



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ANA PAULA FERREIRA OLIVEIRA

**ASTROQUÍMICA: CONCEITO E POSSIBILIDADE DE USO NO ENSINO DE
QUÍMICA**

**CAMPINA GRANDE
2024**

ANA PAULA FERREIRA OLIVEIRA

**ASTROQUÍMICA: CONCEITO E POSSIBILIDADE DE USO NO ENSINO DE
QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. José Arimateia Nóbrega

**CAMPINA GRANDE
2024**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

O48a Oliveira, Ana Paula Ferreira.
Astroquímica [manuscrito] : conceito e possibilidade de uso no ensino de química / Ana Paula Ferreira Oliveira. - 2024.
27 p. : il. colorido.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.
"Orientação : Prof. Dr. José Arimateia Nóbrega, Departamento de Química - CCT."

1. Astroquímica. 2. Ensino de química. 3. Referencial teórico. I. Título

21. ed. CDD 372.8

ANA PAULA FERREIRA OLIVEIRA

ASTROQUÍMICA: CONCEITO E POSSIBILIDADE DE USO NO ENSINO DE QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Química.

Aprovada em: 27/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

José Arimateia Nóbrega

Prof. Dr. José Arimateia Nóbrega (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Nataline Cândido da Silva Barbosa

Profa. Me. Nataline Cândido da Silva Barbosa
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Soraya Alves de Moraes

Profa. Dra. Soraya Alves de Moraes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha Mãe, pela dedicação, força e coragem que me fizeram chegar até aqui, e à minha Tia Simone (*in memoriam*), que foi exemplo de bondade em minha vida, DEDICO.

“O cientista cristão tem os mesmos meios que seu colega não crente. Também tem a mesma liberdade de espírito, pelo menos se a ideia que tem das verdades religiosas está à altura de sua formação científica. Sabe que tudo foi feito por Deus, mas também sabe que Deus não substitui suas criaturas. Nunca será possível reduzir o Ser Supremo a uma hipótese científica. Portanto, o cientista cristão avança livremente, confiante de que sua pesquisa não pode entrar em conflito com sua fé.”

Georges Lemaître

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Robô Sojourner explorando Marte.....	11
Figura 2 – Imagem captada pelo Hubble da região da Nebulosa Carina apelidada de “Montanha Mística”	12
Figura 3 – Nebulosa Carina, umas das primeiras imagens do James Webb...	13
Figura 4 – Espectro da composição atmosférica do exoplaneta WASP-96 b...	14
Quadro 1 – Moléculas encontradas no sistema solar.....	15
Quadro 2 – Moléculas em sistema interestelar.....	15
Quadro 3 – Pesquisas desenvolvidas utilizando a astroquímica como tema gerador.....	18
Quadro 4 – Pesquisas analisadas, que aplicam a astroquímica no ensino e aprendizagem de química.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EDEQ	Encontro de Debates sobre o Ensino de Química
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
FGS-NIRISS	Sensor de Orientação Fina / Infravermelho Próximo e Espectrógrafo Sem Fenda
IR	Infravermelho
ISIM	Módulo de Instrumento Científico Integrado
MIRI	Instrumento de Infravermelho Médio
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NICMOS	Infravermelho Próximo Camera e Multi-Object Spectrometer
NIR	Infravermelho Próximo
NIRCam	Câmera de Infravermelho Próximo
NIRSpec	Espectrógrafo de Infravermelho Próximo
UV	Ultravioleta
WFC3	Wide Field Camera 3

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	ASTROQUÍMICA: O QUE DIZEM OS TEXTOS CIENTÍFICOS?.....	10
2.1	Possibilidade de divulgação científica e pesquisas desenvolvidas no Brasil no âmbito da química computacional em astroquímica.....	16
2.2	A astroquímica como recurso para o ensino e aprendizagem de Química.....	17
3	METODOLOGIA	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1	Instrumentação e Tecnologia em Astroquímica.....	20
4.1.1	<i>Espectroscopia</i>	20
4.1.2	<i>Laboratórios Espaciais</i>	20
4.1.3	<i>Pesquisas Desenvolvidas no Brasil no Campo da Química Computacional</i>	21
4.1.4	<i>Aplicação da Astroquímica no Ensino de Química</i>	21
5	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	23
	AGRADECIMENTOS.....	26

ASTROQUÍMICA: CONCEITO E POSSIBILIDADE DE USO NO ENSINO DE QUÍMICA

ASTROCHEMISTRY: CONCEPT AND POSSIBILITY OF USE IN CHEMISTRY TEACHING

Ana Paula Ferreira Oliveira^{1*}

RESUMO

A astroquímica é a ciência que estuda a composição química e os processos de formação e transformação das moléculas no universo. O objetivo deste trabalho é promover a astroquímica, consolidando informações amplas e utilizando bibliografias das áreas de educação, tecnologia e divulgação científica. O método empregado é uma revisão bibliográfica exploratória, de caráter qualitativo, que combina elementos da química e da astronomia, envolvendo aspectos da físico-química, química analítica, química orgânica e inorgânica. A partir dos resultados pode-se evidenciar a necessidade de implementação do tema nos cursos universitários de química, destacando seus benefícios e aplicações práticas. Dessa forma, podemos considerar que a astroquímica é uma subárea, que está intimamente ligada à astronomia e a química, com grande potencial para a pesquisa científica, a qual ainda precisa ser mais conhecida e explorada. Esta pesquisa atua como um recurso valioso para pesquisadores e acadêmicos, facilitando uma maior familiaridade com a temática e contribuindo para o desenvolvimento futuro desta área de fronteira da química.

Palavras-chave: astroquímica; ensino de química; referencial teórico.

ABSTRACT

Astrochemistry is the science that studies the chemical composition and the processes of formation and transformation of molecules in the universe. The aim of this work is to promote astrochemistry by consolidating extensive information and using bibliographies from the fields of education, technology and science communication. The method employed is an exploratory, qualitative literature review, combining elements of chemistry and astronomy, involving aspects of physical chemistry, analytical chemistry, organic and inorganic chemistry. The results show the need to implement the subject in university chemistry courses, highlighting its benefits and practical applications. In this way, we can consider that astrochemistry is a sub-area that is closely linked to astronomy, chemistry and physics, with great potential for scientific research, which still needs to be better known and explored. This research acts as a valuable resource for researchers and academics, facilitating greater familiarity with the subject and contributing to the future development of this frontier area of chemistry.

Keywords: astrochemistry; chemistry teaching; theoretical reference.

