

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa
teórica e prática 2

Atena
Editora
Ano 2022

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa
teórica e prática 2

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

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-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

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

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

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

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

Profª Drª 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



Ensino de química: aprendizagem significativa teórica e prática 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 Ensino de química: aprendizagem significativa teórica e prática 2 / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0745-4
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.454220411>

1. Química - Estudo e ensino. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



APRESENTAÇÃO

Sejam bem-vindos a obra *Ensino de Química aprendizagem significativa teórica e prática 2*. Como o título sugere, essa é a continuação da série a qual começou a ser publicada em 2022 e esperamos que outros volumes sejam lançados nos próximos meses. Esse e-book foi pensado como alternativa para divulgar trabalhos acadêmicos sobre ensino de química com uma abordagem teórica e prática. No período 2020-2022 ocorreram muitos avanços no que diz respeito ao ensino de química durante a pandemia de Covid-19. E, apesar das perdas sociais, econômicas e na qualidade do ensino e da aprendizagem, esses avanços contribuíram para a necessidade de desenvolver e aprimorar metodologias mais eficientes para ensinar e aprender. A presente obra traz 7 capítulos que abordam temáticas como meio ambiente, tecnologia, as relações entre a química e aspectos étnico-raciais e armazenamento de produtos químicos. Convidamos todos a apreciar, consultar e divulgar a presente obra. Boa leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

O ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: POR QUE EM MAIS DE 30 ANOS AINDA ENFRENTAMOS OS MESMOS PROBLEMAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL?

Claudio Emidio-Silva

Layane Evellin Pinto Lima

Adriele Barbosa Miranda


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204111>

CAPÍTULO 2..... 9

A IMPORTÂNCIA DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO NA CARACTERIZAÇÃO DO ENCAPSULAMENTO DE ÓLEOS ESSENCIAIS: UMA BREVE REVISÃO

Maria de Lourdes Ferreira Meneses dos Santos

Gilmar Ferreira Dias


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204112>

CAPÍTULO 3..... 20

UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES INTERATIVAS PHET NO ENSINO DE QUÍMICA EM NÍVEL SUPERIOR

Karina Akie Onoue Amaral

Mírian da Silva Costa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204113>

CAPÍTULO 4..... 32

IGI OPÈ – A QUÍMICA ADVINDA DA ÁFRICA: O ENSINO DA ETNOQUÍMICA PARA A DESCONSTRUÇÃO DO RACISMO EPISTÊMICO


Jakelini de Jesus Marques

Jorge Henrique Vieira Lemes

Gabriel Fernando Fuzzo

Nilva Fernanda dos Santos Magalhães

Maria Fernanda do Carmo Gurgel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204114>

CAPÍTULO 5..... 42

QUALIDADE DA ÁGUA E QUALIDADE DE VIDA: O ESTUDO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS EM ITURAMA-MG COMO CAMINHO PARA O EMPODERAMENTO DA COMUNIDADE

James Rogado

Igor Rodrigues Lapa



Guilherme Henrique Silva Oliveira

Yasmin Sthefane Marques

Yuri Falcão Callegaris

Asprílio José da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204115>

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 6 | 54 |
| ALMACENAMIENTO DE SUBSTANCIAS QUÍMICAS POR INCOMPATIBILIDADES, CON INFORMACIÓN DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS Y DEL SISTEMA GLOBAL ARMONIZADO | |
| Mirna Rosa Estrada Yáñez | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204116 | |
| CAPÍTULO 7 | 60 |
| DISEÑO DE UNA FUENTE PULSADA ELEVADORA DE VOLTAJE, APLICADA AL TRATAMIENTO DE POLÍMEROS EMPLEADOS EN LA REMOCIÓN DE COLORANTES EN SOLUCIONES ACUOSAS | |
| Balderas Gutiérrez Juan Nabor | |
| Ibañez Olvera Mario | |
| Jaramillo Sierra Bethsabet | |
| Villanueva Castañeda Miguel | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204117 | |
| SOBRE A ORGANIZADORA | 70 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 71 |

CAPÍTULO 1

O ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: POR QUE EM MAIS DE 30 ANOS AINDA ENFRENTAMOS OS MESMOS PROBLEMAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL?

Data de aceite: 01/11/2022

Claudio Emidio-Silva

Unifesspa

Layane Evellin Pinto Lima

Unifesspa

Adriele Barbosa Miranda

Unifesspa

RESUMO: O ensino-aprendizagem de química tem se constituído em um grande desafio na atualidade. Mas, através de leitura de referências bibliográficas e acompanhamento nas escolas foi constatado que essas dificuldades que sempre existiram, ainda persistem. Através de uma abordagem da pesquisa qualitativa procurou-se desvendar como o ensino aprendizagem era a mais de trinta anos atrás, quais os problemas enfrentados na atualidade na região do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental e como esses problemas podem ser superados. Conclui-se que os problemas com relação ao ensino-aprendizagem de química, apesar de atravessar do século XX para o século XXI, podem ser superados pela Alfabetização Científica, pela Aprendizagem Significativa e pelo Professor Reflexivo.

PALAVRAS-CHAVE: Ciências-Química; Professor Reflexivo; Ensino-Aprendizagem de Química; Alfabetização Científica.

INTRODUÇÃO

Esse artigo relata o projeto de pesquisa que temos desenvolvido no âmbito da Licenciatura em Química, da Faculdade de Química (Faquim), do Instituto de Ciências Exatas (ICE), da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). Na região do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental, são poucos os cursos de Licenciatura em Química, sendo a Unifesspa responsável por um deles, disponibilizando 40 vagas anualmente, mas com uma saída anual menor que uma dezena, sendo que ainda entre esses nem todos seguem na profissão de professor preferindo uma carreira na química e/ou na pós-graduação em química.

Para compreender o grande índice de retenção do curso (2019 - 1 acadêmico formado; 2020 - 5 estão aptos a colarem grau; 2021 no máximo 9 acadêmicos podem se formar), é preciso olhar o ensino de ciências (no Ensino Fundamental-EF) e o ensino de química (no Ensino Médio-EM) e com isso melhorar de alguma forma a evasão/retenção nos cursos superiores. No entanto, esse problema não ocorre apenas na universidade. Já é um problema bastante mencionado pelos professores do EM que a química tem se constituído uma disciplina de grande retenção. Os educandos do EM são unânimes em dizer que não gostam dela por muitos fatores. No EF também não é muito diferente, sendo um componente da disciplina

de ciências. A maioria dos educandos não conseguem apreender o mínimo necessário para estarem alfabetizados cientificamente e encontram muitas dificuldades no ensino de ciências, especialmente nos anos finais do EF (6º ao 9º ano).

A química pode ser considerada uma das disciplinas mais importantes da área de ciências, onde podemos encontrá-la em todos os lugares: nas roupas, nos alimentos, nos transportes, ou seja, em tudo que existe há um pouco da química. Se temos química em todos os lados, por que será que os educandos saem da escola com tantas dificuldades para perceber a química em sua vida ou mesmo falar sobre a química? Será que os professores estão motivando corretamente os educandos? Será que eles estão utilizando corretamente os materiais didáticos? Será que existe realmente um jeito certo de como ensinar? Ou de como fazer os educandos aprenderem os conteúdos de química? São essas as questões que têm movido muitos professores em seus projetos de pesquisa.

