adsorção foram iniciados preparando soluções padrões de cromo(III) a partir da concentração inicial de 0,1 mol L<sup>-1</sup> e sendo diluída sucessivamente até a obtenção das concentrações: 0,05 mol L<sup>-1</sup>, 0,01 mol L<sup>-1</sup>, 5,0.10<sup>-3</sup> mol L<sup>-1</sup>, 1,0.10<sup>-3</sup> mol L<sup>-1</sup>, 5,0.10<sup>-4</sup> mol L<sup>-1</sup> e 1,0.10<sup>-4</sup> mol L<sup>-1</sup>. Os espectros de absorção na região do UV-Vis para todas as soluções padrões de cromo(III) apresentam uma correlação adequada dos perfis de absorção e das intensidades relativas das duas bandas principais no decorrer das diluições (Figura 4.a).

A banda de máxima intensidade localizada em 360 nm foi escolhida para obtenção da curva de calibração, segundo a equação de Lambert-Beer, a qual pode ser vista na Figura 4.b e também para o cálculo da concentração residual de cromo(III). Todos os pontos da curva permaneceram em linearidade e a regressão linear apresentou a seguinte equação de reta:  $Y = 0,00114(0,00362) + 15,78738(0,08525)$ , o que representa um valor de absorvidade molar de 15,79 L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>.

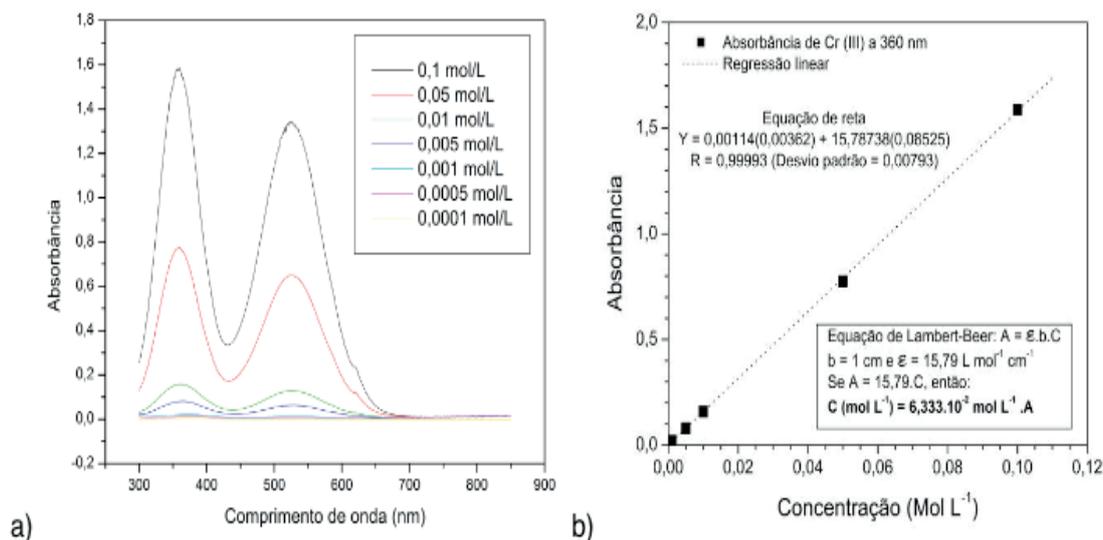


Figura 4. a) Espectros UV-Vis para as diferentes concentrações das soluções padrões de cromo(III). b) Curva de calibração para o cromo(III) a 360 nm.

Após os testes de adsorção de cromo(III) em cada um dos materiais adsorventes, foram retiradas alíquotas da solução poluente e analisadas por espectroscopia de absorção na região do UV-Vis (Figura 5). A concentração final  $C$ , em  $\text{mol L}^{-1}$ , para cada alíquota após o teste de adsorção, foi calculada multiplicando a absorbância  $A$  pelo inverso da absortividade molar, expressa como  $6,333 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ , e tendo o caminho óptico como parâmetro constante de 1 cm, o que resulta na equação rearranjada:  $C = 6,333 \cdot 10^{-2} \cdot A$ .