^{1*}Graduanda no Curso de Licenciatura em Química pela Universidade Estadual da Paraíba -UEPB; anapaulaferreira14@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A astroquímica oferece o conhecimento e compreensão da química do universo, utiliza tecnologias avançadas e apresenta uma atratividade significativa devido à sua natureza interdisciplinar no ensino.

Esta pesquisa buscou explorar a literatura científica para demonstrar a possibilidade da astroquímica nas pesquisas que a utiliza como recurso pedagógico, bem como o desenvolvimento da área, mostrando sua relevância científica.

Portanto, a relevância dessa pesquisa está na possibilidade de aplicação da astroquímica na educação, como também na promoção e ampliação do conhecimento dessa subárea na comunidade acadêmica, despertando o interesse e a curiosidade do público em relação a essa área fascinante, contribuindo assim para o desenvolvimento futuro desta área de fronteira da química.

Compreender e promover a astroquímica é essencial, no entanto, o escasso material existente sobre o tema justifica a necessidade desta pesquisa exploratória, que possui caráter bibliográfico, visando preencher essa lacuna, buscar demonstrar a viabilidade de integrar a astroquímica no currículo educacional e destacando seu valor científico, ao consolidar informações de maneira ampla, utilizando bibliografias das áreas de educação, tecnologia e divulgação científica. A análise crítica da produção científica existente permitirá uma compreensão aprofundada do estado atual do conhecimento na área

Assim, com a motivação de divulgar essa ciência, elaborou-se esta pesquisa. Com o objetivo de promover uma maior familiaridade com a temática, demonstrando a viabilidade de explorar essa área no ensino e divulgar seus avanços. Explicitando a astroquímica como possibilidade para a pesquisa científica, que ainda precisa ser conhecida e explorada.

A astroquímica é uma subárea que aplica a química na astronomia. Suas aplicações práticas incluem o uso da química para analisar a composição das estrelas, simular as condições do espaço e pesquisar moléculas cruciais para a existência da vida no universo. (Rodrigues, 2021).

Pode ser subdividida em três áreas de atuação “Astroquímica observacional, experimental e teórica” (Leite, 2017, p.154 *apud* Oliveira, 2022, p.22)

Dentre as pesquisas desenvolvidas, a formação de moléculas no espaço é uma das áreas de interesse, onde estuda-se como estas reações podem ocorrer simulando experimentos que reproduzem as condições do espaço. Dados são coletados a partir destes experimentos simulados e, posteriormente, utiliza-se a química teórica para interpretar esses dados e possibilitar uma compreensão melhor desses fatos.

Uma outra área de investigação, busca avaliar a composição química do universo, ou seja, a identificação das moléculas, que compõem as supernovas, nebulosas, exoplanetas entre outros corpos celestes que podem estar em nosso sistema planetário em nossa galáxia ou fora dela. Para que isso seja possível os dados são enviados para a terra por meio de instrumentos de espectrometria que analisam, identificam e até mesmo, quantificam, as moléculas por meio da luz nos corpos celestes. Estes instrumentos estão presentes em telescópios, sondas e laboratórios espaciais.

É possível, portanto, definir a “Astroquímica é a ciência que estuda os átomos, as moléculas e as reações químicas no espaço sideral” (Claro, 2017, p.1)

Esta ciência é fundamental para a compreensão do universo, pois se alinha com os principais objetivos da exploração espacial, que é encontrar vida e planetas

habitáveis. Sua importância também se estende ao campo tecnológico à medida que a pesquisa astroquímica enfrenta e resolve problemas, impulsiona o desenvolvimento tecnológico, com novos equipamentos que auxiliarão as pesquisas científicas em outras áreas. Sua importância também se destaca na educação, pois sendo um tema instigante pode ser positivamente utilizado como tema gerador, com a possibilidade de colaborar com o desenvolvimento de um ensino e aprendizagem em química mais atrativo e significativo.

2 ASTROQUÍMICA: O QUE DIZEM OS TEXTOS CIENTÍFICOS?

A vastidão do universo sempre despertou a curiosidade e a imaginação da humanidade, incentivando a busca por desvendar seus mistérios. Ao longo dos séculos, o progresso nas técnicas de observação e análise tem sido fundamental para responder a questões fundamentais sobre a composição do universo além do nosso planeta. Será que as mesmas moléculas que compõem a Terra também estão presentes em outros corpos celestes? Como e em quais condições essas moléculas são formadas?

Para sanar essas dúvidas, a astroquímica surgiu, utilizando tecnologias avançadas baseadas na espectrometria, permitindo detectar e estudar a presença de diversas moléculas no espaço, revelando a composição química do universo e expandindo nosso conhecimento sobre a formação de estrelas, planetas e as condições que possibilitam a vida.

A astroquímica é uma subárea ainda pouco conhecida, foi com o desenvolvimento da radioastronomia na década de 50 e 60 que possibilitou o início desse novo campo da química, como destaca Lima, Filho e Gurgel (2010). Com o avanço de novas tecnologias, cientistas obtiveram resultados cada vez mais robustos, podendo detectar e analisar a presença de diversas moléculas no espaço. Desde as primeiras observações até as descobertas mais recentes, a astroquímica tem desempenhado um papel crucial na expansão do nosso conhecimento sobre a química do universo.

Esta subárea possui caráter interdisciplinar onde combina elementos da química e da astronomia, envolvendo aspectos da físico-química, química analítica, química orgânica e inorgânica. Podemos classificá-la como uma ciência multidisciplinar e ainda pouco conhecida, relativamente nova (Pereira, 2022). Tem o objetivo de entender a composição, as reações e as condições físico-químicas nos corpos celestes.

Em busca de responder a uma das questões que mais incomoda a humanidade, Lima, Filho e Gurgel (2010) ressaltam que um dos temas instigantes explorados pela Astroquímica é buscar entender a origem da vida na Terra investigando a química orgânica prebiótica. Este campo abrange a formação de moléculas orgânicas complexas em ambientes extraterrestres e suas possíveis contribuições para o surgimento da vida, explorando como as moléculas essenciais para a vida podem ter se formado e evoluído no espaço.

Desde as primeiras observações celestes até as complexas análises químicas de hoje, os instrumentos científicos têm sido fundamentais para expandir nosso conhecimento sobre o universo.