Segundo Beltran & Ciscato (1991) no final do século XX professores de uma escola na rede pública começaram a analisar alguns fatores sobre como as aulas de química eram desenvolvidas, pois os rendimentos dos alunos não eram conforme os professores desejavam. Muitos destes alunos saíam do EM sem nenhuma base de química. Eram poucos que terminavam com algum conhecimento ou que conseguiam dominar o assunto. Diante dessa realidade, os professores viram a necessidade de começar a fazer um diagnóstico da realidade, para identificar os possíveis problemas, pois o ensino-aprendizagem de química traz muitos desafios.

Para Freire (2003) não existe aprendizagem sem ensino e não existe ensino sem aprendizagem, por isso ele trata o termo como ensino-aprendizagem, onde o professor que é o responsável por proporcionar o momento (e em alguns casos o local) do processo de ensino-aprendizagem, não pode focar apenas no ensino, em repassar seus conhecimentos. É preciso que esteja atento ao processo para que esse seja realmente efetivo.

O professor Ático Chassot discute muito bem a Alfabetização Científica como uma contribuição a superação das dificuldades da relação educador-educando, e destes com o conhecimento (SANTOS & GHEDIN, 2009, p.1434):

O autor compreende que a Ciência deve ser base para a leitura de mundo para os alunos na escola média, no seu livro Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação (2006) faz um resumo do cenário sobre a educação brasileira e a realidade brasileira (política-economia neoliberal, globalização e tecnologia). Com uma proposta norteadora na Alfabetização Científica que explora as formas de se ler a natureza a partir da Ciência, isto é, procura a leitura política para a formação de um cidadão crítico, para isso conecta com a formação de currículos. No entanto, não deixa de trabalhar com a valorização de saberes populares em relação aos conhecimentos científicos, trazendo a História da Ciência como proposta de ensino de Ciência para humanizar a consciência dos alunos que tem como referência própria Ciência.

E para finalizar é importante trazer a perspectiva do professor reflexivo, estudada por Silva (2020, p.30), em que a prática reflexiva pode-se dizer que é “a posição perceptiva

que um professor assume em relação as suas atitudes diante dos problemas detectados no ensino”. A reflexão deve ser entendida como uma parte inerente do ser professor que busca a todo instante reformular sua prática pedagógica para que realmente se efetiva o processo de ensino-aprendizagem. E isso é corroborado por Rodrigues (2016) e Contreras (2002).

MATERIAL E MÉTODOS

Foi escolhida a abordagem de pesquisa qualitativa que segundo Sampieri, Collado & Lucio (2013; p.376):

O foco da pesquisa qualitativa é compreender e aprofundar os fenômenos, que são explorados a partir da perspectiva dos participantes em um ambiente natural e em relação ao contexto.

O enfoque qualitativo é selecionado quando buscamos compreender a perspectiva dos participantes (indivíduos ou grupos pequenos de pessoas que serão pesquisados) sobre os fenômenos que os rodeiam, aprofundar as suas experiências, pontos de vista, opiniões e significados, isso é, a forma como os participantes percebem subjetivamente sua realidade. Também é recomendável selecionarem enfoque qualitativo quando o tema do estudo foi pouco explorado, ou que não tenha sido realizada pesquisa sobre ele em algum grupo social específico. O processo qualitativo começa com a ideia de pesquisa.

Então, a partir do enfoque da pesquisa qualitativa foram estabelecidos os seguintes **objetivos da pesquisa**: a) compreender as questões relacionadas ao ensino-aprendizagem de química na segunda metade do século passado especialmente nas últimas décadas; b) demonstrar como o ensino-aprendizagem de química tem se constituído na atualidade, na região do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental; c) verificar por que apesar da literatura trazer muitos apontamentos de como superar os problemas no ensino-aprendizagem de química, na região do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental, estes ainda causam grandes preocupações.

Algumas **perguntas de pesquisa** foram necessárias serem construídas para o desenvolvimento do projeto: a) como era o ensino-aprendizagem de química no final do século XX? O que foi elucidado pelos autores Mesquita & Soares (2011) e Beltran & Ciscato (1991); b) Como o ensino de químico tem sido abordado na região do Sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental? O que foi construído a partir da experiência empírica dos autores junto a realidade escolar na cidade de Marabá; c) O que é preciso fazer para superar o problema de ensino-aprendizagem de química, na região do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental? Construído a partir da síntese de percepção dos autores e das leituras de referências importantes para a área.

A partir do problema de pesquisa que é justamente as dificuldades no ensino-aprendizagem de química, na região do sul e sudeste do Pará, especialmente na cidade de Marabá e região; e porque é tão difícil superar essas dificuldades e a partir dos objetivos

e das perguntas estabelecidas procurou-se as referências que poderiam esclarecer minimamente o problema de pesquisa e de alguma forma tentar apontar algumas direções do que pode ser feito para superar essas dificuldades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para apresentar os resultados encontrados durante a pesquisa, este foram organizamos em três tópicos para se ter uma boa compreensão da temática: a) Como era o ensino-aprendizagem nas últimas décadas do século XX? b) Como o ensino-aprendizagem de química tem sido abordado na região do Sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental? c) O que é preciso fazer para superar o problema de ensino-aprendizagem de química, na região do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental?

Como era o ensino-aprendizagem nas últimas décadas do século XX?

Para compreender quais eram os principais problemas relacionados ao ensino-aprendizagem de química recorreremos ao livro de Beltran & Ciscato (1991), onde eles relatam que um dos principais problemas encontrados foram: a) aulas exaustivas, teóricas e poucas ou quase nenhuma aula prática; b) não havia a possibilidade dos educandos presenciarem as reações com seus próprios olhos, sendo demonstradas apenas com equações complexas no quadro-negro; c) as políticas públicas eram muito deficitárias, com poucos recursos destinados as escolas; d) a maioria das escolas não possuíam espaços adequados para um bom desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem como laboratórios e equipamentos para as atividades laboratoriais, tornando as aulas práticas difíceis de serem realizadas; e) a renda baixa da população também se constituía em fator determinante para o desempenho ruim dos educandos na escola;

Segundo Mesquita & Soares (2011, p.173):

Salientamos que, embora tenha acontecido todo um movimento de debates e avanços sobre os modelos de formação de professores na década de 1980, nos anos seguintes, com o fortalecimento do modelo neoliberal de gestão econômica e política, a educação como um todo se centrou em processos de avaliação de desempenho e competências relegando, mais uma vez, aspectos epistemológicos da formação inicial de professores. Nesse contexto, torna-se importante retomarmos discussões sobre os reais objetivos da educação, o que significa trazer à tona situações históricas para que possamos compreender e interferir na construção do projeto de educação atual a partir de desafios e contradições que foram e são inerentes aos processos constitutivos da educação.

