



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

# Química:

Desvendando propriedades e  
comportamentos da matéria 2

Atena  
Editora  
Ano 2022



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

# Química:

Desvendando propriedades e  
comportamentos da matéria 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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-NãoDerivativos 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 Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
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  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
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



## Química: desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Q6 Química: desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0486-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.866221409>

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](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## 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 intitulado: “Química: Desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2 ” é constituído por dez capítulos de livros que foram divididos em três eixos-temáticos: *i)* ensino de química; *ii)* química inorgânica e suas aplicações e; *iii)* produção de álcool e química ambiental.

O primeiro tema é constituído por três capítulos que procuraram investigar as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de química sob o olhar do aluno em relação às aulas no sistema remoto e as dificuldades enfrentadas por futuros professores de química durante a pandemia do COVID-19 (março/2020 a dezembro/2021). O terceiro capítulo apresentou um estudo em relação ao tema “Estação Meteorológica” como gerador do conhecimento químico.

Os capítulos de 4 a 7 apresentam trabalhos que procuraram investigar a química inorgânica e suas diferentes aplicações, entre as quais: *i)* transformação do 2-metilofeno sobre argila modificada pela incorporação de zinco; *ii)* a importância do conhecimento dos compostos de coordenação; *iii)* introdução de filmes finos de  $\text{CeO}_2$  sobre a superfície de materiais cerâmicos com porosidade construída de  $\text{TiO}_2$  utilizando a técnica de réplica e; *iv)* utilização de Terras Raras como indicador fotoluminescente de pH.

Por fim, o terceiro eixo temático apresenta um estudo que demonstra o potencial de produção de etanol de segunda geração a partir da biomassa vegetal da Gigoga (vegetal que se prolifera em ambientes aquáticos de águas doces e salobras com elevada contaminação). O oitavo capítulo apresenta a eficiência da biomassa proveniente da maçã como bioadsorvente de  $\text{Cu(II)}$ ,  $\text{Fe(II)}$  e  $\text{Ni(II)}$ . Finaliza-se com o capítulo 10 que apresenta um estudo para remoção do hormônio 17 $\alpha$ -Ethinilestradiol sob cristais de  $\text{WO}_3$  e ativados por luz policromática.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ENSINO REMOTO EM MEIO À PANDEMIA DA COVID-19: DIFICULDADES E PERCEPÇÕES DE BOLSISTAS PIBID E ALUNOS NO ENSINO DE QUÍMICA**


Caren Layssa Marques Santana  
Werley Denison Lima de Lima  
Alexsandro Sozar Martins  
Ana Rosa Carriço de Lima. M. Duarte  
Kelly das Graças Fernandes Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214091>

### **CAPÍTULO 2..... 7**

#### **RELATO DE AULAS REMOTAS EM COMPONENTES CURRICULARES EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA NO ENSINO**


Aline Valquiria da Silva Maciel  
Brenda Vanzin Ribas  
Edneia Durlí

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214092>

### **CAPÍTULO 3..... 10**

#### **ESTAÇÃO METEOROLÓGICA**


Carla Aparecido da Silva Lopes  
Eliane Flora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214093>

### **CAPÍTULO 4..... 13**

#### **ESTUDO DAS TRANSFORMAÇÕES DO 2-METILTIOFENO SOBRE A ARGILA KSF MODIFICADA ATRAVÉS DA PILARIZAÇÃO E INCORPORAÇÃO DE ZINCO**

Manuela Lisboa de Oliveira  
Vivian Lima dos Santos  
Eneida Andrade Cardoso  
Vitor Almeida de Novaes Galvão  
Angelica Amaral de Oliveira  
Arthur Pinto Mariano  
Ronaldo Costa Santos  
Luiz Antônio Magalhães Pontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214094>

### **CAPÍTULO 5..... 25**

#### **INTRODUÇÃO A QUÍMICA DOS COMPOSTOS POR COORDENAÇÃO**


Emanoel Jorge Silva Gomes  
Sílvia Cristianne Nava Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214095>

**CAPÍTULO 6..... 35**

**SÍNTESE DE FILME FINO DE CeO<sub>2</sub> SUPORTADO EM CERÂMICA POROSA DE TiO<sub>2</sub> A PARTIR DA TÉCNICA DE RÉPLICA**


Daniel Coelho do Amaral  
Alley Michael da Silva Procópio  
Isabela Cristina Fernandes Vaz  
Ana Cristina Tolentino Cabral  
Márcio Roberto de Freitas  
Mercês Coelho da Silva  
Francisco Moura Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214096>

**CAPÍTULO 7..... 44**

**INDICADOR FOTOLUMINESCENTE DE pH: UMA INTRODUÇÃO ÀS TERRAS RARAS**


José Gabriel Santos Barbosa  
Jorge Fernando Silva de Menezes  
Andrei Marcelino Sá Pires Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214097>

