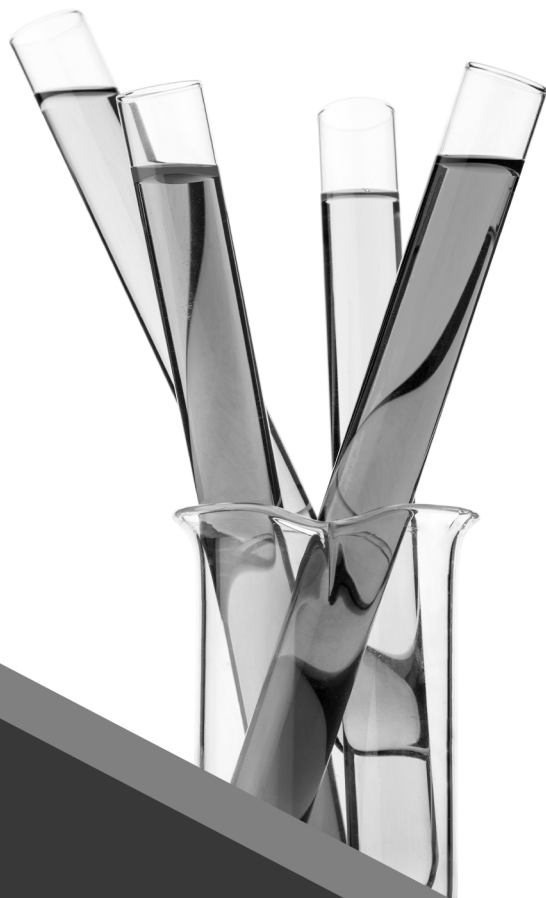




O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2020



O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749 O conhecimento científico na química 2 / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-563-1

DOI 10.22533/at.ed.631202011

1. Química. 2. Conhecimento científico. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 540

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.

APRESENTAÇÃO

O livro “O conhecimento científico na Química 2” apresenta artigos na área de ensino de química, tecnologia química, química verde, química ambiental e processos químicos.

O e-book contém 29 capítulos, que abordam temas sobre desenvolvimento e aplicação de jogos didáticos, aprendizagem significativa; análise de livros didáticos; história da química; reaproveitamento de resíduos agroindustriais; desenvolvimento de novos materiais de interesse ambiental; adsorventes sustentáveis; fotocatalise, tratamento de água e efluentes; síntese de líquidos iônicos; hidrólise enzimática e quantificação de enzimas; estudos de toxicidade; análise química de óleos essenciais; aplicação de extratos de frutos da região amazônica na atividade enzimática; desenvolvimento de eletrodo; desenvolvimento de compósitos a partir de resíduos; produção de fertilizantes de liberação controlada; tecnologias e técnicas para aplicação de plasma em química; síntese e aplicação de nanotubos de carbono.

Os objetivos principais do presente livro são apresentar aos leitores diferentes aspectos do conhecimento científico no Brasil e suas relações esta ciência. Nos tempos atuais é perceptível a importância da pesquisa acadêmica no Brasil para o desenvolvimento de novas tecnologias, fármacos e vacinas que auxiliem no combate às doenças e na qualidade de vida. Dessa forma, mais uma vez a Atena Editora reúne o conhecimento científico em forma de ebook, destacando os principais campos de atuação da química no país.

Os artigos constituintes da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de química, tecnologia química, química ambiental e ensino de química.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a obra “O conhecimento científico na Química 2”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A VIAGEM DA TEOBROMINA DO CACAU AO CHOCOLATE: UMA ABORDAGEM QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO

Jorge Hamilton Sena Dias

DOI 10.22533/at.ed.6312020111

CAPÍTULO 2..... 9

QUÍMICA AMBIENTAL, USO DE IMAGENS E DIALÓGICA DE PAULO FREIRE NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Priscila Ketlen Negreiros Sousa

Dorian Lesca de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.6312020112

CAPÍTULO 3..... 17

ANÁLISE E ESTUDO DA APLICAÇÃO DO JOGO DIDÁTICO DE QUÍMICA INTITULADO “ UNO ELEMENTAR PERIÓDICO ” PARA O ENSINO MÉDIO DO INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS PARANAÍ

Maiara dos S. Faria

Glaucio Testa

DOI 10.22533/at.ed.6312020113

CAPÍTULO 4..... 35

O CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA NO LIVRO DIDÁTICO

Olívia Maria Bastos Costa

Gislene Santos Silva

Marcelo Alves Lima Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020114

CAPÍTULO 5..... 49

A HISTÓRIA DA QUÍMICA COMO ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA PARA O APRENDIZADO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Ana Deuza da Silva Soares

Cliciane Magalhaes da Silva

Jamilla de Nazaré de Oliveira Almeida

Daniela Duarte de Sousa

Raimme Paola do Nascimento Pinto

Carlos Arthur Araújo Assunção

DOI 10.22533/at.ed.6312020115

CAPÍTULO 6..... 60

APLICAÇÃO DE JOGO DIDÁTICO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA ORGÂNICA

Herbert Gonzaga Sousa

Patrícia e Silva Alves

Aline Aparecida Carvalho França

Maciel Lima Barbosa

Gilmânia Francisca Sousa Carvalho
Renata da Silva Carneiro
Dihêgo Henrique Lima Damacena
Beneilde Cabral Moraes
Valdiléia Teixeira Uchôa
Katiane Cruz Magalhães Xavier
Rita de Cássia Pereira Santos Carvalho
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020116

CAPÍTULO 7..... 72

**O SÉCULO XX E UMA NOVA DIMENSÃO DAS ATIVIDADES CIENTÍFICAS NO BRASIL
POUCO INSERIDAS NOS CONTEXTO DIDÁTICO DOS LIVROS**

Alcione de Nazaré Dias Silva
Débora da Cruz Arruda

DOI 10.22533/at.ed.6312020117

CAPÍTULO 8..... 80

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA PARA PRODUÇÃO DE
NOVOS MATERIAIS: O CONHECIMENTO QUÍMICO À SERVIÇO DO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL, CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO**

Igor Andrade Rodrigues
Adilson de Santana Santos
Vanessa da Silva Reis
Márcio Souza Santos
Alexilda Oliveira de Souza
Marluce Oliveira da Guarda Souza