Como ainda não é possível ao homem coletar amostras que estão, muitas vezes, a vários anos-luz de distância, o uso de instrumentação analítica de alta tecnologia é a solução para que estas pesquisas se realizem, por isso podemos dizer que a astronomia é aliada a espectroscopia. Através da radiação

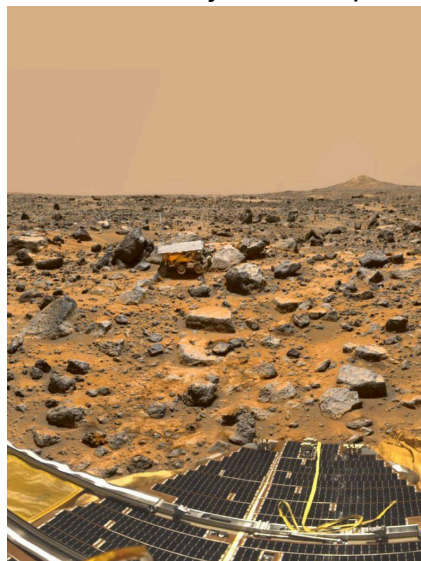
eletromagnética podemos observar, identificar e até estimar quantificação por meio desses equipamentos.

Desde o final do século XIX (início do século XX) já era possível afirmar quais elementos químicos faziam parte da composição do sol, por meio da espectroscopia, a qual ainda tinha uma estrutura muito simples. O desenvolvimento da computação e da tecnologia aeroespacial, tornou mais robustos os estudos de espectroscopia, através do uso de telescópios, sondas e robôs, que podem funcionar como verdadeiros laboratórios espaciais.

Segundo Skoog *et al.* (2006) um exemplo marcante que demonstra o potencial e a importância da química analítica na astroquímica ocorreu em 4 de julho de 1997, quando a nave espacial Pathfinder pousou em Marte, aterrissando em uma região denominada Ares Vallis. A nave então liberou o robô Sojourner de seu corpo tetraédrico, permitindo que ele explorasse a superfície marciana (Skoog *et al.*, 2006, p.1)

O pequeno robô que explorou Marte (ver Figura 1), utilizava um instrumento de APXS, ou espectrômetro de raios X por prótons alfa. (Skoog *et al.*, 2006). Segundo a NASA (National Aeronautics and Space Administration), desde quando pousou até a última transmissão de dados em 27 de setembro de 1997, a missão Mars Pathfinder retornou uma quantidade significativa de informações. Foram 2,3 bilhões de bits de dados, contendo mais de 16.500 imagens do módulo de pouso e 550 imagens do rover, além de mais de 15 análises químicas do solo marciano e dados extensivos sobre fatores climáticos. (NASA, 2020)

Figura 1 - Imagem do robô Sojourner explorando Marte



Fonte: NASA/JPL (2020)

Outro marco importante foi o revolucionário Telescópio Hubble lançado em abril de 1990. Ele foi o primeiro observatório espacial na órbita da Terra e é equipado com instrumentos que trabalham no UV (ultravioleta) e NIR (Infravermelho Próximo)

Segundo o site oficial da NASA, atualmente o Hubble conta com o WFC3 (Wide Field Camera 3), que possui uma câmera que trabalha em comprimentos de onda de luz visível e ultravioleta (UV) e uma segunda câmera que registra em infravermelho (IR), as quais substituíram o NICMOS (Infravermelho Próximo Camera e Multi-Object Spectrometer) que atualmente estão em hibernação. Essa

substituição resulta em uma melhoria de 15 a 20 vezes na resolução, graças à combinação do campo de visão, sensibilidade e baixo ruído do detector.

Ao longo destas décadas em órbita da Terra o Hubble nos enviou centenas de milhares de imagens deslumbrantes a exemplo da Figura 2 e já realizou grandes contribuições para a ciência.

Vale a pena referir aqui um dos comunicados de imprensa da ESA referentes a observações do satélite Hubble, por ilustrar a complexidade e a interdisciplinaridade deste tema. Trata-se da identificação da presença de moléculas de monóxido de carbono (CO) em três nuvens moleculares distintas, através da observação de duas bandas de absorção características desta molécula diatômica. (Claro, 2017, p.8)

Figura 2 - Imagem captada pelo Hubble da região da Nebulosa Carina apelidada de “Montanha Mística”



Fonte: NASA, ESA e M. Livio e a equipe do 20º ani. do Hubble (STScI) (2010)

Após 31 anos do lançamento do Telescópio Hubble, o Telescópio Espacial James Webb foi lançado. Diferente do seu antecessor, ele não orbita a Terra, mas sim o Sol.

O telescópio representa uma nova era no conhecimento sobre o espaço. de acordo com o site oficial da NASA, o telescópio James Webb explora todas as etapas da história do nosso universo, desde o primeiro clarão após o Big Bang, a formação de sistemas solares que podem abrigar vida em planetas semelhantes à Terra, e até mesmo o desenvolvimento do nosso próprio Sistema Solar.

Um dos principais objetivos do James Webb é observar a formação das primeiras galáxias e estrelas, e isso é justificado pela curiosidade de saber, Dr. John Mather em entrevista a NASA:

De uma forma ou de outra, as primeiras estrelas devem ter influenciado nossa própria história, começando por agitar tudo e produzir os outros elementos químicos além de hidrogênio e hélio. Então, se realmente queremos saber de onde vieram nossos átomos, e como o pequeno planeta Terra veio a ser capaz de suportar a vida, precisamos medir o que aconteceu no início. (Fala de Dr. John Mather em entrevista a NASA)

Para que estas detecções possam ser feitas, o telescópio é equipado com várias tecnologias inovadoras. Chamando a atenção por ter 6,5 metros, seu espelho é composto por 18 segmentos separados, feitos de berílio ultraleve, possibilitando que o telescópio fosse dobrado no lançamento e ajustando-se novamente à sua forma no espaço.

No que diz respeito à espectrometria, o James Webb possui o Módulo de Instrumento Científico Integrado (Integrated Science Instrument Module - ISIM), que inclui um Instrumento de Infravermelho Médio (MIRI), um Espectrógrafo de Infravermelho Próximo (NIRSpec), uma Câmera de Infravermelho Próximo (NIRCam) e um Sensor de Orientação Fina / Infravermelho Próximo e Espectrógrafo Sem Fenda (FGS-NIRISS). Ele conta também com detectores capazes de registrar sinais extremamente fracos.

O Telescópio Espacial James Webb vem trazendo grandes resultados, apesar de estar ativo há pouco tempo. Já soma muitas imagens, diversos espectros e descobertas importantes. Uma de suas primeiras imagens divulgadas foi a da Nebulosa Carina (Figura 3), presente em uma das fotos mais conhecidas do telescópio Hubble, porém desta vez a imagem conta com a presença de várias estrelas nunca vistas antes.