**CAPÍTULO 8..... 60**

**ANÁLISE DO POTENCIAL DA GIGOGA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO VIA ROTA QUÍMICA**

Carolina Mello Coutinho Fonseca  
Marina Pinheiro Gomes  
Gisel Chenard Díaz  
Yordanka Reyes Cruz  
Leonard Guimarães Carvalho  
Donato Alexandre Gomes Aranda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214098>

**CAPÍTULO 9..... 75**

**BIOMASSA DE MAÇÃ COMO BIORSORVENTE PARA REMOÇÃO DE Cu(II), Fe(II) E Ni(II) EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

Aline Raiza Aparecida Ribeiro  
Alexandre Gomes  
Aline Rocha Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214099>

**CAPÍTULO 10..... 86**

**FOTODEGRADAÇÃO DO 17 $\alpha$ -ETINILESTRADIOL SOB CRISTAIS DE WO<sub>3</sub> SUPOSTADOS EM SBA-15 ATIVADOS POR LUZ POLICROMÁTICA**

Antonio Ferreira Soares Filho  
Luis Fernando Guimarães Noletto  
Vitória Eduardo Mendes Vieira  
Renato Pereira de Sousa  
Geraldo Eduardo da Luz Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.86622140910>

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b> | <b>101</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>    | <b>102</b> |

## BIOMASSA DE MAÇÃ COMO BIOSORVENTE PARA REMOÇÃO DE Cu(II), Fe(II) E Ni(II) EM SOLUÇÕES AQUOSAS

Data de aceite: 01/09/2022

**Aline Raiza Aparecida Ribeiro**

<http://lattes.cnpq.br/569999208436621>

**Alexandre Gomes**

<http://lattes.cnpq.br/1742448164560880>

**Aline Rocha Borges**

<http://lattes.cnpq.br/4139745508738442>

**RESUMO:** Embora os metais potencialmente tóxicos estejam naturalmente presentes nos efluentes aquáticos, a ação antropogênica tem contribuído para que a presença dos metais esteja cada vez mais intensa nos corpos hídricos. Os métodos convencionais de tratamento para este tipo de contaminação são muito eficientes, mas apresentam algumas desvantagens. A fim de otimizar e melhorar estes processos, pesquisas utilizando biomassa como biosorvente têm sido desenvolvidas nos últimos anos. Estes métodos são considerados seguros, possuem baixo custo e podem promover elevados níveis de remoção destes metais, além de ser uma forma sustentável de aproveitar os resíduos orgânicos gerados pela agroindústria, pois o processamento de frutas para produção de sucos e polpas gera entre 30 e 40% de resíduos agroindustriais. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo empregar a maçã gala (*Malus domestica Borkh*) na biossorção dos metais cobre, níquel e ferro em soluções aquosas. Análises em microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier

revelaram que o bagaço da maçã gala possui várias características desejáveis para biossorção. Os resultados mostraram que o tamanho da partícula do biossorvente não têm nenhum tipo de influência na capacidade biossorvente do material, após analisar os tamanhos 74, 210 e 354  $\mu\text{m}$  de partícula. O material demonstrou ser um excelente biossorvente, após a quantificação por espectrometria de absorção atômica com chama, observou-se uma redução na concentração dos metais de 79,6%, 78,8% e 98,6% respectivamente para o ferro, níquel e cobre.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biossorção, Maçã, Metais.

**ABSTRACT:** Although potentially toxic metals are naturally present in aquatic effluents, anthropogenic action has contributed to the increasingly intense presence of metals in water bodies. Conventional methods of treatment for this type of contamination are very efficient, but have some disadvantages. In order to optimize and improve these processes, research using biomass as a biosorbent has been developed in recent years. These methods are considered safe, have low cost and can promote high levels of removal of these metals, in addition to being a sustainable way to use the organic waste generated by the agroindustry, since the processing of fruits for the production of juices and pulp generates between 30 and 40% of agro-industrial waste. In this context, the present work aimed to use the gala apple (*Malus domestica Borkh*) in the biosorption of copper, nickel and iron metals in aqueous solutions. Scanning electron microscopy and Fourier transform infrared

spectroscopy analysis revealed that gala apple pomace has several desirable characteristics for biosorption. The results showed that the particle size of the biosorbent does not have any kind of influence on the biosorbent capacity of the material, after analyzing the particle sizes 74, 210 and 354  $\mu\text{m}$ . The material proved an excellent biosorbent, after quantification by flame atomic absorption spectrometry, there was a reduction in the concentration of metals of 79.6%, 78.8% and 98.6% respectively for iron, nickel and copper.

**KEYWORDS:** Biosorption, Apple, Metals.

## 1 | INTRODUÇÃO

Algumas atividades industriais geram vários tipos de resíduos contendo materiais tóxicos. Dentre estes contaminantes, se destacam como um dos mais preocupantes, os metais potencialmente tóxicos, que são resíduos altamente perigosos para o meio ambiente. As atividades industriais responsáveis por estes tipos de efluentes são as indústrias têxtil, mineradora, metalúrgica e siderúrgica (FIGUEIRÊDO et al., 2021; PEREIRA, 2021; BARBOSA, 2019).