DOI 10.22533/at.ed.6312020118

CAPÍTULO 9..... 94

**ESTUDO COMPARATIVO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO E ATIVIDADE
FOTOCATALÍTICA DE α - Ag_2WO_4 PARA O CORANTE RODAMINA B**

Francisco das Chagas Marques da Silva
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.6312020119

CAPÍTULO 10..... 105

**DEGRADAÇÃO DA TETRACICLINA EM MEIO AQUOSO EMPREGANDO PROCESSOS
OXIDATIVOS AVANÇADOS E AVALIAÇÃO DO EFEITO DE INIBIÇÃO SOBRE *Escherichia
coli***

Ismael Laurindo Costa Junior
Marcia Antônia Bartolomeu Agustini
Felipe Augusto Barbieri
Letícia Maria Effting
Cesar Augusto Kappes
Kevin Augusto Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.63120201110

CAPÍTULO 11..... 126

PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE LARANJA ATIVADO COM CLORETO DE CÁLCIO E SUA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM NITRATO

Lucas Fernandes Domingues
Greice Queli Nardes Cruz
Idel Perpetua de Castro
Isadora Aparecida Archioli
Lorena Cristina Lopes

DOI 10.22533/at.ed.63120201111

CAPÍTULO 12..... 135

PREPARAÇÃO DE NOVOS LÍQUIDOS IÔNICOS ALCANOSULFONATOS DE INTERESSE AMBIENTAL

Michelle Budke Costa
Giselle Back
Melissa Budke Rodrigues
Paulo Rodrigo Stival Bittencourt
Fernando Reinoldo Scremin

DOI 10.22533/at.ed.63120201112

CAPÍTULO 13..... 146

AMIDO DE BATATA DOCE HIDROLISADO COM ENZIMAS DO MALTE DE CEVADA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Renata Nascimento Caetano
Felipe Staciaki da Luz
Adrielle Ferreira Bueno
Cinthy Beatriz Fürstenberger
Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.63120201113

CAPÍTULO 14..... 158

EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE LIPASE DE GRÃOS DE SOJA

Isabela Cristina Damasceno
Marcela Guariento Vasconcelos
Livia Piccolo Ramos Rossi

DOI 10.22533/at.ed.63120201114

CAPÍTULO 15..... 172

DETERMINAÇÃO DA CITOTOXIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Origanum vulgare*

Daiane Einhardt Blank
Gabriela Hörnke Alves
Rogério Antonio Freitag
Silvia de Oliveira Hübner
Marlete Brum Cleff

DOI 10.22533/at.ed.63120201115

CAPÍTULO 16.....	180
AVALIAÇÃO SAZONAL DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E INIBIÇÃO DE ACETILCOLINESTERASE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALOYSIA GRATISSIMA	
Adílio Macedo Santos Adonias de Oliveira Teixeira Vilisaimon da Silva de Jesus Luan Souza Santos Moacy Selis Santos Clayton Queiroz Alves Djalma Menezes de Oliveira Rosane Moura Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.63120201116	
CAPÍTULO 17.....	192
OBTENÇÃO E ANÁLISE QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES MEDICINAIS UTILIZADAS NA REGIÃO DE MARABÁ	
Aristides Anderson Pereira Reis Sebastião da Cruz Silva	
DOI 10.22533/at.ed.63120201117	
CAPÍTULO 18.....	198
INFLUÊNCIA DOS EXTRATOS BRUTOS DE AÇÁI E PITANGA SOBRE A ATIVIDADE DE GLUTATIONA S-TRANSFERASE ESPECÍFICA CEREBRAL DE RATO	
Tais da Silva Rosa Felipe Boz Santos Cristiane Martins Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.63120201118	
CAPÍTULO 19.....	203
SELETIVIDADE E SENSIBILIDADE EM ELETRODOS COMPÓSITOS MODIFICADOS USANDO POLÍMEROS COM IMPRESSÃO MOLECULAR: O CASO DO DICLOFENACO	
Priscila Cervini Abigail Vasconcelos Pereira Éder Tadeu Gomes Cavalheiro	
DOI 10.22533/at.ed.63120201119	
CAPÍTULO 20.....	216
PRODUÇÃO DE COMPÓSITO TRICOMPONENTE A PARTIR DA CASCA DE AMENDOIM E RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS	
Giovanna Coelho Bosso	
DOI 10.22533/at.ed.63120201120	
CAPÍTULO 21.....	231
CELULOSE NANOFRIBRILADA FUNCIONALIZADA COM GRUPOS DICIANOVINIL: REDUÇÃO ELETROQUÍMICA DE CO₂	
Robson Valentim Pereira Thais Eugênio Gallina Aparecido Junior de Menezes	

Kênia da Silva Freitas

DOI 10.22533/at.ed.63120201121

CAPÍTULO 22.....242

DETERMINAÇÃO BIOQUÍMICA, FÍSICO-QUÍMICA E MINERAL DE POLPA E CASCA DO FRUTO DE *Endopleura uchi*

Charline Soares dos Santos Rolim

Leonardo do Nascimento Rolim

Régis Tribuzy de Oliveira

Eyde Cristianne Saraiva-Bonato

Maria das Graças Gomes Saraiva

Roseane Pinto Martins de Oliveira

Cláudia Cândida Silva

Carlos Victor Lamarão

DOI 10.22533/at.ed.63120201122

CAPÍTULO 23.....253

DESENVOLVIMENTO DE FERTILIZANTE ALTERNATIVO CONSTITUÍDO DE MICROPARTÍCULAS POLIMÉRICAS CARREADORAS DE NPK

Júnior Olair Chagas

Gilmare Antônia da Silva

Fabiana Aparecida Lobo

DOI 10.22533/at.ed.63120201123

CAPÍTULO 24.....265

SÍNTESE DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO CONTENDO COBRE(II) COM LIGANTES DICARBOXILATOS: ESTUDO DE SUAS PROPRIEDADES VAPOCRÔMICAS

Eduardo Dias Albino

Bruno Ribeiro Santos

Alessandra Stevanato

DOI 10.22533/at.ed.63120201124

CAPÍTULO 25.....282

NÍVEIS DE COBRE EM AMOSTRAS AMBIENTAIS DA REGIÃO CACAUEIRA NO SUL DA BAHIA POR USO DA MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO DISPERSIVA