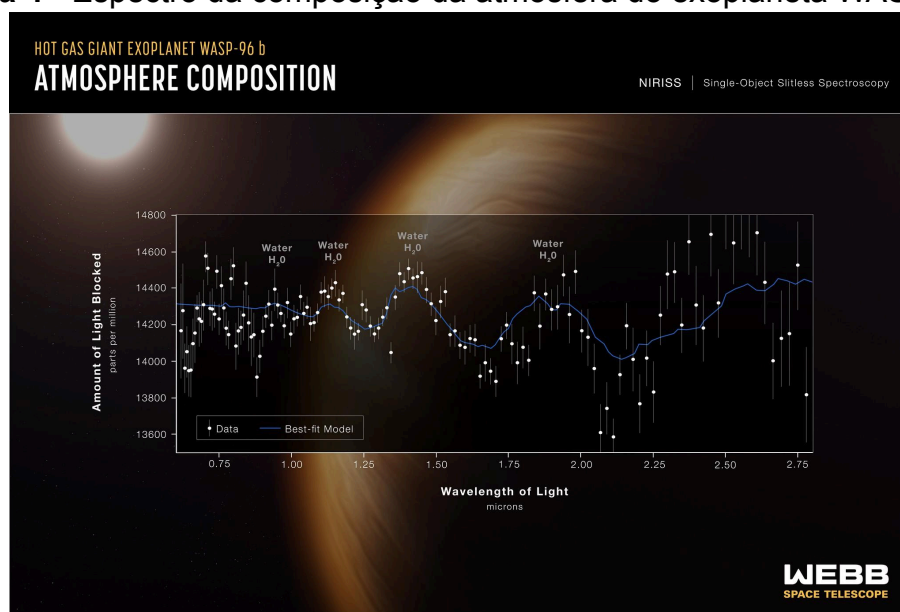
Figura 3 - Nebulosa Carina, umas das primeiras imagens do James Webb.



Fonte: NASA, ESA, CSA, e STScI (2022)

Uma de suas muitas utilidades é a descoberta de moléculas e elementos que acreditamos ser essenciais para a vida em outras partes do universo, além do nosso sistema solar. Com isso, os exoplanetas são um grande foco de estudo. Foram divulgados espectros (Figura 4) do WASP-96b, que está a 1.150 anos-luz de distância, mostrando assinaturas de água. Esta detecção indica a presença de neblina e nuvens, sendo este o espectro de exoplaneta mais detalhado dos últimos tempos. (NASA, 2022)

Figura 4 - Espectro da composição da atmosfera do exoplaneta WASP-96 b



Fonte: NASA, ESA, CSA, e STScI (2022)

O Telescópio Espacial James Webb é uma ferramenta essencial para cientistas, permitindo observações detalhadas do universo. Um exemplo notável é a pesquisa de Berné *et al.* (2023), que utilizou dados do James Webb para detectar CH₃⁺ em um disco protoplanetário na região de formação estelar de Orion. (Berné, *et al.* 2023)

Esta detecção é significativa porque o CH₃⁺ desempenha um papel crucial na química do espaço interestelar, influenciando a formação de moléculas orgânicas complexas que podem levar à vida como a conhecemos (Caparroz, 2023)

Outro estudo, conduzido por Levan *et al.* (2023), utilizou dados do James Webb para investigar o GRB 230307A, uma explosão poderosa onde elementos pesados, como o telúrio, foram formados. Esta descoberta é promissora para o avanço do conhecimento astroquímico. (Levan *et al.* 2023)

Esses trabalhos demonstram os avanços significativos no conhecimento químico do universo proporcionados pelo James Webb, destacando que estas são apenas as primeiras de suas muitas contribuições científicas.

A exploração espacial e o avanço nas tecnologias de espectroscopia têm permitido aos cientistas identificar uma vasta gama de moléculas em diversos corpos celestes. De acordo com Claro (2017) com base na abundância relativa dos elementos e no conhecimento das formas de ligação entre os átomos, é possível calcular quais moléculas estáveis são mais prováveis de se formar:

Assim, deixa de ser surpresa que o planeta Júpiter seja largamente constituído por hidrogénio molecular (H₂), que a molécula de água (H₂O) seja abundante na Terra, que haja mares de metano (CH₄) no planeta Titã, ou que a atmosfera de Vénus seja rica em dióxido de carbono (CO₂), e o amoníaco (NH₃) possa ser encontrado em todos estes planetas. Dada a abundância dos átomos que as constituem, estas são as moléculas estáveis mais prováveis do universo! (Claro, p.2, 2017)

Trabalhos realizados pelo Laboratório de Astroquímica da NASA, Laboratório de Gelo Cósmico, catalogaram várias moléculas.

No Quadro 1 está o resumo das moléculas identificadas no sistema solar, catalogadas pelo Laboratório Gelo Cósmico, elas estão classificadas de acordo com o número de átomos por moléculas: moléculas diatômicas, triatômicas e com quatro ou mais átomos.

Elas foram identificadas em gelos da Terra, Marte, asteróides, nas luas de Júpiter (Io, Europa, Ganimedes, Calisto), nas luas de Saturno (Mimas, Encélado, Tétis, Dione, Reia, Hipérion, Iapetus, Febe, Titã, e nos anéis), nas luas de Urano (Miranda, Ariel, Umbriel, Titânia, Oberon), Netuno (Tritão), a lua de Plutão (Caronte), cometas e objetos do Cinturão de Kuiper.

Quadro 1 - Moléculas encontradas no sistema solar

Número de átomos por Molécula	Espécies químicas
Moléculas diatômicas	SH; O ₂ ; HC; CN; OH; CO; N ₂
Moléculas triatômicas	H ₂ O; SO ₂ ; SO ₃ ; XCN; O ₃ ; CO ₂
Moléculas com quatro ou mais átomos	NH ₃ ; CH ₄ ; H ₂ O ₂ ; H ₂ SO ₄ ; C ₂ (CN) ₂ ; C ₂ H ₆ ; Sal de carbonato; Sulfato hidrossígeno; Minerais hidratados e hidroxilados; silicatos hidroxilados.

Fonte: Elaborado pela Autora, adaptado de NASA, 2024

Além das moléculas encontradas no nosso sistema solar, o catálogo do Laboratório de Gelo Cósmico da NASA inclui moléculas no sistema interestelar. No Quadro 2 podem ser observadas as moléculas encontradas em sistema interestelar divididas em grupos de moléculas com dois átomos até dez átomos ou mais.