Os autores também comentam que a história das licenciaturas em Ciências (química, física e biologia) começa a se desenhar a partir dos anos 1930, mas que a Licenciatura em Química nunca alcançou grandes patamares por ser um curso que precisa de muitos materiais, reagentes, laboratórios e corpo docente especializado, o que dificulta muito a sua implantação. Dessa forma, muitas universidades não conseguem implantar, deixando uma

lacuna na área e ofertando poucos professores para atuar no ensino médio. Isto também se verifica na região da Amazônia Oriental.

Como o ensino-aprendizagem de química tem sido abordado na região do Sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental?

Investigando as escolas na região do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental, encontramos um quadro desolador. Escolas com pouco infraestrutura, sem laboratórios, biblioteca deficitárias, sem laboratório de informática e na pandemia mais uma deficiência se evidenciou que foi a falta de conexão de internet, sinal ruim em toda a região, baixa tecnologia, entre outras dificuldades. Soma-se a isso a baixa renda da população e as dificuldades em se adquirir computadores, celulares, modem e outros aparelhos para se ter uma boa conexão. Diante disso, o que se verificou foi uma grande exclusão dos educandos a educação escolar.

Segundo (SILVA 2020, p.48-49) que investigou uma escola na cidade de Marabá

Além do laboratório multidisciplinar, ainda há carência de outros espaços como o laboratório de informática, biblioteca e sala de leitura. Estes ambientes são primordiais para o desenvolvimento da aprendizagem quando relacionados aos conhecimentos de Química, ainda mais quando se trata de uma escola em tempo integral, ou seja, os estudantes passam boa parte do dia no âmbito escolar, então precisa existir condições favoráveis na escola para a condução até a aprendizagem.

Também segundo a 4ª Unidade Regional de Educação (4ª URE), com sede na cidade de Marabá, Pará, a disciplina de química em muitas escolas não é ministrada a carga horária mínima, por falta de professores licenciados. Ou seja, é uma situação complexa, pois os educandos não conseguem aprender o mínimo para desenvolver uma boa alfabetização científica e dos que chegam à universidade a maioria não consegue completar a sua formação para retornar a escolas como professores licenciados. Dessa forma o problema se arrasta de forma consistente.

Em outro ponto temos a percepção dos alunos com relação ao ensino-aprendizagem de química. Segundo Silva (2020, p.49):

Sabe-se que a Química é uma das disciplinas que mais se ouve relatos de DA [Dificuldades de Aprendizagem], como “não consigo entender, onde vou usar isso”, “não entendo a aplicação disso na minha vida”, “disciplina chata”, “não consigo aprender porque o(a) professor(a) não sabe/sabia explicar”. Todavia, estas dificuldades podem ter diversas causas e uma delas está relacionada com o modo com que o estudante busca aprender, sendo que a disciplina de Química em qualquer grau educativo exige tempo para que haja a absorção dos conteúdos e infelizmente apenas o momento dentro de sala de aula muitas vezes não é o suficiente.

Podemos perceber que o problema é bem complexo e que é preciso que seja compreendido sobre diversos aspectos. Aqui destacamos alguns deles, mas outros devem se juntar a esses tornando a solução somente possível, com muitos atores envolvidos, e

entre eles deve ser destacado o papel do professor de química. Muito do seu saber/fazer pode ajudar e diminuir uma boa parte do problema.

O que é preciso fazer para superar o problema de ensino-aprendizagem de química, na região do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental?

Para Chassot (2001) um ponto inicial para trabalhar com os educandos é utilizar a **alfabetização científica**, e as formas metodológicas de desenvolver o ensino-aprendizagem de química é pela reflexão sobre Ciência de uma forma geral e por meio da História da Ciência como uma estratégia didático-pedagógica em sala de aula. Também o professor precisa fazer uma reflexão sobre o alcance do currículo de Ciências/Química possibilitando que haja uma interação entre os saberes populares e o uso de modelos e analogias do ensino da química para conteúdos abstratos, bem como uma melhor interação e uso das Tecnologias da Informação e Comunicação.

O pensamento de Paulo Freire corrobora com os pressupostos da alfabetização científica de Ático Chassot (Chassot, 2001): uma pessoa alfabetizada para ler e escrever, pode ser também alfabetizada para obter conhecimentos científicos suficientes para a interpretação de fenômenos e problemas que acontecem ao nosso redor e com isso ajudar a diminuir os problemas de sua realidade.

Trabalhos práticos são uma parte essencial no estudo da química. O trabalho do químico é essencialmente prático, embora daí se retire muitas teorias. No entanto, o fazer escolar, do ensino de química, anda em descompasso com o fazer químico, não produzindo o efeito que se deseja no ensino aprendizagem dessa área do conhecimento. Trazer para a escola esse fazer prático de química, já era pontuado no século passado como uma das alternativas para chamar a atenção dos educandos e seu engajamento na disciplina. Esse princípio deve permanecer, também no século XXI.

Outro ponto que é preciso destacar é com relação a aprendizagem significativa, que segundo Moreira (2011, p.13):

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (p.13).

Essencialmente, são duas as condições para a aprendizagem significativa: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

Como professores da escola pública, precisamos ter a certeza de que o caminho para mudar a realidade não está pronto e acabado. É preciso ser construído em diversos sentidos. Os educadores como Paulo Freire, Ático Chassot e muitos outros, nos indicam possíveis caminhos, mas são os próprios professores, no chão da escola, que precisam

trilha-los e desenvolver outros, próprios para a nossa realidade Amazônica.

CONCLUSÕES

O ensino-aprendizagem de química tem se constituído em um grande desafio nas universidades da região amazônica. No sul e sudeste do Pará, na Amazônia Oriental, isto não tem sido diferente. Os índices baixos de aprendizagem, especialmente no ensino fundamental e médio, a falta de professores formados, a precarização do ensino e a falta de espaços de aprendizagem ideais podem ser alguns dos fatores que contribuem para essa situação.

Com a pandemia do Coronavírus (COVID-19) foi observado que essa situação se agravou, pois, as condições mínimas que os educadores e educandos possuíam, em todos os níveis de ensino e em todas as modalidades de educação, foram perdidas. Entre elas, o encontro direto entre educadores e educando, no chão da escola, passou a ser uma impossibilidade.

Na atualidade, na região do Sul e Sudeste do Pará, permanece muitas das dificuldades do final do Século XX, tanto com relação aos educandos, com a infraestrutura, com os materiais didáticos e com a formação dos professores. Mas há possibilidades de reverter esse quadro. Para isso, a perspectiva da **alfabetização científica** não pode ser perdida, assim como outras como a **Aprendizagem significativa** e as premissas do **professor reflexivo**. Leituras de experiências exitosas em outros contextos podem nos ajudar também a encontrar soluções para os problemas vivenciados na realidade do sul e sudeste do Pará, Amazônia Oriental.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Unifesspa, ao Instituto de Ciências Exatas (ICE) e a Faculdade de Química (Faquim), pela oportunidade de desenvolvermos esse projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

BELTRAN, Nelson Orlando; CISCATO, Carlos Alberto Mattoso. **Química**. São Paulo. Cortez Editora. 1991. 243p. (Coleção Magistério 2º Grau. Série Formação Geral).

CONTRERAS, José. **A autonomia de professores**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2002. 296 p.