Os metais potencialmente tóxicos estão, naturalmente, presentes na água, embora a atividade vulcânica e o intemperismo de rochas sejam processos naturais, a ação antropogênica tem contribuído muito para que a presença destes poluentes em efluentes aquáticos estejam presentes de maneira cada vez mais significativa (AGUIAR et al., 2018; DOS SANTOS et al., 2019; SOUZA et al., 2018).

Os metais cobre, níquel e ferro são micronutrientes essenciais às plantas, à dieta humana e animal, pois facilitam o bom funcionamento do metabolismo e na regulação das funções celulares. Porém, em elevadas concentrações são nocivos; de modo geral, o excesso de micronutrientes nas plantas pode causar problemas no metabolismo vegetal, com comprometimento das funções metabólicas (DE LIMA FILHO, 2016). No corpo humano, o excesso de micronutrientes estão relacionados com náuseas, problemas gastrointestinais e até mesmo na síntese de espécies reativas de oxigênio que são tóxicas e lesam proteínas, lipídeos e DNA (GROTTO, 2008).

A fim de remover os metais potencialmente tóxicos dos efluentes, são utilizados processos químicos e físicos, tais como precipitação química, cristalização, coagulação, floculação, redução, troca iônica, ultrafiltração, eletrólise, eletrodialise, osmose reversa e adsorção a substâncias inorgânicas. Porém, ao aplicar estes processos muitas desvantagens são apontadas, como a remoção incompleta dos metais, o gasto excessivo de reagentes e energia, a geração de subprodutos ou resíduos tóxicos, além dos custos elevados (KAPPOR, 1995; SAG, 1995; BARBOSA, 2019; CORRÊA, 2021; DOS REIS et al., 2022).

A fim de minimizar estes efeitos, pesquisas utilizando biomassa têm sido desenvolvidas nos últimos anos com objetivo de otimizar e melhorar o processo de remoção destes metais. Esse processo se constitui na utilização da biomassa para a

adsorção de compostos por meio de interações físico-químicas entre os grupos funcionais na superfície do bioissorvente (Volesky, 2001). Esses processos são considerados seguros, de baixo custo, o material pode ser reutilizado, podem apresentar seletividade e podem promover elevados valores de adsorção de contaminantes (DA SILVA, 2014), além de ser uma alternativa sustentável para o aproveitamento da matéria orgânica gerada pela agroindústria.

Calcula-se que o processamento de frutas para produção de sucos e polpas gera entre 30 e 40% de resíduos agroindustriais (Martins, 2002), o que sugere a necessidade de estudos que viabilizem a utilização destes resíduos aplicando tecnologias mais eficientes e econômicas e que visem a sustentabilidade local.

Neste contexto, o emprego da maçã gala (*Malus domestica Borkh*) como bioissorvente se torna um atrativo campo de aplicação, pois é uma biomassa de fácil obtenção. A maçã é uma fruta amplamente cultivada na região sul do Brasil, o estado de Santa Catarina é o maior produtor do país, o qual possui mais 50% da área plantada (RIZZON et. al, 2005). O município de Palmas/PR é um grande produtor de maçãs, sendo reconhecido nacionalmente por essa característica. Além disso, a maçã possui vários grupos funcionais essenciais para o processo de adsorção, os quais são oriundos da celulose, lignina, hemicelulose e pectina (FERTONANI, 2006). Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade do bagaço de maçã gala para a remoção dos metais cobre, níquel e ferro em soluções aquosas.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Preparo do bioissorvente

As maçãs utilizadas foram obtidas gratuitamente na unidade armazenadora frigorífica da Companhia de Desenvolvimento Agropecuário do Paraná – CODAPAR, do município de Palmas/PR. O material adquirido não era apropriado para consumo e seria descartado. As maçãs foram cortadas com faca de aço inoxidável e trituradas utilizando um processador de alimentos Britânia BMP900P. Posteriormente, separou-se o bagaço processado do suco por filtração a vácuo. O bagaço foi lavado com água destilada e colocado em estufa durante 24 horas a 60 °C (BOAS, 2012). Após, o material foi moído em moedor de facas A11 Basic Mill. Visando investigar a influência do tamanho de partícula, o material foi peneirado em membranas de poliéster em três tamanhos 74, 210 e 354  $\mu\text{m}$ .