Mayara Costa dos Santos

Ívero Pita de Sá

Marina Santos de Jesus

Julia Carneiro Romero

Fábio Alan Carqueija Amorim

DOI 10.22533/at.ed.63120201125

CAPÍTULO 26.....292

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES A PARTIR DE ESCÓRIA DE ACIARIA

Josielle Vieira Fontes

Liliane Nogueira Silva

José Augusto Martins Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.63120201126

CAPÍTULO 27.....301

LINEARIZAÇÃO DA CURVA DE ESFRIAMENTO DA GLICERINA

Vinicius Canal de Carvalho

Roberto Vargas de Oliveira

Abiney Lemos Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.63120201127

CAPÍTULO 28.....306

O PLASMA E SUAS CARACTERÍSTICAS

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

DOI 10.22533/at.ed.63120201128

CAPÍTULO 29.....319

NANOTUBOS DE CARBONO – UMA VISÃO GERAL

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

DOI 10.22533/at.ed.63120201129

SOBRE A ORGANIZADORA.....333

ÍNDICE REMISSIVO.....334

DESENVOLVIMENTO DE FERTILIZANTE ALTERNATIVO CONSTITUÍDO DE MICROPARTÍCULAS POLIMÉRICAS CARREADORAS DE NPK

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 27/07/2020

Júnior Olair Chagas

<http://lattes.cnpq.br/6820007363922220>

Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ

Gilmare Antônia da Silva

<http://lattes.cnpq.br/9337191665465663>

Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG

Fabiana Aparecida Lobo

<http://lattes.cnpq.br/1558911369265865>

Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG

RESUMO: Micropartículas poliméricas são sistemas carreadores de substâncias ativas que têm a capacidade de alterar as propriedades físico-químicas dos princípios ativos a elas incorporados, levando a várias vantagens, como a minimização dos impactos ambientais gerados pelos métodos convencionais de fertilização na agricultura, dentre outras. Com isto, este trabalho teve como objetivo desenvolver e caracterizar um sistema de liberação controlada carreador dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), constituído de micropartículas poliméricas de poli(ϵ -caprolactona) (PLC) e poliglicerol (PLG), a fim de criar uma possível alternativa para o uso como fertilizante em produções agrícolas. Para isto, utilizou-se o método de emulsificação/difusão do solvente para síntese das micropartículas e

um extenso estudo de caracterização foi feito. Resultados deste processo mostraram partículas com diâmetros compreendidos entre 5 μm a 60 μm e uma eficiência de encapsulamento de 94,23% para o nitrogênio; 99,80% para o fósforo e 65,00% para o potássio. O perfil de liberação das micropartículas foi modulado com base na lei de Fick, onde constatou-se a liberação através do processo de difusão, de forma mais lenta, quando em relação a estes nutrientes em solução pura. Estas observações fornecem evidências da capacidade das micropartículas sintetizadas em propiciar a liberação contínua e prolongada de NPK para o processo de fertilização de plantas. Além disso, este trabalho propõem uma alternativa de aplicação de um sub-produto (poliglicerol), que é obtido através do glicerol, onde este último é gerado abundantemente na produção de biodiesel e muitas vezes sem fontes de utilização frente ao montante gerado. Por fim, este trabalho tem alto destaque ambiental, tanto pela proposta de utilização do glicerol quanto pelo desenvolvimento de um novo fertilizante eficiente e menos poluente.

PALAVRAS-CHAVE: Micropartículas poliméricas, Sistemas de liberação controlada, Fertilizantes, Poliglicerol.

DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE FERTILIZER CONTAINING POLYMERIC MICROPARTICLES CARRYING NPK

ABSTRACT: Polymeric microparticles are carrier systems of active substances that have the ability to alter the physicochemical properties of the active ingredients incorporated in them, leading to some advantages, in addition to providing the

minimization of environmental impacts generated by conventional fertilization methods. With this, this study aimed to develop and characterize a controlled carriers release of nitrogen nutrients systems, phosphorus and potassium (NPK), using polymeric microparticles of poly (ϵ -caprolactone) (PLC) and polyglycerol (PLG) in order to create a possible alternative to the use of fertilizers in agricultural production. For these purposes, use the solvent diffusion/dissolution method for microparticles and an extensive characterization study was done. Thus, the characterization results showed particles with diameters between 5 to 60 μm and a encapsulation efficiency 94.23% for nitrogen; 99.80% for phosphorus and to 65.00% potassium. The release profile of the microparticles was modulated based on Fick's law where they are released by a diffusion process, and showed an expected behavior, ie slower and significant in relation to these nutrients in pure solution. These observations provide evidence of the capacity of concrete synthesized on microparticles provide continuous and sustained release of NPK process for fertilizing plants. Furthermore, this paper proposes an alternative application of a sub-product (polyglycerol), which was obtained through glycerol, where the latter is generated abundantly in the production of biodiesel and often without sources of use compared to the amount generated. Finally, this work has high environmental prominence, both for the proposal of using glycerol and for the development of a new efficient and less polluting fertilizer.

KEYWORDS: Polymeric microparticles, Controlled release systems, Fertilizers, Polyglycerol.

1 | INTRODUÇÃO

Fertilizantes ou adubos são compostos químicos inorgânicos ou orgânicos produzidos com a finalidade de restituir no solo, algum dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (BRASIL, 2014). São aplicados na agricultura para aumentar rendimento de certa safra, o que contribui para a grande utilização dessas substâncias no setor agrário. No comércio mundial, existe uma extensa variedade de fertilizantes com propriedades distintas, e aqueles que possuem em sua formulação nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) ganham destaque (CARSON & OZORES-HAMPTON, 2013).

Os elementos NPK são essenciais para as plantas e participam de reações químicas indispensáveis no desenvolvimento proteico, na formação das estruturas celulares, na conversão de energia solar em energia química para o processo de fotossíntese, na manutenção dos níveis hídricos das plantas, dentre outros (CARSON & OZORES-HAMPTON, 2013).