Quadro 2 - Moléculas em sistema interestelar

Número de átomos por Molécula	Espécies químicas
Moléculas diatômicas	H ₂ ; CO; CSi; CP; CS; NO; NS; SO; HCl; NaCl; KCl; AlCl; AlF; PN; SiN; SiO; SiS; NH; OH; C ₂ ; CN; HF; FeO; LiH; CH; CH ⁺ ; CO ⁺ ; SO ⁺ ; SH; O ₂ ; N ₂ ; CF ⁺ ; PO; AlO
Moléculas triatômicas	H ₂ O; H ₂ S; HCN; HNC; CO ₂ ; SO ₂ ; MgCN; MgNC; NaCN; N ₂ O; NH ₂ ; OCS; CH ₂ ; HCO; C ₃ ; C ₂ H; C ₂ O; C ₂ S; AlNC; HNO; SiCN; N ₂ H ⁺ ; SiNC; c - SiC ₂ ; HCO ⁺ ; HOC ⁺ ; HCS ⁺ ; H ₃ ⁺ ; OCN; HCP; CCP
Moléculas com quatro átomos	NH ₃ ; H ₂ CO; H ₂ CS; C ₂ H ₂ ; HNCO; HNCS; H ₃ O ⁺ ; SiC ₃ ; C ₃ S; H ₂ CN; c - C ₃ H; l - C ₃ H; HCCN; CH ₃ ; C ₂ CN; C ₃ O; HCNH ⁺ ; HOCO ⁺ ; C ₃ N ⁻ ; HCNO; HSCN; H ₂ O ₂
Moléculas com cinco átomos	CH ₄ ; SiH ₄ ; CH ₂ NH; NH ₂ CN; CH ₂ CO; HCOOH; HCC-CN; HCC-NC; c - C ₃ H ₂ ; l - C ₃ H ₂ ; CH ₂ CN; H ₂ COH ⁺ ; C ₄ Si; C ₅ ; HNCCC; C ₄ H; C ₄ H ⁻ ; HC(O)CN

Moléculas com seis átomos	CH ₃ OH; CH ₃ SH; C ₂ H ₄ ; H(CC) ₂ H; CH ₃ CN; CH ₃ NC; HC(O)NH ₂ ; HCC-C(O)H; HC ₃ NH ⁺ ; HC ₄ N; C ₅ N; C ₅ H; H ₂ CCCC; H ₂ CCNH; C ₅ N ⁻ ; c-H ₂ C ₃ O
Moléculas com sete átomos	CH ₂ CH(OH); c - C ₂ H ₄ O; HC(O)CH ₃ ; H ₃ C-CC-H; CH ₃ NH ₂ ; CH ₂ CH(CN); HCC-CC-CN; C ₆ H; C ₆ H ⁻
Moléculas com oito átomos	CH ₃ COOH; HC(O)OCH ₃ ; HOCH ₂ C(O)H; H ₃ C-CC-CN; H ₂ C ₆ ; H(CC) ₃ H; H ₂ C=CH-C(O)H; CH ₂ CCHCN; C ₇ H; H ₂ NCH ₂ CN
Moléculas com nove átomos	(CH ₃) ₂ O; CH ₃ CH ₂ CN; CH ₃ CH ₂ OH; CH ₃ C ₄ H; HCC-CC-CC-CN; C ₈ H; CH ₃ C(O)NH ₂ ; C ₈ H ⁻ ; CH ₃ CHCH ₂
Moléculas com dez átomos ou mais	(CH ₃) ₂ CO; HOCH ₂ CH ₂ OH; CH ₃ OCH ₂ OH; H ₃ C-CH ₂ -C(O)H; CH ₃ (CC) ₂ CN; HCC-CC-CC-CC-CN; CH ₃ C ₆ H; HC(O)OCH ₂ CH ₃ ; C ₆ H ₆ ; CH ₃ CH ₂ CH ₂ CN; HCC-CC-CC-CC-CC-CN

Fonte: Elaborado pela Autora, adaptado de NASA, 2024

2.1 Possibilidade de divulgação científica e pesquisas desenvolvidas no Brasil no âmbito da química computacional em astroquímica.

No Brasil, a pesquisa em astroquímica é bastante explorada no campo da química computacional, uma subárea da físico-química. A história da química computacional envolve vários aspectos, mas está intimamente ligada à evolução da Química Quântica e às simulações computacionais clássicas. e foi com o desenvolvimento dos computadores que possibilitou o estudo de sistemas maiores e mais realistas ainda que as teorias venham da Química Teórica (Rodrigues e Caridade, 2022)

Portanto a química computacional é uma ferramenta essencial na astroquímica, permitindo a modelagem e a simulação de reações químicas em condições extremas, como as encontradas nos diversos corpos celestes.

Esta seção explora o potencial de divulgação científica e as pesquisas desenvolvidas no Brasil no âmbito da química computacional aplicada à astroquímica, destacando a importância dessa área para a compreensão do universo e para o avanço da ciência e tecnologia.

No Brasil, vários grupos de pesquisa têm dedicado seus esforços para estudar a formação e a evolução de moléculas no espaço, por meio da química computacional, tomamos como mostra as pesquisas realizadas por Rosa *et al.* (2021) e Porto e Rodrigues (2021).

A análise do espectro de emissão do antraceno, realizada por Rosa *et al.* (2021), utilizou modelagem computacional para obter resultados detalhados e precisos. A pesquisa focou na espécie química visto sua relevância astroquímica, esta molécula escolhida é conhecida por suas características que possibilitam sua

presença abundante em ambientes hostis do espaço, despertando interesse pelas suas propriedades físico-químicas (Rosa *et al.* 2021)

A pesquisa utilizou a plataforma Gabedit para desenhar a estrutura molecular e simular o espectro, o software ORCA foi utilizado para realizar os cálculos da abordagem quântica. Para comparação dos resultados, foram empregadas duas funções de base, 6-31G* e 6-31G**. O NASA Ames PAH IR Spectroscopic Database (PAHdb) serviu como banco de dados de referência para a análise dos métodos e a inferência de semelhanças e diferenças, Rosa et al. (2021) ressalta que:

A escolha deste método se deu pela necessidade de se detalhar comportamentos moleculares específicos e, tendo em vista que a resolução de métodos analíticos para um sistema multi-eletrônico seria inviável, os softwares de química computacional permitem que cálculos mais complexos sejam realizados. (Rosa et al., 2021, p.133)

Na pesquisa desenvolvida por Porto e Rodrigues (2021), foram analisadas como exemplo, espécies de carbono do tipo C2, C3, C4 e C5, que são de interesse astroquímico. Com o objetivo de demonstrar a possibilidade de calcular, acessivelmente, aproximações das propriedades estruturais dessas espécies químicas utilizando recursos computacionais.