### 2.2 Caracterização do bioissorvente

A fim de verificar os sítios ativos presentes no material bioissorvente, o material foi analisado por espectrometria no infravermelho com transformada de Fourier modelo Frontier (FTIR), Perkin Elmer. A estrutura superficial foi caracterizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) modelo TM3000, Hitachi. Estas etapas foram realizadas na

## 2.3 As soluções

As soluções para o estudo da capacidade de bioissorção foram feitas nas concentrações de 30 mg L<sup>-1</sup> de sulfato de ferro, 30 mg L<sup>-1</sup> de sulfato de níquel e 39 mg L<sup>-1</sup> de sulfato de cobre, todos os sais da marca Merck. As soluções foram feitas em triplicata e tiveram o pH ajustado para 5 utilizando solução de hidróxido de sódio 1 mol L<sup>-1</sup>.

## 2.4 A bioissorção

A cada 25 mL de solução monoelementar foi adicionado 0,5 g de biomassa; o sistema ficou sob agitação constante a 200 rpm durante 180 minutos, a pH 5 e temperatura ambiente. Após, as soluções foram filtradas a vácuo e a quantificação do filtrado foi feita por espectrometria de absorção atômica com chama na Central de Análises da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco utilizando espectrômetro de absorção atômica com forno de chama acoplado (FAAS) modelo PinAAcle 900T, Perkin Elmer.

Após o tratamento estatística dos dados, foi avaliada a eficiência porcentual da remoção de cada metal segundo Souza et al. 2008.

$$R\% = [(C_i - C_f) 100] / C_i$$

Em que: C<sub>i</sub> é a concentração inicial (mg L<sup>-1</sup>); C<sub>f</sub> a concentração final (mg L<sup>-1</sup>)

# 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Caracterização do bioissorvente

O espectro de FTIR apresentou os principais grupos funcionais existentes no bagaço de maçã. De acordo com a Figura 1, os principais picos encontrados no espectro foram estiramento em 3443 cm<sup>-1</sup> que ocorreu devido à presença de hidroxilas constituintes dos polissacarídeos; intervalo de 2918 cm<sup>-1</sup> indicando o estiramento axial da ligação -CH; pico médio em 1742 cm<sup>-1</sup> representando o estiramento de C=O para ácidos carboxílicos alifáticos saturados. As bandas contempladas nas regiões 1210 cm<sup>-1</sup>, 1161 cm<sup>-1</sup> são próprias das ligações C-C e C-O. Estudos recentes Chand et al. (2014) mostram que o bagaço de maçã é rico em polifenóis, o que se confirmam com as bandas dos grupos hidroxilas (-OH) encontradas neste estudo. O bagaço de maçã também é rico em polissacarídeos, pectinas, celulose, hemicelulose e lignina e todos estes compostos apresentam os grupos funcionais como os determinados.

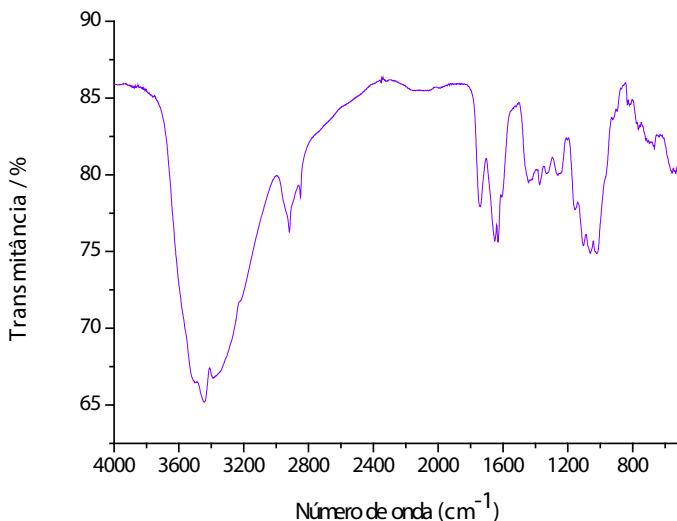


Figura 1. Espectro do bagaço de maçã obtido por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier

### 3.2 Microscopia de varredura

A fim de reconhecer a morfologia do material biossorvente foi utilizada a MEV. As imagens da superfície do bagaço de maçã são apresentadas na Figura 2, ampliada 100 vezes. Observa-se uma superfície irregular, heterogênea com espaços vazios. Essas características das partículas biossorbentes também foram observadas em outro trabalho, Boas (2012) confirma que conforme ocorre um aumento nos orifícios das partículas após técnicas de modificação, aumentando assim as irregularidades, há um aumento nos níveis de biossorção do íon cobre. Esses dados reforçam as informações obtidas por MEV para maçã. Portanto, estas características possibilitam afirmar que o material possui condições favoráveis para a adsorção de espécies metálicas presentes em águas contaminadas.