No entanto, os fertilizantes tradicionais quando não aplicados de forma correta, ou usados em altas quantidades, podem ocasionar desequilíbrios no ecossistema e aumento do número das fontes de toxicidade aguda e carcinogênicas para os seres humanos (AZEEM, 2014). Desta forma, o uso adequado dos fertilizantes pode contribuir para a sustentabilidade econômica, ambiental e social do setor agrário.

Nos últimos anos, a tecnologia de liberação controlada/modificada emergiu como uma importante alternativa que propõe resolver problemas que acompanham o uso de algumas substâncias ativas de interesse como anestésicos, antibióticos, herbicidas, pesticidas, dentre outras (GRILLO, 2014; CHAGAS, 2020).

O termo sistema de liberação controlada microestruturado é utilizado para sistemas que apresentam partículas de tamanho entre $1\ \mu\text{m}$ a $1000\ \mu\text{m}$ e que possuem a capacidade de liberar de forma contínua e prolongada uma determinada substância ativa. E, devido a essa propriedade, estes sistemas apresentam algumas vantagens, as quais se destacam: a capacidade de reduzir a quantidade de substância química necessária na produção; diminuição do risco de contaminação; redução na quantidade de energia gasta, uma vez que se diminui o número de aplicações necessárias e; a principal função, a concentração da substância de interesse mantém-se elevada por um determinado período de tempo maior que os sistemas convencionais de aplicação (DE MELO, 2010; CHAGAS, 2020).

Vários são os materiais utilizados para a síntese das partículas destes sistemas. Os polímeros biodegradáveis são os mais usados para o preparo dos sistemas de liberação controlada (AZEEM, 2014). A poli(ϵ -caprolactona) (PLC) é um polímero biodegradável, insolúvel em água, possui degradação lenta em meio aquoso e sem danos ambientais (SCHAFFAZICK, 2003). O poliglicerol (PLG), polímero biodegradável, é obtido a partir da polimerização da glicerina (MEMARIZADEH, 2014), que é gerada abundantemente durante a produção do biodiesel. Por esta razão, o desenvolvimento de processos que promovam um manejo dessa glicerina residual é de extremo interesse ambiental.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi o desenvolvimento e caracterização de micropartículas poliméricas como sistemas carreadores de NPK, a fim de criar uma possível alternativa de fertilizantes em produções agrícolas. Faz parte também da proposta a adoção de novas formulações ambientalmente favoráveis para o agronegócio, por meio do manejo adequado de um resíduo industrial, como já citado, ainda sem aplicações importantes em processos industriais.

2 | METODOLOGIA

2.1 Preparo das micropartículas poliméricas

O preparo das micropartículas poliméricas foi realizado segundo o método de emulsificação/difusão do solvente que consiste no preparo de duas fases distintas (CHAGAS, 2020). Para este processo, inicialmente, preparou-se uma solução aquosa de álcool polivinílico (PVA) a 0,9% m/v, chamada de solução externa. Alíquotas de soluções estoque dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio a $100\ \text{mg L}^{-1}$ cada foram adicionadas a 100 mL de solução de PVA. Para o preparo da solução interna (solução orgânica) foram pesados 100 mg de PLC e 825 mg de PLG que foram solubilizados, sob agitação mecânica, com velocidade entre 5 e 6 rpm e à temperatura média de $70\ ^\circ\text{C}$, em uma mistura de água e clorofórmio na proporção 1:3. Em seguida, essa solução homogênea foi adicionada à solução de PVA, onde foi mantida sob agitação com velocidade entre 5 e 6 rpm e à temperatura de $70\ ^\circ\text{C}$ por 4 h. A emulsão resultante foi mantida em capela por 24 h para a evaporação do solvente orgânico. No fim deste processo, completou-se o volume para 200

mL com água deionizada. Metade deste volume foi filtrado e o material retido foi seco em dessecador e analisado por microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia no infravermelho e análise termogravimétrica (TGA). A outra metade foi usada posteriormente para a quantificação dos nutrientes associados às micropartículas.

2.2 Análise da morfologia e caracterização das micropartículas

As micropartículas que ficaram retidas no papel de filtro como descrito no item “2.1. Preparo das micropartículas poliméricas” foram armazenadas e mantidas em dessecador. Após a secagem completa, 10 mg deste material foram colocados sob uma fita de carbono. As amostras foram levadas a um metalizador para a deposição de ouro (100 nm a 200 nm) sob vácuo. Em seguida, a análise da morfologia das amostras por meio das partículas metalizadas foi feita utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV) Jeol 1.200. As distribuições de tamanho foram medidas e expressas como média de três determinações.

As análises de infravermelho foram realizadas com a finalidade de caracterizar as micropartículas carreadoras de NPK desenvolvidas neste trabalho. Armazenou-se os polímeros PVA e PLC, as micropartículas controle (partículas sintetizadas sem a associação de NPK) e as micropartículas carreadoras de NPK em estufa por 15 min a 85 °C. Posteriormente, perto de 2,0 mg de cada polímero e micropartículas foram macerados, separadamente, com o auxílio de um gral e pistilo de quartzo. Em seguida, estas massas foram colocadas em prensa a 8 ton. Por fim, foi feita a análise por espectroscopia no infravermelho na faixa de varredura de 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} , com 32 varreduras por amostra.

As análises por TGA permitiram avaliar os perfis de liberação de água usando-se uma taxa de aquecimento de 20 °C/min em atmosfera de ar sintético com fluxo de 100 mL/min para a PLC e PVA; para o PLG e micropartículas utilizou-se nitrogênio com fluxo de 100 mL/min. Massas de aproximadamente 10 mg foram uniformemente distribuídas em cadinhos de alumina para garantir uma camada homogênea e fina e foram submetidas às respectivas programações controladas de temperatura de 0 °C a 600 °C.