FREIRE, Paulo. **Cartas a Cristina: reflexões sobre minha vida e minha práxis**. 2ª ed. São Paulo: UNESP, 2003. 333p.

MESQUITA, Nyuara Araújo da Silva; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. Aspectos históricos dos cursos de Licenciatura em Química no Brasil nas décadas de 1930 a 1980. **Quím. Nova**, Vol. 34, No. 1. 2011. p.165-174.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo. Editora Livraria da Física. 2011. 179p.

RODRIGUES, Daniela Silveira. **O professor reflexivo**. Campina: Campo Grande, 2016. Disponível em <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/10640/1/PDF%20-%20Daniela%20Silveira%20Rodrigues.pdf>. Acesso em 14 de Mar. 2021.

SANTOS, Saulo César Seiffert; GHEDIN, Evandro. Uma reflexão sobre o ensino da ciência a partir do pensamento de Attico Chassot: possibilidade da alfabetização científica. Boa Vista. **ANAIIS VIII CNECIM**. 2009. P. 1430-1446.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Maria del Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 5ª ed. Porto Alegre. Penso. 2013. 624p.

SILVA, Thalita Vera Santos da. **Dificuldades no ensino-aprendizagem de química em turma de 1º ano do Ensino Médio da E.E.E.M. Plínio Pinheiro, em Marabá-PA**: Considerações a respeito do professor reflexivo. Marabá. Trabalho de Conclusão de Curso -TCC. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Faculdades de Química, Curso de Licenciatura Plena em Química. 2020. 73p.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 2ª ed. Ijuí. Unijuí. 2001. 434p. 438 p.

CAPÍTULO 2

A IMPORTÂNCIA DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO NA CARACTERIZAÇÃO DO ENCAPSULAMENTO DE ÓLEOS ESSENCIAIS: UMA BREVE REVISÃO

Data de aceite: 01/11/2022

Maria de Lourdes Ferreira Meneses dos Santos

Universidade Federal do Piauí – UFPI,
Departamento de Química
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/9571936575434819>

Gilmar Ferreira Dias

Universidade Federal do Piauí – UFPI,
Departamento de Química
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/9562494803288013>

RESUMO: Os óleos essenciais (OEs) são compostos aromáticos, voláteis e hidrofóbicos que podem ser extraídos de várias partes de uma planta. São amplamente utilizados nas áreas de perfumaria, alimentos, agrícola e farmacêutica. Embora os OEs tenham muitas aplicações e propriedades úteis, seu uso é limitado devido à sua insolubilidade em água, alta volatilidade, oxidação rápida e degradação por fatores externos. Com o intuito de minimizar esses problemas, novas pesquisas foram orientadas para a busca de técnicas que pudessem proteger as propriedades físico-químicas dos OEs. O encapsulamento com polímeros naturais surgiu como uma das técnicas mais promissoras, devido a sua biocompatibilidade, baixa toxicidade e biodegradabilidade. Para investigar a composição química, formação das nanopartículas e as interações dos principais grupos funcionais envolvidos no processo de encapsulamento,

a espectroscopia no infravermelho é uma das técnicas mais consolidadas. Diante disto, o trabalho tem como finalidade mostrar a importância da técnica de espectroscopia no infravermelho como uma maneira de caracterizar a formação das nanocápsulas. Foram utilizados os bancos de dados PUBMED, Web of Science e Science Direct. Os resultados mostraram que 67,31% dos artigos analisados foram encontrados no Science Direct, sendo que a China, Irã, Brasil e Índia são responsáveis pelo maior número de publicações sobre a temática. Nos últimos 3 anos houve um aumento no número de publicações, principalmente pela preocupação em substituir os produtos sintéticos por naturais, menos tóxicos e com baixos efeitos colaterais.

PALAVRAS-CHAVE: Óleo essencial; encapsulamento; nanopartículas; espectroscopia no infravermelho.

THE IMPORTANCE OF INFRARED SPECTROSCOPY IN THE CHARACTERIZATION OF ESSENTIAL OILS ENCAPSULATION: A BRIEF REVIEW

ABSTRACT: Essential oils (OEs) are aromatic, volatile and hydrophobic compounds that can be extracted from various parts of a plant. They are widely used in the areas of perfumery, food, agriculture and pharmaceuticals. Although OEs have many useful applications and properties, their use is limited due to their insolubility in water, high volatility, rapid oxidation and degradation by external factors. With the intention of minimizing these problems, new research was oriented towards the search for techniques that could protect the physical and chemical properties

of OEs. Encapsulation with natural polymers has emerged as one of the most promising techniques, due to its biocompatibility, low toxicity and biodegradability. To investigate the chemical composition, formation of nanoparticles and the interactions of the main functional groups involved in the encapsulation process, infrared spectroscopy is one of the most consolidated techniques. Given this, the work aims to show the importance of the infrared spectroscopy technique as a way to characterize the formation of nanocapsules. PUBMED, Web of Science and Science Direct databases were used. The results showed that 67.31% of the analyzed articles were found in Science Direct, with China, Iran, Brazil and India being responsible for the largest number of publications on the subject. In the last 3 years there has been an increase in the number of publications, mainly due to the concern to replace synthetic products with natural ones, less toxic and with low side effects.

KEYWORDS: Essential oil; encapsulation; nanoparticles; infrared spectroscopy.

1 | INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais (OEs) são compostos aromáticos, voláteis e hidrofóbicos que podem ser extraídos de várias partes de uma planta. São constituídos por moléculas como monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropenos, apresentando uma rica e complexa composição química (MATOS; LUCCA; KOESTER, 2019; PANDI *et al.*, 2016). São amplamente utilizados nas áreas de perfumaria, alimentos, agrícola e farmacêutica. Embora os OEs tenham muitas aplicações e propriedades úteis, seu uso é limitado devido à sua insolubilidade em água, alta volatilidade, oxidação rápida e degradação por exposição direta ao calor, umidade e luz (LIMA *et al.*, 2017).

Com o intuito de minimizar esses problemas, novas pesquisas foram orientadas para a busca de técnicas que pudessem fornecer a estabilidade física e a solubilidade em água aos OEs sem perder suas propriedades físico-químicas. Várias técnicas exploradas incluem emulsificação, spray de aerossol e o encapsulamento. Entre essas técnicas, o encapsulamento surgiu como um dos sistemas carreadores mais promissores (VISHWAKARMA *et al.*, 2016), sendo desenvolvido pela primeira vez há cerca de 60 anos atrás com o objetivo de recobrir sólidos, líquidos e compostos gasosos (SAIFULLAH *et al.*, 2019).

Atualmente, o encapsulamento, é utilizado para preservar as propriedades funcionais dos EOs, e protege-lo das interações com o meio externo impedindo a degradação, diminuindo a volatilidade e toxicidade, além de proporcionar uma liberação controlada em um determinado meio. Os sistemas nanométricos também apresentam a vantagem de aumentar a bioeficácia dos OEs devido a sua capacidade de absorção pelas células e permeação em membranas e barreiras biológicas (MATOS; LUCCA; KOESTER, 2019; PANDI *et al.*, 2016).