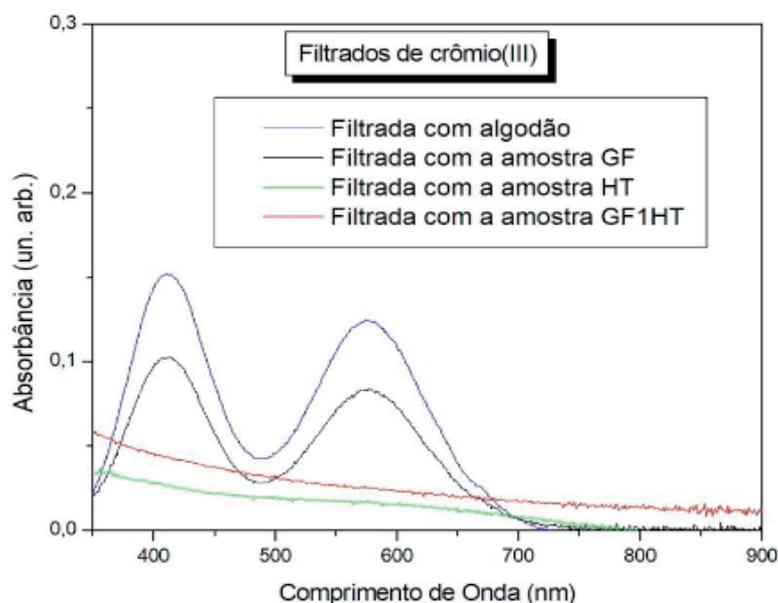


Figura 5. Espectros UV-Vis para as alíquotas obtidas nos testes de remoção de cromo(III).

Na Tabela 1 são apresentados os valores obtidos para este cálculo e a porcentagem de cromo(III) adsorvida após o processo, a qual foi obtida pela equação abaixo, onde  $C_i$  é a concentração inicial da solução e  $C_f$  é a concentração final após filtração com o respectivo material adsorvente.

$$\% \text{ adsorvida} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Material Adsorvente	Concentração inicial (mol L-1)	Absorbância em 360 nm (un. arb.)	Concentração final (mol L-1)	% crômio(III) adsorvida
Algodão	0,01	0,15	0,0095	5
Grafeno GF	0,01	0,10	0,0063	37
Hidrotalcita HT	0,01	0,03	0,0019	81
Nanocompósito GF1HT	0,01	0,05	0,0031	69

Tabela 1. Valores de Concentração obtidos para as soluções de crômio(III).

A amostra de hidrotalcita apresenta uma porcentagem de adsorção de crômio(III), de 81 % em valor absoluto e 76 %, em valor normalizado, incluindo a influência do algodão. Já a amostra de nanocompósito GF1HT apresenta adsorção de 69 % em valor absoluto e 64 %, em valor normalizado. Esta diminuição provavelmente é influenciada pela presença do grafeno, que apresentou adsorção absoluta de 37 %, sendo 32 % em valor normalizado.

Na Figura 6, podem ser vistos os materiais adsorventes grafeno, hidrotalcita e nanocompósito, após a passagem da solução de crômio(III). Como o grafeno e o nanocompósito grafeno/hidrotalcita possuem colorações escuras, os processos de incorporação de crômio(III) não ficam tão nítidos, como ocorrido para a amostra de hidrotalcita.

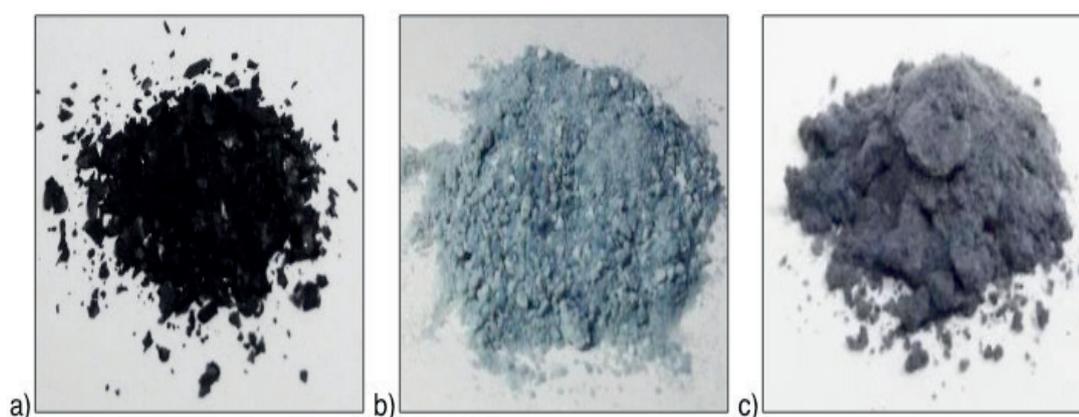


Figura 6. Materiais Adsorventes após filtração de crômio(III): a) GF, b) HT e c) GF1HT.