2.3 Metodologias analíticas para a quantificação de NPK associado e liberado das micropartículas poliméricas

Para a quantificação dos nutrientes essenciais às plantas estudados neste trabalho, NPK, foram utilizados métodos específicos e já bem descritos na literatura para cada elemento químico, como descrito por Chagas, et al, 2020. O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl; o fósforo por espectroscopia UV-Vis e para o potássio a espectroscopia de absorção atômica por chama foi utilizada (CHAGAS, 2020). Assim, a percentagem de NPK associada às micropartículas (%EE) foi determinada da seguinte forma: amostras de 100 mL de suspensão de micropartículas contendo NPK foram filtradas em papel de filtro quantitativo faixa azul – filtração lenta (Marca 3552, Nalgon). Em seguida, a %EE foi determinada pela diferença entre a quantificação da concentração dos nutrientes no filtrado

e a concentração total (100%) dos mesmos, presentes na suspensão de micropartículas (Equação 1).

$$EE (\%) = \frac{(X_o - X_f)}{X_o} \times 100\% \quad (\text{Equação 1})$$

em que X_o é a concentração de nutriente quantificado na solução de micropartículas e X_f é a concentração de nutriente quantificado na solução filtrada de micropartículas.

2.4 Medidas de estabilidade química

A fim de verificar a estabilidade química das micropartículas aqui propostas, foram avaliados os valores de pH das suspensões micropartículas poliméricas contendo NPK em função do tempo, uma vez que a alteração deste parâmetro neste meio pode indicar degradação das partículas. As medidas dos valores de pH das suspensões de micropartículas foram realizadas durante um período de 90 dias, utilizando-se um potenciômetro pHmetro Thermo Scientific Orion Star A221. Foi realizada também a medida do tamanho e da %EE no mesmo período de tempo para avaliar a degradação das micropartículas.

2.5 Ensaio de liberação in vitro do NPK

A análise dos perfis de liberação do NPK livre e associado às micropartículas foi realizada nas condições Sink, usando o método modificado por Ramos Campos et al., 2015. Os ensaios foram realizados em sistemas de tubos, onde as formulações de micropartículas foram colocadas em contato com água deionizada, a fim de liberar os nutrientes a partir das estruturas sintetizadas. Foram preparados 400 mL de suspensão de micropartículas, onde distribuiu-se 10 mL desta mistura em tubos Falcon que foram fechados e agitados em agitador Orbit 1900 Heavy Duty Shaker a 150 rpm à temperatura ambiente. Utilizou-se os níveis de tempo 0 min, 10 min, 15 min, 30 min, 60 min, 120 min, 240 min, 480 min, 960 min e 1440 min. No decorrer de cada período três tubos de ensaio foram removidos do agitador e centrifugados a fim de sedimentar as micropartículas. O sobrenadante foi filtrado através de papel de filtro quantitativo e, após, quantificado de acordo com o item “2.3. Metodologias analíticas para a quantificação de NPK associado e liberado das micropartículas poliméricas”. Assim, as concentrações dos nutrientes obtidas pela liberação das partículas com o decorrer do tempo foram convertidas em porcentagem de nutriente liberado em relação a concentração de nutriente presente nas micropartículas. Utilizou-se de padrão uma solução de nutrientes livres em solução e sem micropartículas.

2.6 Modelagem matemática

Para a análise do comportamento de liberação do NPK a partir das micropartículas poliméricas foram utilizados os modelos teóricos de Ordem Zero, Primeira Ordem, Higuchi e de Korsmeyer-Peppas descritos na literatura para liberação de fármacos de sistemas poliméricos (CHAGAS, 2020).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Preparo, caracterização e estabilidade das micropartículas poliméricas

A análise morfológica das partículas por MEV demonstrou que as condições adotadas por este trabalho levaram a formação de micropartículas esféricas e pouco rugosas, com diâmetros entre $5\ \mu\text{m}$ a $60\ \mu\text{m}$, conforme ilustra a Figura 1, o que as classifica como microesferas, uma vez que não se teve a presença de óleo na fase orgânica para a sua formação (SOUTO, 2012; CHAGAS, 2020).

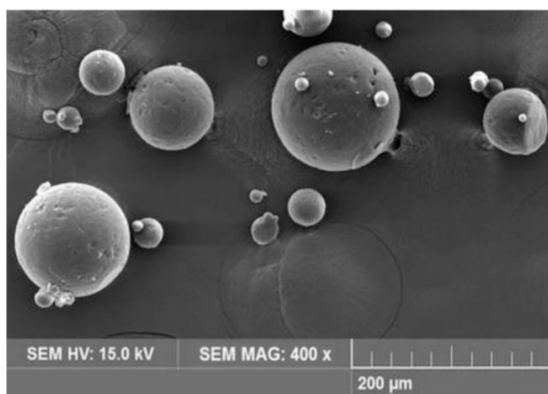


Figura 1 - Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) para micropartículas de poli(ϵ -caprolactona) e poliglicerol carreadoras dos nutrientes NPK (CHAGAS, 2020).

A condição de síntese do sistema aqui proposto proporcionou uma taxa de encapsulação de 94,23% de nitrogênio; 99,80% de fósforo e 65,00% de potássio. Esta condição foi otimizada utilizando-se planejamentos experimentais multivariados. Os valores da %EE mostraram-se satisfatórios e encontram-se nas médias mostradas na literatura para outros princípios ativos (CHAGAS, 2020).

A análise por espectroscopia no infravermelho fornece importantes informações estruturais, como por exemplo, a composição química e as estruturas configuracional e conformacional. A Figura 2 apresenta o espectro de infravermelho para o PLG, PVA, PLC e para as micropartículas deste trabalho. O espectro do PLC mostrou as principais bandas e picos de absorção: $1150\ \text{cm}^{-1}$ a $1200\ \text{cm}^{-1}$, vibração simétrica O-C-O; $1240\ \text{cm}^{-1}$, vibração assimétrica C-O-C e $1700\ \text{cm}^{-1}$ a $1760\ \text{cm}^{-1}$, vibração da carbonila. O PVA apresentou bandas em torno de: $3440\ \text{cm}^{-1}$, referente ao estiramento do grupo OH; em $2900\ \text{cm}^{-1}$, referente à vibração assimétrica do grupo OH; em $1375\ \text{cm}^{-1}$, referente ao acoplamento entre os grupos OH e em $1420\ \text{cm}^{-1}$ correspondente à vibração do CH. O poliglicerol apresentou absorções características dos grupos do glicerol, bandas de estiramento OH

(em torno de 3386 cm^{-1}), de ligação C-O de álcool secundário simétrico (em torno de 1215 cm^{-1}) e de ligação C-O de álcool primário (em torno de 1045 cm^{-1}).