Existem uma grande variedade de materiais que são usados para o encapsulamento de EOs, tais como polímeros, lipídios ou complexos de inclusão molecular (GUPTA; VARIYAR,

2016). Entre os materiais citados, os polímeros com destaque para os polissacarídeos como alginato e quitosana apresentam uma extensa aplicação como materiais de revestimento para os componentes aromáticos devido a sua biocompatibilidade, baixa toxicidade e biodegradabilidade (HOSSEINI *et al.*, 2013). Além disso são abundantemente encontrados na natureza e tem baixo custo de processamento.

A caracterização das nanocápsulas carregadas ocorrem em relação a morfologia, tamanho, carga superficial, eficiência de encapsulamento, cinética de liberação e a composição química. Todas as informações obtidas são uteis para conduzir a proposição de modelos que descrevam a organização molecular do nanomaterial sintetizado, que será dependente da composição qualitativa e quantitativa das formulações elaboradas (SHAFFAZICK; GUTERRES, 2003).

A espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) é uma das técnicas consolidadas para investigar a composição química, formação das nanopartículas e as interações dos principais grupos funcionais envolvidos no processo de encapsulamento (NATRAJAN *et al.*, 2015), também pode ser considerada uma forma alternativa para quantificação de EOs, uma vez que a intensidade do sinal será proporcional a concentração do material (RODRIGUEZ *et al.*, 2018).

O princípio da técnica ocorre com a incidência da radiação eletromagnética sobre a amostra. Uma parte será absorvida e outra passa pela amostra até chegar aos detectores onde surgem os espectros de absorção e transmissão das moléculas. Esses espectros são característicos das moléculas da amostra e definem os picos de absorção/transmissão do material. Os picos correspondem às frequências vibracionais das ligações entre os átomos e a intensidade dos picos fornece informações sobre a quantidade do material, bem como os comprimentos de onda nos quais os picos aparecem no espectro que define as ligações entre os átomos. Por essa razão, a espectroscopia FTIR é um método significativo para caracterizar os materiais nanoparticulados (KATMUSI *et al.*, 2018).

Nesse contexto, o trabalho teve como finalidade mostrar a importância da técnica de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) como uma maneira de evidenciar a formação das nanopartículas bem como as interações dos principais grupos funcionais envolvidos no processo de encapsulação dos óleos essenciais.

2 | METODOLOGIA

Ao realizar pesquisas nos bancos de dados é comum ter uma devolutiva com centenas ou milhares de respostas, sendo que alguns resultados podem apresentar contradição. Neste sentido, faz-se necessário que se tenha uma forma adequada para contornar o problema, esclarecer as controvérsias científicas e apoiar-se apenas nas pesquisas de melhor qualidade sobre a temática de interesse. Partindo desse princípio, a revisão sistemática de literatura é uma ótima alternativa, pois é um tipo de investigação

com ênfase em questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis (GALVÃO; PEREIRA, 2014).

Essa breve revisão foi baseada em artigos científicos que abordaram temáticas sobre: i – o encapsulamento de óleos essenciais com polímeros naturais; ii – suas caracterizações utilizando infravermelho com transformada de Fourier – FTIR. A busca na literatura científica foi realizada em língua inglesa utilizando as palavras-chave: *essential oil and encapsulation and nanoparticles and FTIR*. As bases de dados usadas foram PUBMED, Web of Science e Science Direct. Além disso, os artigos foram selecionados de acordo com os seguintes critérios de inclusão do estudo: artigos com títulos, resumos e textos completos que retratavam as palavras chaves utilizadas na busca e com sentido para os fins do estudo. O espaço de tempo delimitado para o estudo foram os artigos publicados no ano de 2010 até 2020. O período de coleta dos dados se deu no mês de fevereiro de 2021 e os resultados foram tratados utilizando o programa *Origin* (versão 8.5).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Garcia (2014), a utilização de métodos adequados em uma revisão sistemática, facilitam a organização de dados e informações mais confiáveis que podem ser usados para informar a tomada de decisão. Esta linha de raciocínio também é confirmada por Barroso e colaboradores (2003), pois sugerem que essa modalidade de revisão é rigorosa na identificação de textos, apreciação crítica e síntese de estudos relevantes.

3.1 Análise dos índices de publicação por bando de dados, ano e país

Essa pesquisa com todos os critérios de seleção nas bases de dados e com os termos *essential oil and encapsulation and nanoparticles and FTIR*, possibilitou a seleção de 52 artigos distribuídos em três bancos de dados, sendo 10 publicações no PUBMED, 7 no Web of Science e 35 no Science Direct, conforme ilustrado na Gráfico 1.

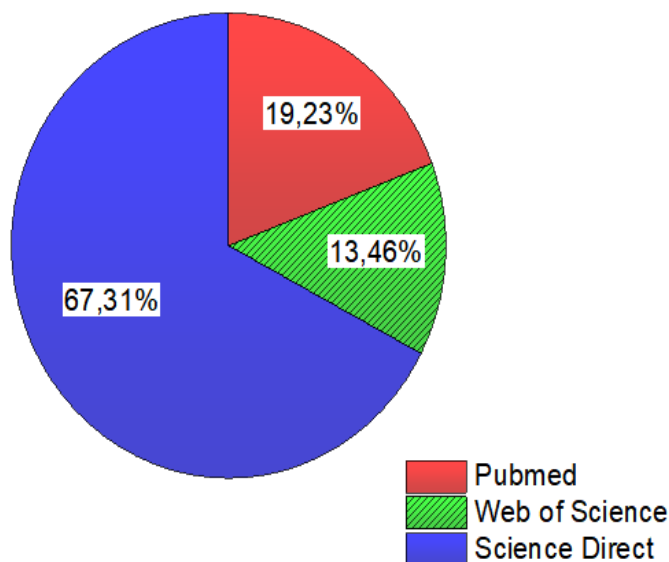


Gráfico 1: Quantidade de artigos científicos publicados nos bancos de dados PUBMED, Web of Science e Science Direct por palavras-chave.

Ao analisar a Gráfico 2 é possível monitorar a evolução anual dos artigos publicados no período de 2010 – 2020 antes e depois dos critérios de inclusão. Antes de analisar os resumos e resultados foi possível observar que a quantidade de artigos é expressiva, principalmente no intervalo de 2016 a 2020. Em anos anteriores, a maioria dos artigos utiliza a encapsulação como técnica, porém com outros materiais encapsulados de origem sintética. Isso evidencia uma tendência de substituição desses materiais por produtos naturais, entre eles, os óleos essenciais. (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Após a análise minuciosa do título dos artigos, assim como o resumo e os resultados das publicações foi possível verificar que parte dos artigos não se aplicam ao tema, ou seja, até satisfaz alguns requisitos, mas quando as palavras-chave são relacionadas de maneira analítica, a quantidade absoluta diminui drasticamente. Observando a Gráfico 2 (linha azul) é notório que até o ano de 2014 não existia uma tendência em utilizar óleos essenciais encapsulados com polímeros naturais como quitosana, amido e alginato. Em contrapartida, Esmaeili e Asgari (2015), publicaram resultados sobre a encapsulação do óleo essencial de *Carum capticum* com quitosana utilizando o FTIR para caracterizar a estrutura química do material sintetizado. Neste trabalho, a adição do óleo essencial resultou em um aumento significativo na intensidade do pico de alongamento CH em 2866-2925 cm^{-1} , refletindo a existência do óleo nas nanopartículas de quitosana, sem alterações estruturais e funcionais, sugerindo desta forma a conservação das propriedades antibacterianas e antioxidantes.