Essas espécies de carbono podem ser observadas no espaço interestelar, e são de difícil obtenção e caracterização experimental, mas também destacam muitas das limitações e características das abordagens teóricas.

É fundamental a utilização de programas para desenho das estruturas e gerenciamento de cálculos. Estes foram analisados pedagogicamente segundo objetivo da pesquisa, no que se diz respeito aos resultados e as características dos cálculos para dois carbonos, três carbonos, quatro carbonos e cinco carbonos lineares e três, quatro e cinco carbono cíclicos, segundo descrito por Porto e Rodrigues (2021):

O presente trabalho pretende realçar o fato de que cálculos simples e pedagógicos podem ser feitos e visualizados com facilidade usando software disponível de forma gratuita, em particular o programa GAMESS e o programa wxMacMol- Plt. (Porto e Rodrigues, 2021, p.150)

Esses estudos são essenciais para entender a química nos ambientes interestelares e planetários e para prever onde moléculas complexas podem ser encontradas no universo. Embora a química computacional seja fascinante, nosso foco aqui está em destacar os avanços inovadores realizados no Brasil nessa área de pesquisa, sem nos aprofundarmos em conceitos altamente específicos e avançados

2.2 A astroquímica como recurso para o ensino e aprendizagem de Química

A química muitas vezes é temida no ensino básico, sendo vista como uma disciplina difícil e complexa. Este preconceito da matéria cria uma barreira entre estudantes e professores.

Para superar essa barreira, os docentes recorrem a metodologias que favoreçam a interação e facilitem o interesse do estudante, permitindo-lhes aprender o conteúdo de forma mais eficaz. Nesse sentido, buscou-se fazer um levantamento bibliográfico com pesquisas que utilizam a astroquímica como um recurso para o ensino e aprendizagem da química.

A astroquímica pode ser utilizada como um tema gerador amplo e diversificado que se correlaciona com diversos conteúdos de química básica como espectroscopia, transição eletrônica molecular e os compostos orgânicos que complementados ajudam no entendimento de outras áreas e temáticas aplicadas ao ensino de química. (Silva, 2022)

Ao incorporar a Astroquímica no ensino, os professores podem proporcionar aos alunos uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, estimulando o interesse e facilitando a compreensão dos conceitos químicos, contemplando os objetivos da BNCC.

decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem. (BRASIL, 2017, p.16)

Nessa linha de pesquisa foram selecionados 6 trabalhos sistematizados no Quadro 3, que trabalharam a astroquímica de diferentes formas, ressalta-se que dois destes trabalhos tem sua aplicação no ensino superior.

Quadro 3 - Pesquisas desenvolvidas utilizando a astroquímica como tema gerador.

Autor	Ano	Pesquisa
Cruz, Ney e Machado	2018	Foi desenvolvida uma metodologia que inclui aulas interdisciplinares de astroquímica, consistindo na inserção de conteúdos de química integrando os conhecimentos de química, física e biologia. A aplicação dessas aulas da disciplina "Formação e estrutura da vida na Terra" no curso de Licenciatura em Ciências da Natureza – Licenciatura em Biologia, em Física e em Química – oferecido pelo Instituto Federal Fluminense- IFF campus Campos-centro, ocorreu em quatro etapas, envolvendo atividades práticas e avaliações utilizando mapas conceituais.
Pereira	2022	A pesquisa que utilizando da temática da astroquímica, desenvolvida num total de três encontros, o primeiro uma abordagem introdutória sobre a astroquímica, e experimento de espectroscopia, no segundo momento teste de chama seguido da elaboração de mapas conceituais. No terceiro encontro uma visita à universidade Federal do Pampa, Campus de Bagé e ao planetário da Unipampa, para discutir sobre a composição química dos planetas e o comportamento de elementos nos espaço.
Silva	2022	Elaborou material didático lúdico, jogo de tabuleiro chamado Supernova, que abordou Tabela Periódica e Elementos Químicos por meio da astroquímica, promovendo a contextualização do conteúdo, a interdisciplinaridade e o conhecimento astronômico fazendo com que os estudantes interajam entre si e com o professor.
Silva e Henrique	2022	Desenvolveu uma estratégia didática para utilizar um aplicativo denominado AstroQuímica no ensino e aprendizagem da astroquímica. O aplicativo auxilia no estudo e permite a verificação dos conhecimentos adquiridos através de questões. Para aplicação do AstroQuímica a pesquisa propõe uma sequência didática focada nos conteúdos de elemento químico e tabela periódica.
Oliveira	2022	A pesquisa resultou na criação de um produto educacional que aborda a temática da astroquímica, servindo como recurso para encorajar o

		desenvolvimento das novas metodologias de ensino com base na BNCC, utilizando o software <i>Stellarium</i> como uma espécie de pequeno planetário. O trabalho foi desenvolvido com professores, dando ênfase a formação contínua de docentes.
Santos e Filho	2023	A pesquisa desenvolveu uma metodologia lúdica utilizando um disco de CD para a explicação da espectroscopia aplicada a astroquímica com o objetivo de explicar como são feitas observações e interpretadas as informações das moléculas no espaço.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024)

Ao incorporar a astroquímica no ensino, os professores podem proporcionar aos alunos uma abordagem interdisciplinar e contextualizada dos conceitos químicos. Esta abordagem permite que os alunos relacionem conceitos científicos abstratos com o visível, promovendo um ambiente educacional mais positivo e eficaz (Santos e Filho, 2022).

3 METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa exploratória, esta metodologia se adequa ao objetivo da pesquisa, uma vez que, visa proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito ou constituindo hipóteses, aprimorando ideias ou descobrindo intuições (Gil, 2010)

Além disso, o trabalho assume um caráter de pesquisa bibliográfica, inspirando-se na sistematização proposta por Marconi e Lakatos (2017). O escopo do trabalho foi organizado da seguinte forma:

A identificação dos artigos foi realizada por pesquisas no google acadêmico, e no site da NASA. Para que a pesquisa fosse direcionada ao tema do trabalho no Google acadêmico buscou-se por trabalhos que possuíssem como palavra chave “astroquímica”. No site da NASA foram feitos levantamentos de coleta de informações por meio dos sites oficiais das missões, Mars Pathfinder, Telescópios Espaciais Hubble e James Webb e do Laboratório de Astroquímica.