O estudo de adsorção de soluções de fenolftaleína foi mais complexo do que o executado para as soluções de crômio(III). Na Figura 7.a podem ser visualizados os espectros UV-Vis para as soluções padrões de fenolftaleína, iniciando na concentração de 0,1 mol L-1, e diluindo até obter as mesmas concentrações usadas para o crômio(III).

Entretanto, foi necessário a utilização de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) com pH 11 para os processos de diluição, de maneira que não influenciasse

o pH ou o perfil de absorção da fenolftaleína. Em concentrações em torno de  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ , aparece um ruído no espectro na região de máxima absorção próxima a  $550 \text{ nm}$ , o que inviabiliza a obtenção dos valores de máxima absorção para construção da curva de calibração. Em contrapartida, quando a concentração diminui a valores próximos de  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ , a banda de absorção fica tão próxima do background, impossibilitando ainda a tomada de valores de absorção máxima.

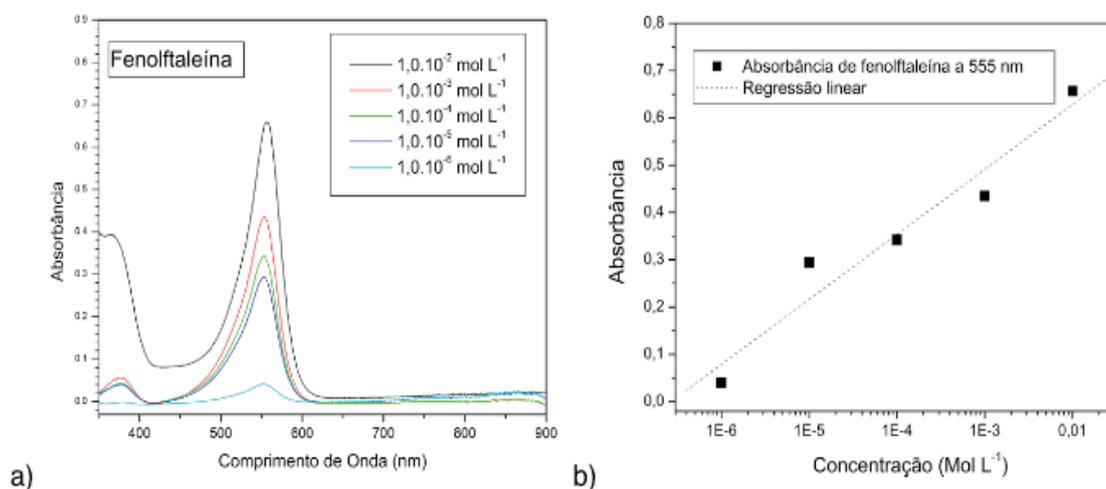


Figura 7. a) Espectros UV-Vis para as diferentes concentrações das soluções padrões de fenolftaleína. b) Curva de calibração para a fenolftaleína a  $555 \text{ nm}$ .

Na Figura 7.b pode ser observada a curva obtida com os valores de absorbância coletados, mas a curva não apresentou intervalo de linearidade, demonstrando um ajuste vago e não representativo dos pontos, não sendo possível calcular a porcentagem de adsorção de fenolftaleína. Nicholson (1989) relaciona este fenômeno a um efeito de descoloração da fenolftaleína em meio alcalino, tanto maior quanto maior o pH.

As absorbâncias relativas para o estudo de adsorção de fenolftaleína (Figura 8) mostraram que a fase grafeno e o compósito apresentaram maiores reduções de absorbância nas alíquotas filtradas do que a amostra de hidrotalcita. Este resultado pode ser ainda mais expressivo se considerarmos que a hidrotalcita é um hidróxido duplo lamelar, cujo produto de solubilidade em água gera um pH de  $10,5$ , ou seja, que parte do resultado pode ser via esmaecimento da fenolftaleína ainda em solução e não de sua remoção.