A linha azul da Gráfico 2, demonstra que a evolução de publicações ao longo de 11

anos pode ser subdividida em três intervalos de tempo. Na primeira faixa, entre os anos de 2010 a 2014, a quantidade máxima de publicações foram de 2 artigos, ao modo que na segunda faixa de observação, entre os anos de 2015 a 2017, o número variou entre 4 e 5. No último intervalo, de 2018 a 2020, ocorreu um crescimento expressivo, principalmente em 2020, com um total de 18 publicações.

O interesse em produtos naturais e menos tóxicos ao organismo pode justificar essa combinação de OEs e encapsulantes, pois é uma maneira eficiente de aumentar o potencial de aplicação de OE, permitindo sua miscibilidade na água e diminuição de efeitos colaterais em relação a fármacos (FEYZIOGLU; TORNUK, 2016; CHEN; ZHANG; ZHONG, 2015).

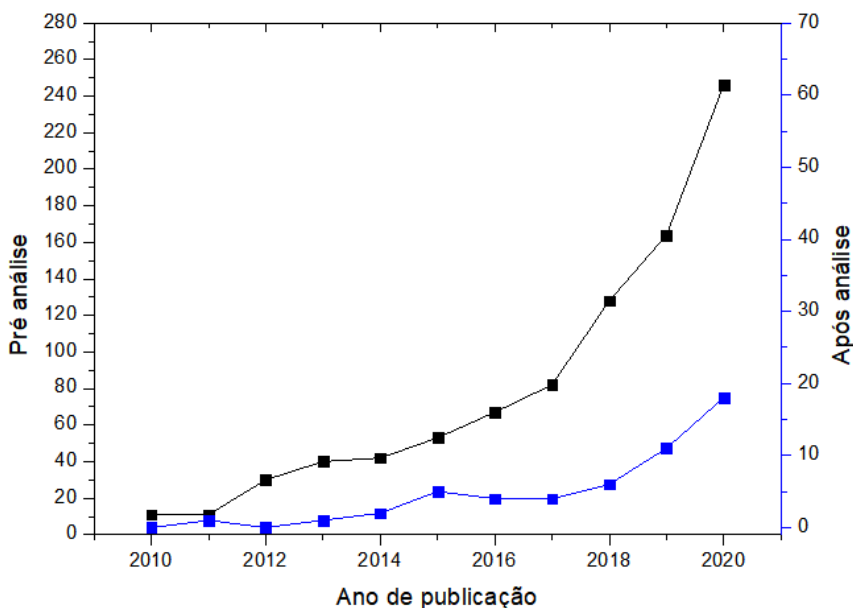


Gráfico 2: Evolução anual da publicação de artigos antes e depois dos critérios de inclusão.

Pela análise do Gráfico 3 é possível verificar que os países com o maior número de publicações, nos últimos 11 anos, em relação aos termos pesquisados foram Irã e China. Na segunda posição estão Índia e Brasil com 8 publicações. É importante salientar que o Brasil, mesmo com baixo investimento para o desenvolvimento da ciência e tecnologia, é reconhecido mundialmente por sua enorme biodiversidade, além de abrigar mais de 20% de todas as espécies vegetais do mundo, muitas com propriedades bioativas e de possível aplicação nas áreas de alimentos funcionais e farmacêutica (BATISTA *et al.*, 2016).

Os índices crescentes da China podem estar relacionados ao investimento em pesquisa, tecnologia e a busca pelo melhoramento das atividades dos OEs. Isso é

demonstrado por Liu e colaboradores (2020), ao realizar o encapsulamento de cinamaldeído para potencializar a atividade antimicrobiana com o intuito de comprovar o valor da aplicação das nanopartículas em alimentos. Essa tendência pelo melhoramento e aplicação dos óleos essenciais também são relatadas por Fang *et al.* (2020), que realizaram estudos com amido modificado para encapsular óleo de cravo, avaliar a eficiência de encapsulamento e seu efeito antimicrobiano.

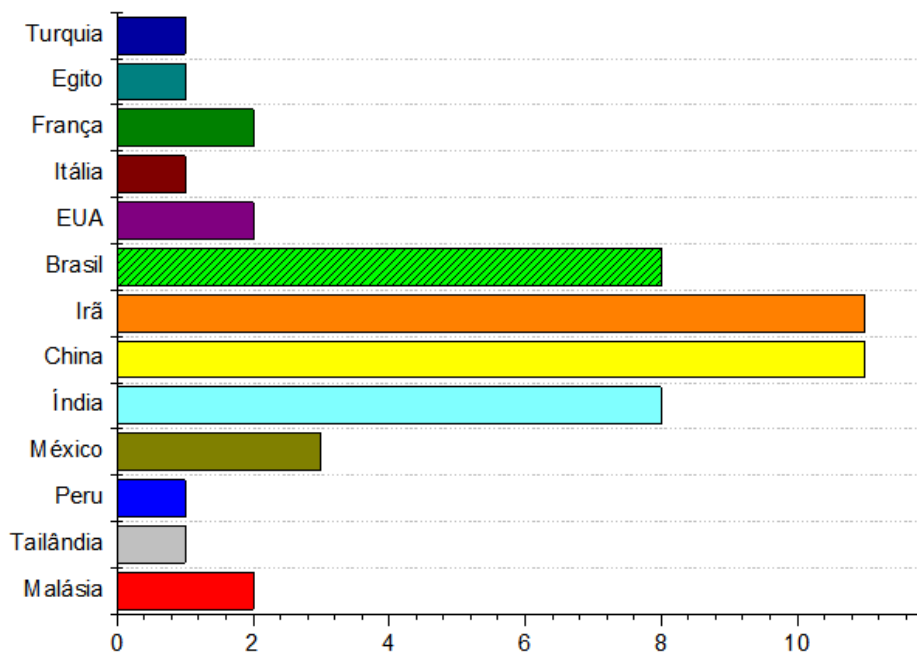


Gráfico 3: Publicação de artigos científicos em relação aos países.