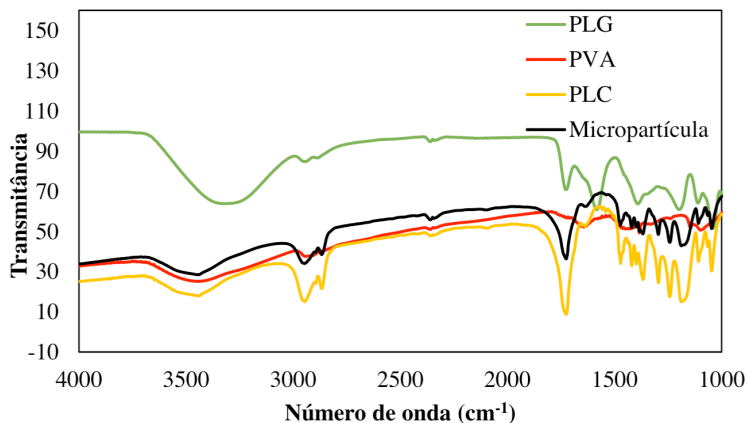


Figura 2 – Espectros de infravermelho de poli(ϵ -caprolactona) (PLC), poliglicerol (PLG), álcool polivinílico (PVA), e micropartículas de poliméricas carreadoras de NPK.

As micropartículas desenvolvidas neste trabalho apresentaram as bandas características do PLC (Figura 2), portanto, não houve interação química entre os polímeros utilizados e o poliglicerol, ou seja, as micropartículas carreadoras de NPK são constituídas apenas de PLC. No entanto, o poliglicerol possui grande importância na síntese proposta. Tal fato se dá pela relevância deste polímero no impedimento da difusão dos nutrientes NPK para a fase aquosa (álcool polivinílico - PVA) durante o procedimento de síntese e, assim, aumentando significativamente a %EE. O PLG possui características similares às da quitosana e, por esse motivo, pode ter revestido as micropartículas aqui desenvolvidas por meio das interações de hidrogênio das cadeias poliméricas, conforme descrito na literatura (GRILLO, 2014). Outra possível explicação é que o PLG pode ter funcionado como um tensoativo na fase interna, onde este preveniu a coalescência das gotículas poliméricas, melhorando o processo de síntese (SOUTO, 2012).

A Figura 3 apresenta as curvas obtidas por análise termogravimétrica para a PLC, PLG, PVA e as micropartículas sintetizadas neste trabalho.

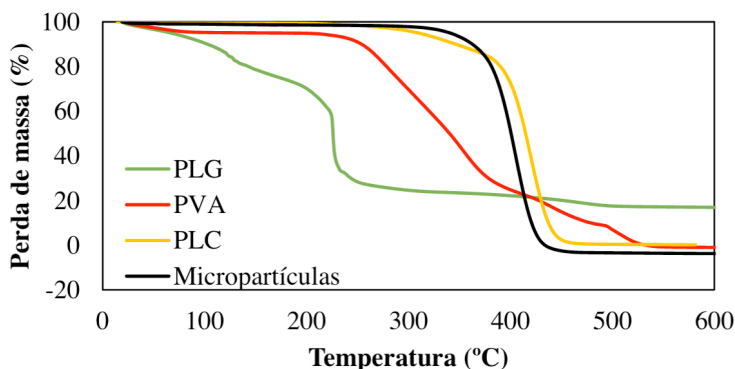


Figura 3 – Gráfico de análise termogravimétrica das massas poliméricas de poli(ϵ -caprolactona) (PLC), poliglicerol (PLG), álcool polivinílico (PVA), e micropartículas poliméricas carreadoras de NPK.

Pela Figura 2 observa-se perdas de massa inicial contínuas ($< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) de 0,28% para a PLC; 9,91% para o PLG; 4,78% para o PVA e 0,92% para as micropartículas poliméricas, que podem ser atribuídas à saída de água adsorvida (perda de umidade). O principal evento térmico, com taxa máxima de perda de massa próximo a $220\text{ }^{\circ}\text{C}$, pode ser atribuído ao processo de decomposição do PLG. Percebe-se também que até a temperatura de $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ praticamente 80% da massa total da amostra de PLG já foi consumida. Nota-se para a PLC (Figura 3) um processo de perda de massa com taxa máxima observada por volta de $405\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o início da degradação em aproximadamente $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta perda é referente à degradação total da PLC, visto que a quantidade analisada foi em sua totalidade consumida. A curva termogravimétrica das micropartículas carreadoras de NPK mostrou um perfil de liberação de massa semelhante ao obtido para a PLC (Figura 3). Dessa forma, verificou-se que as micropartículas carreadoras aqui propostas possuem comportamento térmico similar à PLC e são constituídas apenas deste, confirmando o que foi observado nos espectros de infravermelho (Figura 2).

A fim de avaliar a estabilidade química das micropartículas poliméricas em função do tempo, o valor de pH da suspensão foi monitorado. Esta análise é importante para averiguar a estabilidade química deste polímero no decorrer de um período, pois a alteração do pH pode indicar sua degradação na solução (GRILLO, 2014; CHAGAS, 2020). O valor de pH inicial da formulação de micropartículas contendo NPK foi 2,18. Não se observou alteração deste parâmetro no decorrer de 60 dias, onde o pH se manteve na faixa de 2,20 a 2,50. Com isto, observou-se que as partículas desenvolvidas neste estudo possuem boa estabilidade química em relação ao pH.

A morfologia no decorrer de 60 dias e a taxa de encapsulação dos nutrientes nas micropartículas foram também avaliadas. O valor do tamanho médio inicial das micropartículas contendo NPK foi de $8,00\text{ }\mu\text{m} \pm 0,15\text{ }\mu\text{m}$. Já as %EE iniciais foram: 96,27%

$\pm 0,40\%$ para o N; $96,58\% \pm 0,50\%$ para o P e $59,62\% \pm 0,53\%$ para o K. No decorrer dos 60 dias, pôde-se observar que tanto o tamanho das micropartículas quanto a %EE para os três nutrientes tiveram uma diminuição, que pode ser considerada desprezível, sendo explicado pela liberação lenta dos nutrientes para a suspensão das micropartículas.