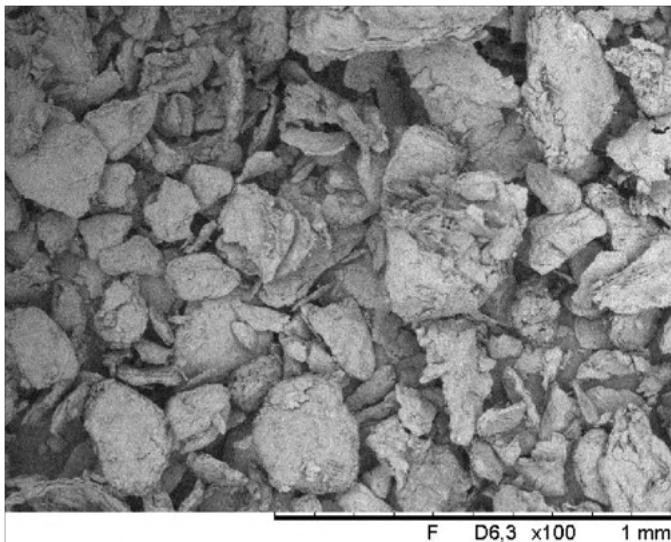


Figura 2. Imagem das partículas peneiradas a  $354 \mu\text{m}$  do bagaço de maçã por Microscopia Eletrônica de Varredura ampliada 100x

### 3.3 Tamanho de partícula

Na literatura, vários estudos apresentam o tamanho da partícula bioissorvente como um importante parâmetro operacional. Leusch et al. 1995, observaram um aumento nos níveis de bioissorção com o aumento do tamanho da partícula bioissorvente, na remoção de metais como cobre, cádmio, níquel e outros pelas algas marinhas *sargassum fluitans* e *ascophylum nodosum*. Resultados semelhantes foram observados por Pino et. al 2013, que com a diminuição do tamanho da partícula bioissorvente, observaram diminuição nos níveis de remoção dos metais Cd(II) e Cr(III), por pó de casca de coco (*cocos nucifera*). De forma geral, partículas maiores e que apresentam geometria esférica tendem a apresentar maiores níveis de remoção devido a uma transferência de massa muito maior do que as partículas que são menores, a diminuição dos níveis de bioissorção com o tamanho do material bioissorvente pode também indicar a destruição dos sítios de adsorção no material (COSSICH, 2000).

No entanto, há trabalhos cujo os resultados são completamente antagônicos ao exposto. Yamamura et. al 2007, observaram um aumento nos níveis de remoção de urânio em meio nítrico, com o a diminuição do tamanho de partícula do bagaço de cana-de-açúcar.

A fim de verificar essas possibilidades na capacidade de bioissorção do material, o bagaço de maçã foi peneirado em três tamanhos distintos de membrana: 74, 210 e  $354 \mu\text{m}$  e os resultados, bem como os desvios padrão podem ser visualizados no Gráfico 1. Quando realizado o teste ANOVA, os resultados mostraram que não houve diferença significativa de 95% ( $F_{\text{tabelado}} = 5,14$ ;  $F_{\text{encontrado Fe}} = 3,24$ ;  $F_{\text{encontrado Cu}} = 1,20$ ;  $F_{\text{encontrado Ni}} =$

4,04), portanto os três tamanhos de partícula possuem a mesma influência na bioadsorção dos metais; todos os testes foram realizados em triplicata.

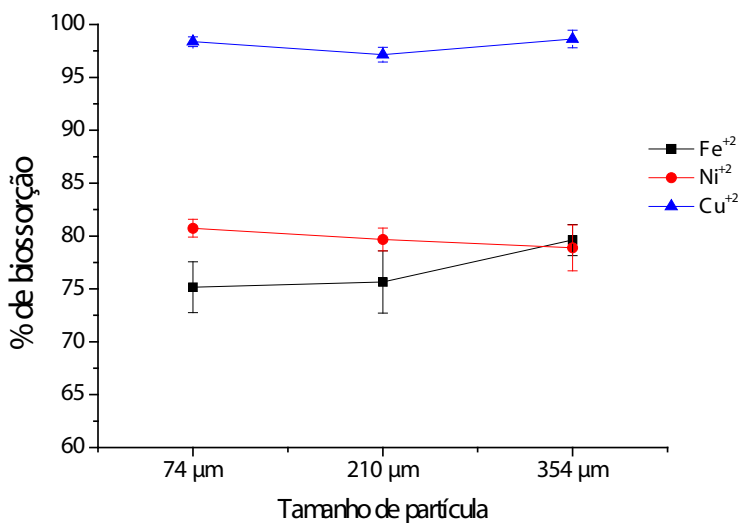


Gráfico 1. Influência no tamanho de partícula na bioadsorção de cobre, ferro e níquel utilizando bagaço de maçã

Esse resultado vai ao encontro do reportado por Salavery et al 2016, observaram que o tamanho de partícula não influenciou na adsorção de cromo hexavalente pela reação com biomassa residuária da produção de azeite de oliva; Módenes et al 2013, não observaram influência do tamanho de partícula bioadsorvente na remoção de Cd (II), Cu (II) e Zn (II), utilizando a macrófita *Eicchornia crassipes*; Kuyucak e Volesky 1989, não constaram influência do tamanho da partícula bioadsorvente na remoção de Co (II) com alga marinha *ascophylum nodosun*. Portanto, a fim do melhor manuseio com as amostras foi utilizado, para o restante do estudo, o tamanho de partícula de 354 µm.