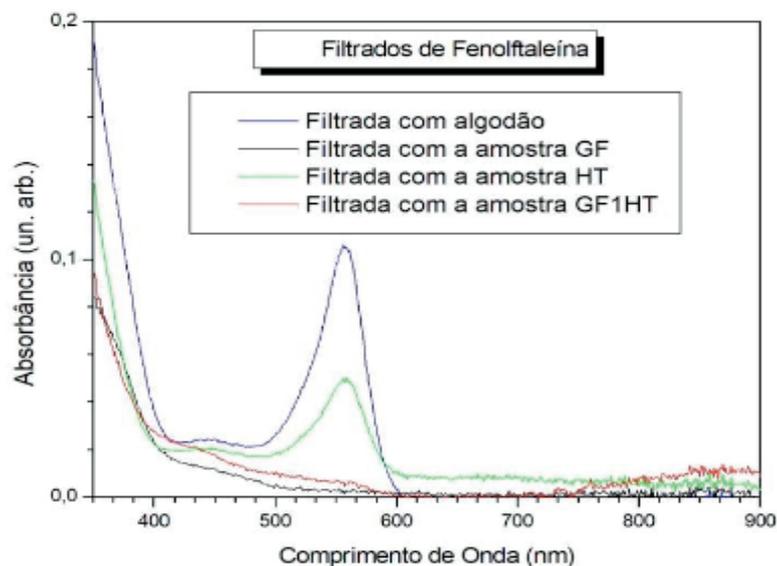


Figura 8. Espectros UV-Vis para as alíquotas obtidas nos testes de remoção de fenolftaleína.

Ao observar a coloração dos materiais adsorventes após a passagem da solução de fenolftaleína (Figura 9), pode-se inferir que a capacidade adsorptiva dos materiais é de fato muito elevada. Pois, apesar da coloração enegrecida do grafeno dificultar a visualização da presença de fenolftaleína, na amostra de nanocompósito grafeno/hidrotalcita a coloração roxa pode ser visualizada. Mas, é na amostra de hidrotalcita, que mesmo apresentando maior absorbância na alíquota final, onde pode ser observada uma intensa coloração vermelha referente à presença de fenolftaleína adulterada depois de adsorvida.

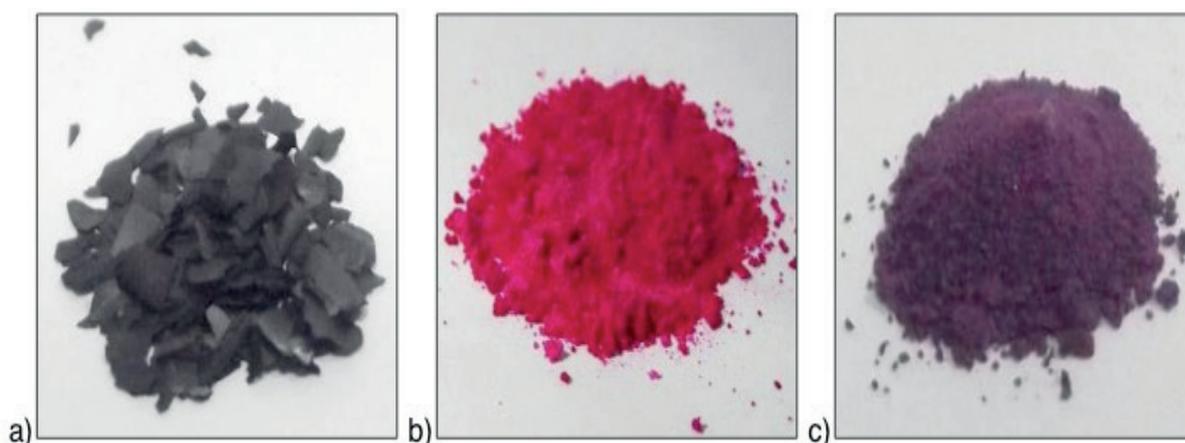


Figura 9. Materiais Adsorventes após filtração de fenolftaleína: a) GF b) HT e c) GF1HT.

#### 4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho foi evidenciada a sinergia do material nanocompósito a base de grafeno e hidrotalcita, mostrada por espectroscopia Raman e Difractometria de raios-X em comparação as fases isoladas, que indicam a existência de uma interação em escala nanométrica entre os dois materiais, mas preservando a natureza cristalina

da hidrotalcita mediante a inserção de folhas de grafeno. Este aspecto se mostrou importante para a hidrotalcita como adsorvente para os cátions de cromo(III), que manteve a mesma performance da hidrotalcita isolada. No entanto, quando o adsorvato é a fenoltaleína, a hidrotalcita parece não afetar este processo, permitindo que o grafeno atue como na forma isolada.