3.2 Liberação in vitro

A partir dos ensaios de liberação in vitro foi possível observar o resultado da associação de NPK com as micropartículas poliméricas no perfil de liberação destes nutrientes. Neste tipo de ensaio, os nutrientes foram colocados em contato direto com água deionizada (controle); o mesmo foi feito com as micropartículas carreadoras e, desta forma, foi possível observar o efeito da associação na velocidade de liberação dos nutrientes. A Figura 3 apresenta os perfis de liberação para o NPK livre e associado às micropartículas em função do tempo.

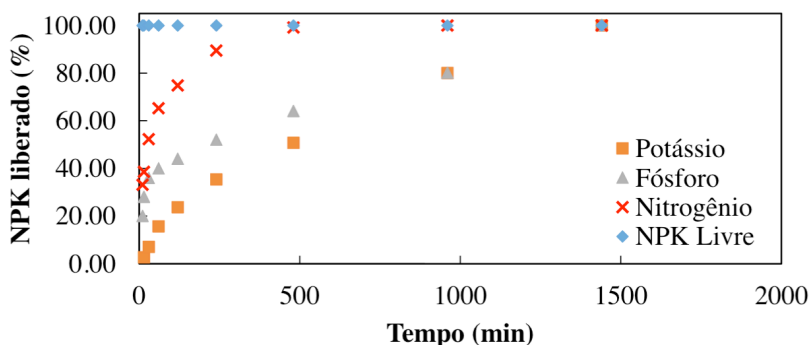


Figura 4 – Liberação cumulativa de NPK (%) livre e em suspensão de micropartículas poliméricas.

Pela análise dos perfis de liberação da Figura 4 observa-se que no decorrer do tempo entre 0 min e 800 min, aproximadamente, o fósforo e o potássio apresentaram lenta e contínua liberação em relação às soluções livres destes nutrientes. Para o nitrogênio observou-se que o tempo de liberação foi inferior, onde em aproximadamente 500 min obteve-se o seu máximo. Sendo assim, a associação de NPK com micropartículas modifica o perfil de liberação destes nutrientes quando comparados aos nutrientes livres. O comportamento de liberação do N pode ser explicado pela natureza química do nitrogênio e sua facilidade de interação com compostos orgânicos, polímeros biodegradáveis desse trabalho, que podem ter influenciado diretamente na sua liberação (CHAGAS, 2020).

3.3 Modelo matemático para a avaliação do mecanismo de liberação de NPK a partir das partículas poliméricas

Após a análise dos perfis de liberação (Figura 4) foram aplicados quatro modelos matemáticos descritos na literatura, Cinética de Ordem Zero, Cinética de Ordem Um, Higuchi, Korsmeyer-Peppas, a fim de obter informações sobre os possíveis mecanismos de liberação de N, P e K das microesferas poliméricas. Com isto, a Tabela 1 apresenta os parâmetros encontrados para os modelos matemáticos empregados.

Modelo matemático	k_N	r_N	k_P	r_P	k_K	r_K
Ordem Zero	0,0395 min ⁻¹	0,5649	0,0490 min ⁻¹	0,9282	0,0661 min ⁻¹	0,9602
Primeira Ordem	1,0007 min ⁻¹	0,4775	1,0009 min ⁻¹	0,7612	1,0018 min ⁻¹	0,6422
Higuchi	1,8682 min ⁻²	0,7711	0,2776 min ⁻²	0,9808	2,8195 min ⁻²	0,9983
Korsmeyer-Peppas	1,2534 min ⁻¹	0,9201	1,3199 min ⁻¹	0,9673	2,0846 min ⁻¹	0,9660

Tabela 1 – Valores dos parâmetros obtidos dos modelos matemáticos empregados às curvas de liberação de N, P e K associados a micropartículas poliméricas. k = constante de liberação, r = coeficiente de correlação.

A investigação dos perfis de liberação por meio de modelos matemáticos a partir das micropartículas fornece informações importantes sobre os mecanismos envolvidos na liberação de princípios ativos de sistemas estruturados (CAMPOS, 2015). Estes incluem desorção da superfície, difusão através dos poros da matriz ou parede polimérica, desintegração e erosão (DE MELO, 2010; COSTA, 2002). Observando a Tabela 1, o modelo que melhor se ajustou (maior valor do coeficiente de correlação) ao perfil de liberação de N das partículas foi o modelo de Korsmeyer-Peppas e para o P e K foi o modelo de Higuchi.

Para o N, a inclinação n (coeficiente linear, b) obtida pelo modelo Korsmeyer-Peppas foi determinada pelo gráfico do logaritmo natural da taxa de liberação em função do logaritmo natural do tempo. Neste contexto, a análise dos dados mostra que o valor do expoente de liberação, $n = 0,49$, indica que o nitrogênio é liberado através de difusão, baseado na lei de Fick (DE MELO, 2010).

Os resultados indicam que os nutrientes são liberados por difusão baseada na lei de Fick. Este é um processo pelo qual o princípio ativo é transportado de um local para outro, situado no interior do próprio sistema, e resulta de movimentos moleculares aleatórios, que ocorrem em pequenas distâncias. Assim, propõem-se que a liberação de N, P e K das partículas poliméricas ocorrem da seguinte forma: a água difunde-se para a matriz polimérica das partículas, os nutrientes se dissolvem e são finalmente difundidos para fora do polímero (SOUZA, 2007).

4 | CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível obter micropartículas poliméricas poliméricas carregadoras de NPK que podem funcionar como uma possível alternativa aos processos convencionais de fertilização para plantas e assim minimizar a problemática ambiental que estes métodos geram. Ainda, destaca-se que este trabalho conseguiu obter boas taxas de associação de princípios ativos a partículas. Além disso, foi possível obter micropartículas poliméricas contendo NPK que apresentam estabilidade química (baixa variação de pH) e baixa variação de tamanho durante um período de 90 dias. A análise do perfil de liberação indicou modificação no perfil de liberação, no qual o modelo de Higuchi foi o que possivelmente explica como os nutrientes P e K, e o N pelo de Korsmeyer-Peppas, são liberados das micropartículas poliméricas. Por esses modelos a saída ocorre por difusão, segundo a lei de Fick. Este estudo fornece subsídios para avaliações in vivo quanto ao uso da nova formulação de NPK em micropartículas e, especialmente, também indica perspectivas de possíveis estudos envolvendo a administração desta formulação no solo. Além disso, demonstra uma nova utilização da glicerina residual (na forma de poliglicerol), intensamente produzida nacionalmente na produção de biodiesel.