3.2 FTIR como técnica qualitativa e quantitativa de informações

Durante o estudo dos artigos, foi constatado que o FTIR é uma técnica amplamente utilizada para demonstrar a formação das nanocápsulas seja por interações físicas ou químicas. Além do mais, pode ser aplicada para quantificar OE aprisionado na matriz polimérica e monitorar a taxa de liberação. No Quadro 1 estão organizados os principais resultados e evidências do FTIR nas publicações revisadas.

| Autor (ano) | Óleo essencial | Nanopartículas | Principais resultados | Evidências do FTIR |
|----------------------------------|----------------------------------|--|--|--|
| Santos <i>et al.</i> , (2019) | Melaleuca (MEO) e Cravo (CEO) | Quitosana (CS) | A formulação de filmes de quitosana com EOs apresentaram boa transparência na luz visível, flexibilidade, resistência mecânica. Além disso, as propriedades de tração aumentaram com a incorporação de EOs e sua característica lubrificante. Assim, filmes produzidos podem apresentar enorme potencial para o tratamento de feridas. | Ao acrescentar 3% do CEO ao filme (CS/3CEO-F), novas bandas de absorção foram encontradas no espectro. As bandas observadas em 1512 cm ⁻¹ , 1266 cm ⁻¹ , 1232 cm ⁻¹ e 744 cm ⁻¹ , evidenciaram a incorporação do eugenol ao filme. |
| Rodriguez <i>et al.</i> , (2018) | Cravo (CEO) e Hortelã (HEO) | Amido (AM) | O método desenvolvido tem a possibilidade de mapear a liberação global de EO encapsulado sem perda valiosa de informações e monitorar mudanças no perfil de EOs. Outro resultado positivo é a vantagem de ser mais quimicamente sustentável, uma vez que não há necessidade de solventes orgânicos para extração. | O uso da técnica ATR-FTIR para determinar o conteúdo global de CEO e HEO aprisionados em uma matriz baseada em amido foi comparável ao método de referência, GC-FID. Deste modo, foi possível monitorar a liberação global de EO encapsulado sem perda valiosa de informações. |
| Bastos <i>et al.</i> , (2020) | Pimenta-do-reino (PEO) | Gelatina (GE) e Alginato de sódio (NaAlg) | As nanocápsulas carregadas com PEO apresentaram boa eficiência de encapsulação e suas propriedades foram preservadas. Portanto, GE e NaAlg demonstraram ter potencial sinérgico para uso como material de parede no processo de encapsulamento por técnica de coacervação complexa. | No espectro das nanocápsulas carregadas com PEO prevaleceram as bandas em 1536 cm ⁻¹ , 1024 cm ⁻¹ , 1446 cm ⁻¹ e 886 cm ⁻¹ . Este resultado sugere que o EO da pimenta-do-reino está encapsulado na nanocápsula GE / NaAlg por interações físicas. |
| Natrajan <i>et al.</i> , (2015) | Cúrcuma (CO) e capim-limão (CLO) | Alginato de sódio (NaAlg) e Quitosana (CS) | Nesta pesquisa, a eficiência de encapsulamento para CO e CLO foi de 71% e 86,9%, respectivamente. O perfil de liberação dos OEs mostrou uma liberação lenta e constante em pH neutro por 48 horas. | O pico em 1622 cm ⁻¹ de nanocápsulas CS-NaAlg vazias indica a associação do grupo carboxilato de alginato com quitosana. Outra informação é o pico em 1722 cm ⁻¹ , indicando a presença do citral, um composto terapêutico no óleo de capim-limão. |
| Tavares; Noreña, 2020 | Gengibre (GO) | Isolado do soro do leite (WPI), Goma arábica (GA) e Quitosana (CS) | A combinação complexa entre GA/WPI e GA/CS permitiu conservar as propriedades e estabilidade do óleo essencial de gengibre. Pelas análises de TGA foi possível confirmar que o encapsulamento permite proteger os compostos sensíveis ao calor presentes no óleo essencial de gengibre. | os espectros de FTIR confirmam que nenhuma nova ligação química foi formada, indicando que compostos de GO podem ser encapsulados em coacervados por interações físicas. |

| | | | | |
|-----------------------------|-------------|----------------|--|---|
| Hadidi <i>et al.</i> , 2020 | Cravo (CEO) | Quitosana (CS) | A atividade antioxidante das nanopartículas de quitosana carregadas com CEO foi maior do que a do CEO livre. Assim, essa combinação pode potencializar a eficiência do CEO em produtos alimentícios e um sistema de entrega para novas aplicações, como embalagens ativas. | A adição de CEO a CS-NPs levou a um aumento significativo na intensidade do pico de alongamento de CH em 2991 cm ⁻¹ , demonstrando um aumento no conteúdo de grupos éster decorrentes de compostos do cravo. |
|-----------------------------|-------------|----------------|--|---|

Quadro 1: Principais resultados e evidências do FTIR nas publicações analisadas.

De acordo com os resultados expostos é notável que existe um direcionamento crescente no número de publicações com as palavras-chave selecionadas, pois existe uma preocupação mundial pela substituição de materiais sintéticos por produtos naturais (SÁ; ANDRADE; SOUSA, 2013). A combinação sinérgica de nanopartículas de polímeros naturais com óleos essenciais vem abrindo caminho para novas aplicações na indústria alimentícia, farmacêutica e outros (BASTOS *et al.*, 2020; QIU *et al.*, 2017). Também é importante enfatizar a técnica FTIR como uma das maneiras de obter informações a respeito do material encapsulado, assim como os tipos de interações (JIANG *et al.*, 2020).

4 | CONCLUSÕES

A análise sistemática da literatura proporcionou um mapeamento geral do número de publicações envolvendo o encapsulamento de óleos essenciais e a utilização da técnica FTIR de maneira qualitativa e quantitativa no auxílio de interpretações de informações. Os dados refletem que o número de artigos publicados é crescente, principalmente nos 3 últimos anos, demonstrando que a pesquisa é relevante e de interesse da comunidade científica, uma vez que a sociedade contemporânea está mais exigente por produtos naturais, menos tóxicos e com baixos efeitos colaterais.

REFERÊNCIAS

BARROSO, J.; GOLLOP, C. J.; SANDELOWSKI, M.; MEYNELL, PEARCE, P.F.; COLLINS, L. J. The challenges of searching for and retrieving qualitative studies. **Western Journal of Nursing Research**, v. 25, n. 2, p. 153-178, 2003.

BASTOS, L. P. H.; SANTOS, C. H. C.; CARVALHO, M. G.; GARCIA-ROJAS, E. E. Encapsulation of the black pepper (*Piper nigrum* L.) essential oil by lactoferrin-sodium alginate complex coacervates: Structural characterization and simulated gastrointestinal conditions. **Food Chemistry**, v. 316, 2020.

BASTOS, L. P. H.; VICENTE, J.; SANTOS, C. H. C.; CARVALHO, M. G.; GARCIA-ROJAS, E. E. Encapsulation of black pepper (*Piper nigrum* L.) essential oil with gelatin and sodium alginate by complex coacervation. **Food Hydrocolloids**, v. 102, 2020.

BATISTA, E. K. F.; TRINDADE, H. I.; LIRA, S. R. S.; MULLER, J. B.B.S.; SILVA, L. L. B; BATISTA, M. C. S. Atividades antinociceptiva e anti-inflamatória do extrato etanólico de *Luehea divaricata*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.18, n. 2, p. 433-441, 2016.

CHEN, H.; ZHANG, C.; ZHONG, Q. Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein–casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol. **Journal of Food Engineering**, v. 144, p. 93-102, 2015.

ESMAEILI, A.; ASGARI, A. In vitro release and biological activities of *Carum copticum* essential oil (CEO) loaded chitosan nanoparticles. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 81, p. 283-290, 2015.