Por fim foram identificados os trabalhos em diversas áreas de aplicações as quais o tema pode alcançar, sendo eles pesquisas em educação ou sobre o desenvolvimento da área em si. “Hoje, predomina o entendimento de que artigos científicos constituem o primeiro foco dos pesquisadores, porque é neles que se pode encontrar conhecimento científico atualizado, de ponta.” (Marconi e Lakatos, 2017 p.54)

Nos artigos encontrados aplicou-se critérios de atualidade e relevância. Foram selecionadas pesquisas publicadas entre 2018 e 2024. Foi essencial que os artigos possuísse uma linguagem acessível, para a pesquisa científica aplicada à astroquímica, devia-se abordar temas como a utilização dos Telescópios Espaciais Hubble e James Webb na identificação de moléculas ou elementos ou que fossem uma pesquisa em química computacional aplicada a astroquímica. Para pesquisas científicas na área educacional, foi essencial para a seleção, que as pesquisas tratassem da aplicação da astroquímica no ensino de química.

Após o levantamento de coletada de dados, os artigos foram divididos por áreas e utilizou-se como tratamento de dados o fichamento onde o assunto é ordenado para facilitação do desenvolvimento da pesquisa.

Posteriormente, foi realizada uma crítica interna que deu início à análise da literatura coletada. Nessa etapa, o valor interno do conteúdo foi avaliado, formando

um juízo sobre o valor e as ideias presentes nos trabalhos, expressando a autoridade dos autores. Após a análise das referências textuais, procedeu-se à reflexão e interpretação, conforme os dados obtidos.

É importante considerar que os dados, por si só, são insuficientes; é necessário que o cientista os interprete, revelando seu verdadeiro significado e compreendendo as implicações mais amplas que possam conter. Assim, a pesquisa bibliográfica não se limita a repetir o que já foi dito ou escrito sobre um determinado assunto, mas possibilita a análise de um tema sob uma nova perspectiva ou abordagem, levando a conclusões inovadoras (Marconi e Lakatos, 2017)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Instrumentação e Tecnologia em Astroquímica

Ao analisar a literatura disponível nos sites oficiais da NASA sobre missões como Mars Pathfinder, Hubble, James Webb e os artigos de Berné *et al.* (2023) e Levan *et al.* (2023) destaca-se a importância crucial de instrumentos tecnologicamente avançados para a astroquímica. A ascensão da computação e o domínio das técnicas espectrométricas/espectroscópicas foram fundamentais para possibilitar a identificação de moléculas complexas e distantes de nosso planeta.

É imprescindível ressaltar a complexidade logística envolvida nessas missões, que são essencialmente "laboratórios espaciais" ambulantes. Os lançamentos dessas missões exigiram o desenvolvimento de foguetes capazes de enviar cargas para além da atmosfera terrestre com segurança, garantindo a integridade dos equipamentos durante o trajeto e em seu destino final.

Portanto, os telescópios espaciais e os rovers têm desempenhado um papel fundamental na detecção e análise de moléculas no espaço, ampliando significativamente nosso entendimento sobre a composição química do universo. Isso evidencia não apenas a capacidade tecnológica alcançada, mas também a necessidade premente de recursos para sustentar essas operações científicas.

4.1.1 Espectroscopia

Compreendemos que a astronomia é altamente dedicada à espectroscopia, sendo esta a base fundamental para identificar e quantificar as moléculas presentes em corpos celestes. Desde os primeiros espectrômetros simples até os complexos instrumentos atuais, a evolução da tecnologia espectroscópica tem sido essencial para o desenvolvimento da astroquímica.

De maneira generalizada, todos os equipamentos utilizados para análises no espaço dependem dessa técnica. Assim, a espectroscopia desempenha um papel crucial na expansão do nosso conhecimento sobre a química e a física do universo, possibilitando a identificação precisa de moléculas complexas em ambientes remotos e extremos.

4.1.2 Laboratórios Espaciais

Os laboratórios espaciais priorizam a espectroscopia em suas análises. Desde a década de 1970, missões espaciais dedicadas à coleta de amostras e à análise da luz têm proporcionado descobertas significativas na astroquímica. O telescópio Hubble, com suas câmeras de campo amplo e instrumentos

espectroscópicos, revolucionou nosso entendimento do universo ao oferecer imagens detalhadas e dados sobre a composição de nebulosas, estrelas e outros corpos celestes.

O recém-lançado James Webb promete avanços ainda maiores com sua capacidade de observar no infravermelho médio e próximo, permitindo estudar atmosferas de exoplanetas, além da formação das primeiras estrelas e galáxias. Esses avanços refletem não apenas em tecnologia, mas também em descobertas científicas substanciais.

4.1.3 Pesquisas Desenvolvidas no Brasil no Campo da Química Computacional

Entendemos que os pesquisadores químicos atuam na astroquímica no âmbito nacional principalmente por meio da química computacional, uma vertente de pesquisa interessante e promissora, dada a tecnologia disponível. Esta ferramenta é essencial na astroquímica, pois permite a modelagem e simulação de reações químicas em condições específicas de corpos celestes. A química computacional se alia à química teórica, ambas áreas pertencentes à físico-química. Embora a pesquisa em astroquímica no Brasil seja promissora, ainda há desafios a serem superados, como a necessidade de mais investimentos em tecnologia e a formação de pesquisadores especializados. No entanto, as oportunidades são vastas, especialmente na colaboração internacional e na aplicação de novas tecnologias, como a inteligência artificial, para melhorar as simulações e modelos computacionais.

4.1.4 Aplicação da Astroquímica no Ensino de Química

A revisão bibliográfica destacou o potencial da astroquímica como recurso educacional tanto no ensino básico quanto no ensino superior. A utilização da astroquímica pode tornar as aulas de química mais atrativas e significativas, despertando o interesse dos estudantes e facilitando a compreensão de conceitos complexos. Sua natureza interdisciplinar a torna especialmente relevante para o ensino atual, que valoriza abordagens integradas.

No entanto, observou-se uma lacuna significativa na pesquisa sobre o uso da astroquímica como recurso para o ensino e aprendizagem. Foram encontrados 6 resultados entre artigos e trabalhos de conclusão de curso que foram publicados entre 2018 a 2023, que abrangem o ensino de química para o ensino médio e superior, sistematizados no Quadro 4 por ordem de ano, atenderam aos critérios metodológicos estabelecidos, como originalidade e ano de publicação, destacando a escassez de pesquisa nessa área específica.