Assim sendo, os resultados deste trabalho mostram que a proposta de desenvolver um material adsorvente bifuncional para meios contaminados com metais pesados e micropoluentes orgânicos é factível. De todo modo, é possível ampliar este estudo estudando outros metais pesados e outros micropoluentes orgânicos, contribuindo para obtenção de materiais similares com capacidade adsorptiva ainda maiores.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FUNDECT-MS, CNPq, CAPES, FINEP e PIBAP/UEMS pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AGHIGH, A.; ALIZADEH, V.; WONG, H. Y.; ISLAM, M. S.; AMIN, N.; ZAMAN, M. Recent advances in utilization of graphene for filtration and desalination of water: A review. **Desalination**, 365 389-397, 2015.

ANDREOZZI, R.; CAPRIO, V.; INSOLA, A.; MAROTTA, R. Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. **Catalysis Today** 53 51-59, 1999.

AVILA, E. S.; MELO, C. C. N.; SAMPAIO, T. P.; MACHADO, F. M. Síntese e caracterização de óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v.3, n.1, p.19-24, 2017.

BELLINGIERI, J. C. Água de beber: a filtração doméstica e a difusão do filtro de água em São Paulo. **Anais do Museu Paulista**, 12 161-191, 2004.

BOLONG, N.; ISMAIL, A. F.; SALIM, M. R.; MATSUURA, T. A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal. **Desalination** 239 229-246, 2009.

ISLAM, M. S.; AHMED, M. K.; RAKNUZZAMAN, M. HABIBULLAH -AL- MAMUN, M.; ISLAM, M. K. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. **Ecological Indicators** 48 282-291, 2015.

JCPDS - **Joint Committee on Powder Diffraction Standards**. International Center for Diffraction Data. Powder Diffraction File, Pennsylvania, 2003.

KAGUNYA, W.; BADDOUR-HADJEAN, R.; KOOLI, F.; JONES, W. Vibrational modes in layered double hydroxides and their calcined derivatives. **Chemical Physics**. 236 1-3 225-234, 1998.

MAHER, A.; SADEGHI, M.; MOHEB, A. Heavy metal elimination from drinking water using nanofiltration membrane technology and process optimization using response surface methodology. **Desalination** 352 166-173, 2014.

MONTEIRO, M.I.C.; FRAGA, I.C.S.; YALLOUZ, A. V.; DE OLIVEIRA, N. M. M.; RIBEIRO, S.H. Determination of total chromium traces in tannery effluents by electrothermal atomic absorption

spectrometry, flame atomic absorption spectrometry and UV–visible spectrophotometric methods. **Talanta** 58, 629-633, 2002.

NICHOLSON, L. Kinetics of the Fading of Phenolphthalein in alkaline solution. **Journal of Chemical Education** V. 66 n. 9, 1989.

PALMER, J.; FROST, R. L.; SPRATT, H. J. Synthesis and Raman spectroscopic study of Mg/Al,Fe hydrotalcites with variable cationicratios. **Journal of Raman Spectroscopy** 40, 1138-1143, 2009.

PERREAULT, F.; DE FARIA, A. F.; ELIMELECH, M. Environmental applications of graphene-based nanomaterials. **Chemical Society Review** 44, 5861-5896, 2015.

SAITO, R.; JORIO, A. SOUZA-FILHO, A. G.; DRESSELHAUS, G.; DRESSELHAUS, M. S.; PIMENTA, M. Probing Phonon Dispersion Relations of Graphite by Double Resonance Raman Scattering. **Physical Review Letters**. 88 027401, 2002.

SONNENBERG, A.; MULLER, A. D. Constipation and cathartics as risk factors of colorectal cancer: a meta-analysis. **Pharmacology** 47(suppl 1): 224-233, 1993.

STACKELBERG, P. E.; GIBS, J.; FURLONG, E. T.; MEYER, M. T.; ZAUGG, S. D.; LIPPINCOTT, L. Efficiency of conventional drinking-water-treatment processes in removal of pharmaceuticals and other organic compounds. **Science of The Total environment**, 377 2-3 255-272, 2007.

THOMSEN, C. & REICH, S. Double Resonant Raman Scattering in Graphite. **Physical Review Letters**. 85 5214, 2000.

UDDIN, M. K. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. **Chemical Engineering Journal**, 308 438-462, 2017.