FANG, Y.; FU, J.; LIU, P.; CU, B. Morphology and characteristics of 3D nanonetwork porous starch-based nanomaterial via a simple sacrifice template approach for clove essential oil encapsulation. **Industrial Crops and Products**, v. 143, 2020.

FEYZIOGLU, G. C.; TORNUK, F. Development of chitosan nanoparticles loaded with summer savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil for antimicrobial and antioxidant delivery applications. **LWT- Food Science and Technology**, v. 70, p. 104-110, 2016.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.

GARCIA, L. P. Revisão sistemática da literatura e integridade na pesquisa. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 7-8, 2014.

GUPTA, S.; VARIYAR, P. S. Nanoencapsulation of essential oils for sustained release: application as therapeutics and antimicrobials. **Encapsulations**, v. 2, p. 641-672, 2016.

HADIDI, M.; POURAMIN, S.; ADINEPOUR, F.; HAGHANI, S.; JAFARI, S. M. Chitosan nanoparticles loaded with clove essential oil: Characterization, antioxidant and antibacterial activities. **Carbohydrate Polymers**, v. 236, 2020.

JIANG, Y.; LAN, W.; SAMEEN, D.; AHMED, S.; QIN, W.; ZHANG, Q.; CHEN, H.; DAI, J.; HE, L.; LIU, Y. Preparation and characterization of grass carp collagen-chitosan-lemon essential oil composite films for application as food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 160, p. 340-351, 2020.

KATMUSI, A.; FIDE, S.; KARAISSMAILIOGLU, S.; DERMAN, S. Synthesis and characterization methods of polymeric nanoparticles. **Characterization and Application of Nanomaterials**, v. 1, 2018.

LIMA, D. S; LIMA, J. C; CALVACANTI, R. M. C. B.; SANTOS, B. H. C.; LIMA, I.O. Estudo da atividade antibacteriana dos monoterpênos timol e carvacrol contra cepas de *Escherichia coli* produtoras de β -lactamases de amplo espectro. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v.8, n. 1, p. 17-21, 2017.

LIU, Q.; CUI, H.; MUHOZA, B.; DUHORANIMANA, E.; XIA, D.; HAYAT, K.; HUSSAIN, S.; TAHIR, M. U.; ZHANG, X. Fabrication of low environment-sensitive nanoparticles for cinnamaldehyde encapsulation by heat-induced gelation method. **Food Hydrocolloids**, v.105, 2020.

MATOS, S. P.; LUCCA, L.G.; KOESTER, L. S. Essential oils in nanostructured systems: challenges in preparation and analytical methods. **Talanta**, v.195, p. 204-214, 2019.

NATRAJAN, D.; SRINIVASAN, S.; SUNDAR, K.; RAYINDRAN, A. Formulation of essential oil-loaded chitosan–alginate nanocapsules. **Journal of Food and Drug Analysis**, v.23, p. 560-568, 2015.

PANDIT, J.; AQIL, M.; SULTANA, Y. Nanoencapsulation technology to control release and enhance bioactivity of essential oils. **Encapsulations**, v. 2, p. 597-640, 2016.

QIU, C.; CHANG, R.; YANG, J.; GE, S.; XIONG, L.; ZHAO, M.; LI, M.; SUN, Q. Preparation and characterization of essential oil-loaded starch nanoparticles formed by short glucan chains. **Food Chemistry**, v. 221, p.1426-1433, 2017.

RIBEIRO, J. C.; RIBEIRO, W. L. C.; CAMURÇA-VASCONCELOS, A. L. F.; MACEDO, I. T. F.; SANTOS, J. M. L.; PAULA, H. C. B.; ARAUJO FILHO, J. V.; MAGALHAES, R. D.; BEVILAQUA, C. M. L. Efficacy of free and nanoencapsulated *Eucalyptus citriodora* essential oils on sheep gastrointestinal nematodes and toxicity for mice. **Veterinary Parasitology**, v.204, p. 243-248, 2014.

RODRIGUEZ, J. D. W.; PEYRON, S.; RIGOU, P.; CHALIER, P. Rapid quantification of clove (*Syzygium aromaticum*) and spearmint (*Mentha spicata*) essential oils encapsulated in a complex organic matrix using an ATR-FTIR spectroscopic method. **Journal Pone**, v.13, 2018.

SAIFULLAH, M.; SHISHIR, M.R.I.; FERDOWSI, R.; RAHMAN, M. R.T.; VUONG, Q.V. Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 230-251, 2019.

SÁ, R. C. S.; ANDRADE, L. N.; SOUSA, D. P. A review on anti-inflammatory activity of monoterpenes. **Molecules**, v. 18, n. 1, p. 1227-1254, 2013.

SANTOS, E. P.; NICÁCIO, P. H. M.; BARBOSA, F. C.; SILVA, H. N.; ANDRADE, A. L. S.; FOOK, M. V. L.; SILVA, S. M. L.; LEITE, I. F. Chitosan/Essential oils formulations for potential use as wound dressing: physical and antimicrobial properties. **Materials**, v. 12, 2019.

SHAFFAZICK, S. R.; GUTERRES, S. S. Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos. **Química Nova**, v. 26, p. 726-737, 2003.

TAVARES, L.; ZAPATA NOREÑA, C. P. Encapsulation of ginger essential oil using complex coacervation method: coacervate formation, rheological property, and physicochemical characterization. **Food and Bioprocess Technology**, v. 26, 2020.

VISHWAKARMA, G. S.; GAUTAM, N.; BABU, J. N.; MITTAL, S.; JAITAK, V. Polymeric encapsulates of essential oils and their constituents: a review of preparation techniques, characterization, and sustainable release mechanisms. **Polymer Reviews**, v. 56, p. 668-701, 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alfabetização científica 1, 2, 5, 6, 7, 8

Armazenamento de substâncias químicas 54

Amazônia Oriental 1, 3, 4, 5, 6, 7

Aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 39, 40

B

Bacias hidrográficas 53

D

Degradación de colorantes 60, 61

E

Educação ambiental 42, 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 53

Empoderamento 42, 51

Encapsulamento 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17

Ensino-aprendizagem de química 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Ensino de Química 1, 6, 20, 25, 26, 30, 31, 32, 34, 40, 52

Espectroscopia no infravermelho 9, 11

Etnoquímica 32

F

Fuente pulsada 60, 62

G

Graduação em Química 1, 70

I

Incompatibilidades químicas 54

L

Lei 10.639/03 32, 33, 34, 40

N

Nanopartículas 9, 11, 13, 15, 16, 17, 62

Normas Oficiais Mexicanas 54

O

Óleo essencial 9, 13, 16

P

Parâmetros físico-químicos 42, 44

PhET 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 29, 31

Professor reflexivo 1, 2, 7, 8

Q

Qualidade de água 42, 43, 46

R

Relações étnico-raciais 32, 34, 40, 41

S

Simuladores virtuais 20, 21, 26, 27, 28, 29, 31

Sistema Global Armonizado 54, 58

T

Tratamiento de polímeros 60, 64

Atena
Editora

Ano 2022

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa
teórica e prática 2

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa
teórica e prática 2