### 3.4 Avaliação da bioadsorção

A bioadsorção dos íons ferro, níquel e cobre utilizando bagaço de maçã foi avaliada e os resultados podem ser vistos no Gráfico 2. Pode-se observar que os três íons obtiveram redução considerável quando comparada a concentração inicial. O íon cobre que no início apresentava concentração de 39 mg L<sup>-1</sup> obteve ao final do experimento 0,5 mg L<sup>-1</sup>, ao mesmo tempo que íons ferro e níquel apresentavam no início 30 mg L<sup>-1</sup> ao final resultaram em 6,1 e 6,4 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

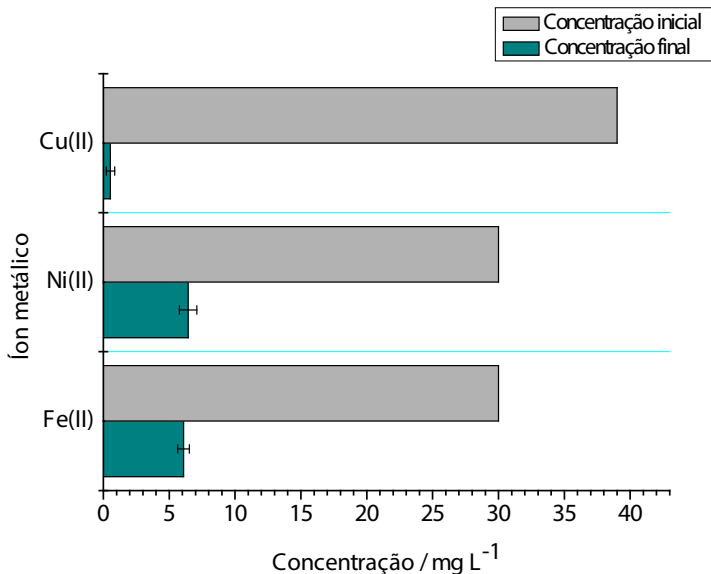


Gráfico 2. Biossorção dos íons cobre, ferro e níquel utilizando bagaço de maçã

Na Tabela 1 é apresentado a eficiência percentual de remoção de cada íon metálico, bem como os desvios padrão; as análises foram realizadas em triplicatas. Pode-se observar que Fe(II) apresentou redução de 79,6%, Ni(II) 78,8% e Cu(II) 98,6% com desvios padrão de 1,5; 2,2 e 0,8 respectivamente. Este fator evidencia a grande capacidade do bagaço de maçã em biossorver íons metálicos. Quando comparado a eficiência de remoção dos três íons metálicos, o Cu(II) apresentou maiores percentuais devido a provável dessorção dos demais. Tomando por base o objetivo inicial deste estudo, que é a remoção do contaminante metálico em águas, o bagaço de maçã obteve índices satisfatórios de remoção.

| Íon metálico  | Eficiência percentual de remoção ± desvio padrão |
|---------------|--|
| Fe(II)        | 79,6 ± 1,5                                       |
| Ni(II)        | 78,9 ± 2,2                                       |
| <b>Cu(II)</b> | <b>98,6 ± 0,8</b>                                |

Tabela 1. Eficiência percentual de remoção dos íons cobre, ferro e níquel utilizando bagaço de maçã

Veras (2022), utilizando casca de coco verde como biomassa pré tratada com solução de NaOH menciona resultados satisfatórios na adsorção de íons cobre, obtendo uma remoção de 98,51% do íon metálico metal. De Sousa et al. (2021), obteve um percentual de 93% de remoção de íons cobre utilizando folhas de Comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia seguine*) como bioadsorvente. Moreira (2010) utilizando noz peçã moída

como bioadsorvente obtendo remoção de 46,2% de níquel em solução; Santos (2011) obteve 62% na remoção de íons ferro em solução utilizando como bioadsorvente escamas da pinha de araucária. As porcentagens de cobre, níquel e ferro apresentadas neste estudo utilizando bagaço de maçã como bioadsorvente se assemelham aos valores encontrados na literatura, mostrando-se ainda mais eficaz para alguns íons metálicos.

## 4 | CONCLUSÕES

A utilização do bagaço de maçã é uma alternativa potencial aos métodos tradicionais de descontaminação, apresentando níveis de bioadsorção de 98,6% para Cu(II), 78,9% para Ni(II) e de 79,6% para Fe(II). Um único método foi eficiente para os três metais, sem a necessidade de modificações e nem mesmo de rigoroso controle de tamanho de partícula. O fruto não necessita de tratamentos químicos de ativação ou modificação, podendo assim ser facilmente aplicado na remoção de íons metálicos, contribuindo assim para o reaproveitamento e redução de perdas de recursos naturais.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. G. S. de, **Avaliação da contaminação potencial por metais em solos e sedimentos na região da Mina Morro do Ouro, Paracatu-MG**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

BARBOSA, T. H. C. **Remoção de metais pesados de efluente de galvanoplastia por meio de precipitação e membranas líquidas emulsionadas**. Monografia (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2019.