REFERÊNCIAS

AZEEM, B.; et al. **Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer.** Journal of Controlled Release, v. 181, p. 11-21, 2014.

BRASIL, Decreto Federal nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004. Retificação em 2014. **Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências.** 2004, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Rio de Janeiro. p. 35.

CAMPOS, E. V. R.; et al. **Polymeric and Solid Lipid Nanoparticles for Sustained Release of Carbendazim and Tebuconazole in Agricultural Applications.** Scientific Reports, p. 1-14, v. 5, 2015.

CARSON, L. C.; OZORES-HAMPTON, M. **Factors Affecting Nutrient Availability, Placement, Rate, and Application Timing of Controlled-release Fertilizers for Florida Vegetable Production Using Seepage Irrigation.** Horttechnology, v. 23, n. 5, p. 553-562, 2013.

CHAGAS, J. O., et al., **Polymeric microparticles for modified release of NPK in agricultural applications,** Arabian Journal of Chemistry, v. 13, n. 1, p. 2084-2095, 2020.

COSTA, P. J. C. **In vitro evaluation of the lyoequivalence of pharmaceutical formulations.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 38, n. 2, p. 141-153, 2002.

DE MELO, N. F. S.; et al. **Development and characterization of poli (l-lactide) nanocapsules containing benzocaine.** Química Nova, v. 33, n. 1, p. 65-69, 2010.

GRILLO, R.; et al. **Chitosan/tripolyphosphate nanoparticles loaded with paraquat herbicide: An environmentally safer alternative for weed control.** Journal of Hazardous Materials, v. 278, p. 163-171, 2014.

MEMARIZADEH, N. et al. **Preparation, characterization and efficiency of nanoencapsulated imidacloprid under laboratory conditions**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 107, p. 77-83, 2014.

SCHAFFAZICK, S. R.; et al. **Physicochemical characterization and stability of the polymeric nanoparticle systems for drug administration**. *Química Nova*, v. 26, n. 5, p. 726-737, 2003.

SOUTO, E. B.; SEVERINO, P.; SANTANA, M. H. A. **Preparação de nanopartículas poliméricas a partir de polímeros pré-formados: parte II**. *Polímeros*, v. 22, n. 1, p. 101-106, 2012.

SOUZA, J.; FREITAS, Z. M. F.; STORPIRTIS, S. **Modelos in vitro para determinação da absorção de fármacos e previsão da relação dissolução/absorção**. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 43, n. 4, p. 515-527, 2007.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acetilcolinesterase 180, 181, 182, 184, 190

Adsorção 80, 82, 83, 84, 86, 87, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 128, 206, 238, 286

Alcanosulfonatos 135

Aloysia gratissima 180, 181, 182, 184, 185, 189, 190, 191

Alpinia 192, 193, 194, 195

Amilase 146, 148, 152, 157

Aniba canelilla 192, 193, 194, 196, 197

Aprendizagem Contextualizada 1

Aprendizagem Significativa 3, 6, 7, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 48

C

Carvão Ativado 83, 86, 126, 128, 129, 132, 133, 134

Casca de Laranja 126, 129, 134

Compósito Tricomponente 216, 218, 220, 227

D

Degradação 80, 84, 94, 95, 100, 101, 105, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 152, 167, 235, 255, 257, 260, 306, 307, 308, 309, 311, 312, 315, 324, 325, 327, 329

Determinação Bioquímica 242

E

Eletrodos Compósitos 203, 204, 205, 209, 210

Endopleura uchi 242, 243, 244, 249, 250, 251, 252

Ensino de Química 1, 4, 6, 7, 33, 42, 47, 49, 51, 55, 56, 59, 62, 69, 70

Escória de Aciaria 292, 293, 294, 296, 297, 299

Extração 136, 148, 158, 160, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 174, 175, 180, 182, 184, 185, 193, 194, 206, 207, 208, 209, 214, 232, 282, 287, 290

Extrato de Açai 198

Extrato de Pitanga 198

F

Fármacos Residuais 105, 106

Fermentação Alcoólica 146, 148, 149, 150, 152, 156, 157

Ferramenta de Ensino 17, 18, 21, 32

Fertilizantes 253, 254, 255, 263, 290, 291

Fotocatálise 80, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 120

G

Glutathione S-Transferase 198

H

Hidrólise Enzimática 146, 147, 148, 152, 156, 157

Hidróxidos Duplos Lamelares 292, 293, 294, 299, 300

J

Jogo Didático 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 28, 29, 32, 60, 61, 63, 64, 68, 69, 70, 71

L

Ligação Química 26, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Lipase 158, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 170, 171

Líquidos Iônicos 135, 136, 137, 144, 145

Livro Didático 6, 8, 35, 36, 38, 42, 43, 45, 46, 48, 54, 58, 77, 78

M

Microextração Líquido-Líquido Dispersiva 282, 286, 287

Micropoluentes 106, 108, 113

Modelagem Matemática 257, 301, 302

N

Nanofibrilas de Celulose 231

Nanotubos de Carbono 204, 319, 320, 323, 327, 329

Níveis de Cobre 282

O

Óleo Essencial 134, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 188, 189, 190, 192, 193

P

Plasma 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 322, 324, 325, 327, 328, 329, 330, 331

Polímeros com Impressão Molecular 203, 207

Q

Química Ambiental 9, 10, 16

Química do Chocolate 1, 5, 6

Química do Plasma 306, 313

R

Redução Eletroquímica de CO₂ 231, 233

Resíduos da Agroindústria 80, 83

Rodamina B 94, 100

S

Sensores Vapocrômicos 265





Sistema de Liberação Controlada 253, 255

Sustentabilidade 82, 169, 216, 220, 231, 254

T





Teobromina 1, 2, 3, 4, 5, 6

Tratamento de Água 126, 128, 129, 133, 134, 315

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

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2


Ano 2020

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

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2