WANG, P.; ZHANG, D.; ZHANG, L.; FANG, Y. The SERS study of graphene deposited by gold nanoparticles with 785 nm excitation. **Chemical Physics Letters**. 556 146-150, 2013.

ZHAO, M.; ZHANG, Q.; HUANG, J.; WEI, F. Hierarchical Nanocomposites Derived from Nanocarbons and Layered Double Hydroxides - Properties, Synthesis, and Applications. **Advanced Functional Materials**. 22, 675-694, 2012.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Henrique Ajuz Holzmann:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**João Dallamuta:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

**Ricardo Vinicius Bubna Biscaia:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alface 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Algoritmos 45, 46, 57, 119, 137, 138, 139, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 306, 311

Aprendizagem colaborativa 9, 12, 13, 14, 15, 18, 20

Arduino 85, 136

Arquitetura de informação 60, 63

Astrofotografia 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 73

Ativismo de dados 151, 159

Autorregulação 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29

### B

Benchmark 102, 103, 109, 110

### C

Cibercultura 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 20

Ciclo de vida da edificação 188, 189, 190, 191, 192, 196, 197, 198, 199, 201

Cidades inteligentes 115, 117, 118, 121, 122, 123, 124, 125

Comparação de metodologias de ensino 30

Comunicação digital 60

Construção civil 188, 189, 196, 201, 202

### D

Dados 2, 6, 7, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 63, 67, 71, 74, 77, 79, 80, 81, 86, 90, 91, 92, 93, 97, 103, 109, 112, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 156, 158, 159, 160, 161, 179, 192, 198, 199, 200, 202, 207, 219, 221, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 236, 239, 241, 244, 255, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 266, 268, 270, 271, 272, 274, 275, 277, 295, 296, 299, 305, 306, 307, 311, 312, 313

Divulgação científica 60, 62, 65, 66, 71, 72

Domínios 18, 86, 93, 94, 95, 98, 118

### E

EaD 22, 23, 24, 25, 27, 28

Eletrodeposição 163, 164, 165, 166, 169

Engenharia do valor 188, 189, 192, 193, 196, 197, 202

Ensino 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 65, 74, 75, 76, 80, 84, 85, 103

Estanho 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 295

## F

Física 31, 33, 45, 65, 73, 74, 75, 76, 77, 83, 84, 85, 103, 205, 216, 217, 218, 219, 225, 226, 268, 292

## G

Gênero 138, 139, 147, 149

## I

IFRO 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 112, 113

Interdisciplinaridade 24, 65, 74, 75, 84, 85

Internet das coisas 6, 113, 115, 117

## L

Lecturing 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43

## M

Machine Learning 129, 138, 139, 140, 142, 145, 147, 148, 149, 150, 153

Mudanças 1, 2, 5, 6, 7, 8, 14, 27, 91, 133, 146, 160, 190, 243, 267, 272

## N

Necessidades educativas especiais 44

## O

OpenCV 129, 130, 133, 137

## P

Peer Instruction 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43

Placas de circuito impresso 163, 164, 165, 166, 174

Privacidade 96, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 128, 160

Profissões 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Proteção de dados 115, 117, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 160

## R

Raspberry Pi 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 131

Recursos educacionais digitais 44, 45, 47, 49, 52, 53

Redução de custo 188, 189, 192, 196, 198, 200, 201, 202

Remoção 96, 163, 165, 166, 168, 169, 170, 171, 173, 175, 177, 182, 184, 185, 191, 205, 309, 310

Repositórios 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 57

Robô autônomo 129, 130, 137

## S

Saúde eletrônica 86

Seguidor de linha 129, 130, 131, 137

Sistema de recomendação 44, 52, 53, 54, 56

Sistemas 6, 12, 44, 45, 46, 65, 70, 72, 73, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 98, 100, 103, 107, 109, 130, 139, 149, 152, 154, 155, 157, 165, 190, 193, 217, 226, 230, 236, 277, 302, 314, 315

## T

Tecnologia de Informação e Comunicação 86

Tecnologias digitais 9, 10, 13, 15, 16, 17, 18

Telessaúde 86, 93, 99, 100

Teoria Ator-Rede 9, 10, 11, 20

Teste de Friedman 30

Teste de Wilcoxon 30

## U

UX 60, 62

## V

Vigilância 115, 118, 120, 153

Voz 4, 129, 138, 139, 149, 160

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-798-7



9 788572 477987