BOAS, N. V.; CASARIN, J.; CAETANO, J.; JUNIOR, G.C.A.; TARLEY, T.R.C.; DRAGUNSKI, C.D.; Bioadsorção de cobre utilizando-se o mesocarpo e o endocarpo da macadâmia natural e quimicamente tratados. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 12, p. 1359-1366, 2012.

CHAND, P.; SHIL, A.; PAKADE, B. Y.; Improved adsorption of cadmium ions from aqueous solution using chemically modified apple pomace: mechanism, kinetics, and thermodynamics. International Biodeterioration & Biodegradation, v. 90, p. 8-16, 2014.

CORRÊA, N. S. **Avaliação dos métodos de remoção de metais pesados (Pb, Cd e Ni) por bioadsorção em efluentes contaminados**. Monografia (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

COSSICH, E.S.; SILVA, E. A.; TAVARES, C.R.G; FILHO, L.C.; RAVAGNANI, T.M.K.; Biosorption of chromium (III) by biomass of seaweed Sargassum sp. in a fixed-bed column. Adsorption, v. 10, n. 2, p. 129-138, 2004.

DA SILVA, J.L.B.C.; PEQUENO, O.T.B.L.; ROCHA, L.K.S.; ARAÚJO, E.C.O.; MARCIEL, T.A.R.; BARROS, A,J,M.; Bioadsorção de metais pesados: uma revisão. Revista Saúde & Ciência Online, v. 3, n. 3, p. 137-149, 2014.

DE LIMA FILHO, O. F. **Toxicidade de micronutrientes em sorgo-sacarino: diagnose visual.** Circular Técnica, EMBRAPA, p. 1-10, 2016.

DE SOUSA, F.; DE SOUSA, J.S.; DA SILVA, A.G.; MARQUES, D.I.D.; QUIRINO, M.R.; LUCENA, G.L.; Utilização das folhas de comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia seguine*) como bioadsorvente para a remoção de íons metálicos. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, v. 5, p. 6, 2021.

DOS SANTOS, G.R.; MENEZES, J.P.; MAIA, L.C.; SANTIAGO, A. F.; SILVA, G.A.; Avaliação de metais em sedimentos de fundo de rio e uso e ocupação do solo por meio de abordagem multivariada. 30º Congresso ABES, 2019

FERTONANI, H. C. R. **Estabelecimento de um modelo de extração ácida de pectina de bagaço de maçã.** Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

FIGUEIRÊDO, S.S.M.; PINTO, L.A.; OLIVEIRA, L.S.; MENEZES, J.M.C.; FILHO, F.J.P.; Panorama das indústrias galvânicas de Juazeiro do Norte, Ceará: com ênfase nos teores de metais-traço nos efluentes e resíduos sólidos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 26, p. 1111-1121, 2021.

GROTTO, H. Z. W. Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. **Revista Brasileira de Hematologia e hemoterapia**, v. 30, n. 5, p. 390-397, 2008.

KAPPOR, A.; VIRARAGHAVAN, T. Fungal biosorption—an alternative treatment option for heavy metal bearing wastewaters: a review. **Bioresource Technology**, v. 53, n. 3, p. 195-206, 1995.

KUYUCAK, N., VOLESKY, B. Accumulation of cobalt by marine alga. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 33, p. 809-814, 1989.

LEUSCH, A.; HOLAN, Z. R.; VOLESKY, B. Biosorption of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) by chemically-reinforced biomass of marine algae. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 62, n. 3, p. 279-288, 1995.

MARTINS, C. R.; FARIAS, R. de M. Produção de Alimentos x Desperdício: Tipos, Causas e Como Reduzir Perdas na Produção Agrícola - Revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia** - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, v. 9, n. 1, p. 20-32. 2002.

MÓDENES, A.N.; ESPINOZA – QUIÑONES, F. R.; LAVARDA, F.L.; COLOMBO, A.; CORBA, C.E.; LEICHTWEIS, W.A.; MORA, N.D.; Remoção dos metais pesados Cd (II), Cu (II) e Zn (II) pelo processo de bioadsorção utilizando a macrófita *Eichhornia crassipes*. *Revista Escola de Minas*, v. 66, n. 3, p. 355-362, 2013.

MOREIRA, D. R. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PEREIRA, J. G. **Levantamento dos níveis de metais pesados em águas brasileiras: uma visão toxicológica.** Monografia (Graduação em Farmácia) - Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

PINO, G. H.; TOREM, M. L. Aspectos fundamentais da bio sorção de metais não ferrosos–estudo de caso. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 8, n. 1, p. 57-63, 2013.

REIS, J. M. dos; AGUIAR, A. B. S.; FREITAS, G.; VASSOLER, V. C.; BARROS, G. V. L.; SANTOS, G. E.; RAMIREZ, I.; RODRIGUEZ, R. P. Técnicas de remoção de metais de águas residuárias: uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e5251126100, 2022.

RIZZON, L. A.; BERNARDI, J.; MIELE, A. Características analíticas dos sucos de maçã Gala, Golden Delicious e Fuji. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 750-756, 2005.

SAG, Y.; KUTSAL, T. Copper (II) and nickel (II) adsorption by *Rhizopus arrhizus* in batch stirred reactors in series. **The Chemical Engineering Journal and the Biochemical Engineering Journal**, v. 58, n. 3, p. 265-273, 1995.

SALAVERY, I. B.; DOS SANTOS, F. A.; FRANKENBERG, C. L. C. Uso de resíduos da produção de azeite de oliva como bio sorventes de cromo hexavalente. **Revista Liberato**, v. 17, n. 27, p. 35-48, 2016.

SANTOS, F. A. dos; PIRES, M. J. R.; CANTELLI, M. Tratamento de efluente de galvanoplastia por meio da bio sorção de cromo e ferro com escamas da pinha da *Araucaria angustifolia*. **Revista Escola de Minas**, v. 64, p. 499-504, 2011.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W.B.; Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bio indicadores. *Acta Biomedica Brasiliensia*, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018.

DE SOUZA, J. I.; SCHOENLEN- CRUSIUS, I. H.; PIRES- ZOTTARELLI, C.L.A.; SCHOENLEN, N.C.; Bio sorção de cobre, manganês e cádmio por biomassas de *Saprolegnia subterranea* (Dissmann) RL Seym. e *Pythium torulosum* Coker & P. Patt.(Oomycetes). *Acta Botanica Brasilica*, v. 22, n. 1, p. 217-223, 2008.

VERAS, T. A. **Avaliação do potencial da casca do coco verde pré-tratada com NaOH na remoção de íons de cobre**. Monografia (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

VOLESKY, B. Detoxification of metal-bearing effluents: bio sorption for the next century. **Hydrometallurgy**, v. 59, n. 2-3, p. 203-216, 2001.

YAMAMURA, A. P. G. **Aplicação de nanotecnologia no meio ambiente: bio sorvente magnético na remoção de urânio**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Análise termogravimétrica (TG) 38

### B

Biocombustíveis 60, 62, 73

Biomassa 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 81, 82

Biossorção 75, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Biossorvente 75, 77, 78, 79, 80, 81, 85

### C

Catalisadores 13, 15, 18, 19, 22, 23, 36, 37, 42, 86, 89, 97

Celulignina 60, 64, 65, 72

Celulósico 61, 66, 69, 70, 71, 72, 73

Cerâmicas Porosas (CPs) 36

Cobre 38, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85

Combustíveis fósseis 14, 60, 62

Compostos de coordenação 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 46, 57

*Coronavirus Disease* 2019 7

### D

Designificação 60, 64, 65, 69, 70, 72

Desreguladores Endócrinos (DEs) 87

Difração de Raios-X (DRX) 86, 90

### E

Efeito estufa 60, 62

Efeitos ecotoxicológicos 86, 87

Ensino da Química 25

Ensino remoto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS) 75, 78

Espectroscopia e Energia Dispersiva de Raios X (EDS) 38

Estrogênio sintético 86

Etanol 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 71, 72, 73, 74

### F

Fenômenos atmosféricos 10

Ferro 17, 25, 45, 75, 76, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 85

Filme fino de CeO<sub>2</sub> (FFC) 35, 37, 40, 42

Fisissorção 13, 16, 18

Fotoluminescente 44, 47, 49, 50, 52, 55, 57, 58

## **G**

Gigoga 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 70, 72

*Google Classroom* 1, 3

*Google Forms* 1, 3

*Google Meet* 7

## **H**

Hemicelulósico 60, 61, 65, 66, 68, 70, 71, 72

Hidrólise ácida 60, 64, 65, 66, 68, 69, 70

## **L**

Luz Ultravioleta (UV) 86

## **M**

Maçã gala 75, 77

Meio ambiente 13, 14, 34, 36, 61, 62, 76, 85, 86, 87

Meteorologia 10, 11, 12

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 35, 38, 75, 77, 80

## **N**

Níquel 28, 29, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 90

## **O**

Organização Mundial da Saúde (OMS) 2, 5, 7, 9

Óxidos semicondutores 87

## **P**

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) 2, 3, 5

## **R**

Resíduos agroindustriais 75, 77

## **T**

Terras raras 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 55, 57



## W

*WhatsApp* 1, 3



# Química:

## Desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# Química:

## Desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)