Quadro 4. Pesquisas analisadas, que aplicam a astroquímica no ensino e aprendizagem de química.

Autor	Ano	Título
Cruz, Ney e Machado	2018	ASTROQUÍMICA NO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR ENTRE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA
Pereira	2022	ASTROQUÍMICA: A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO UNIVERSO
Silva	2022	ELEMENTOS QUÍMICOS E TABELA PERIÓDICA ABORDADOS

		ATRAVÉS DA CRIAÇÃO DE JOGO DIDÁTICO NO CONTEXTO DA ASTROQUÍMICA
Silva e Henrique	2022	DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS PARA ENSINO DE ASTROQUÍMICA
Oliveira	2022	UM OLHAR DIFERENTE PARA O UNIVERSO: USO DO PLANETÁRIO PARA O ENSINO DE ASTROQUÍMICA
Santos e Filho	2023	USO DE MODELOS LÚDICOS PARA ILUSTRAÇÃO DA ESPECTROSCÓPIA DE BIOMOLÉCULAS NA ASTROQUÍMICA

Fonte: Elaborado pela Autora (2024)

Pereira (2022) salienta em sua pesquisa que os trabalhos em astroquímica no âmbito educacional são escassos, de acordo com sua pesquisa bibliográfica nos congressos de química nacionais, Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) e Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ). “Diante dos resultados obtidos é possível notar que poucos trabalhos foram publicados, sendo estes concentrados no ano de 2016” (Pereira, 2022, p.22)

Observamos o potencial educacional da astroquímica no ensino básico, sugerindo uma área promissora para futuras investigações e desenvolvimentos pedagógicos, sendo importante destacar que a astroquímica pode ser integrada a disciplinas como física, matemática, geografia, história entre outras, oferecendo uma abordagem interdisciplinar que enriquece o aprendizado.

A utilização dessa temática nas pesquisas analisadas resultou em um recurso eficaz, que promoveu o interesse e o envolvimento dos estudantes pela química.

No ensino superior, a astroquímica tem uma significância importante tanto para a educação quanto para a pesquisa. Este campo de estudo motiva novas investigações na área e desperta a curiosidade dos universitários. Ao integrar conhecimentos de química e astronomia, a astroquímica permite uma compreensão mais profunda do universo e dos processos químicos que ocorrem em diferentes ambientes espaciais. Isso não só enriquece o aprendizado acadêmico, mas também inspira os alunos a explorar e contribuir para um campo de estudo em constante evolução.

5 CONCLUSÃO

A astroquímica é uma subárea interdisciplinar e pode ser aplicada a várias áreas da química como a química computacional e analítica, além de ser aplicada como recurso pedagógico na educação. Esta área estuda moléculas, átomos e as reações e condições envolvidas no espaço, características que a tornam interdisciplinar e atraente.

Após uma análise detalhada da bibliografia, concluiu-se que a astroquímica não é um campo amplamente explorado por estudantes de graduação no Brasil, apesar de ser uma possibilidade tanto em termos de divulgação quanto de promoção de uma educação mais significativa. Foi demonstrado que a astroquímica é um ramo interdisciplinar, mas que mantém seu foco na química, mostrando uma relevância significativa que se adequa à visão de mundo atual, onde tudo está globalizado e contextualizado. Esses resultados são fundamentados nas análises realizadas ao longo deste estudo, que exploraram diversos aspectos da astroquímica, desde sua história e instrumentação até conceitos gerais e aplicações específicas, como análises computacionais e educacionais.

A instrumentação responsável por coletar dados do espaço foi destacada pela sua importância, permitindo a análise direta dos corpos celestes e impactando diretamente a qualidade e rapidez dos resultados obtidos. Essas descobertas têm implicações práticas significativas para a comunidade científica. Quanto mais conhecemos as moléculas, melhor compreendemos o desenvolvimento do universo. Isso sugere a necessidade de novas pesquisas no desenvolvimento de processadores de dados, modeladores e simuladores, além da formação de professores dispostos a desenvolver a astroquímica em suas práticas educacionais.

No entanto, é essencial reconhecer as limitações deste estudo. A coleta de bibliografia foi restrita a trabalhos em língua vernácula e inglesa, o que limita a abrangência da pesquisa. Em termos da própria astroquímica, uma das grandes limitações é a coleta de dados, que exige tecnologia avançada e colaborações com grandes agências de astronomia. Além disso, o desenvolvimento de tecnologias como essas ainda é incipiente no Brasil. Esses aspectos devem ser considerados em futuras pesquisas, que podem explorar mais amplamente a astroquímica e suas aplicações.

Portanto, esta pesquisa não apenas contribuiu para uma compreensão mais profunda da astroquímica, mas também ofereceu um ponto de partida para investigações futuras que poderão ampliar ainda mais nosso conhecimento sobre essa área fascinante e promissora. As futuras pesquisas devem focar em superar as limitações identificadas, expandindo a colaboração internacional e desenvolvendo tecnologias que facilitem a coleta e análise de dados espaciais.

É igualmente importante investir na formação de novos pesquisadores e educadores que possam fomentar o interesse pela astroquímica, garantindo assim o contínuo avanço deste campo interdisciplinar.

A temática interdisciplinar, astroquímica, é relevante para um ensino e aprendizagem em química significativo, que motiva o interesse dos estudantes pela química. De acordo com a BNCC na Competência específica 2 de ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino médio, pode-se salientar que astroquímica pode ser integrada ao ensino de química entrando de acordo com a Habilidade (EM13CNT209) que aborda o estudo da química no universo, a compreensão e distribuição dos elementos químicos no Universo, com utilização de experimentos e simulações utilizando dispositivos e aplicativos digitais.

Portanto ancorada na BNCC o docente de química pode implementar a astroquímica para contextualizar conteúdos como: Elementos químicos, Moléculas orgânicas e inorgânicas, reações químicas, Estados da matéria, Comportamento dos gases, transições eletrônicas e energia. Sendo assim, a astroquímica pode ser um tema gerador para muitos conteúdos químicos, enfatizando a potencialidade de novas investigações nesta temática.

REFERÊNCIAS

BERNÉ O. et al. Formation of the methyl cation by photochemistry in a protoplanetary disk. **Nature** **621**, p. 56–59, jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06307-x> Acesso em: 17/03/2024

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular - Educação é a Base. Brasília, **MEC/CONSED/UNDIME**, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit_e.pdf Acesso em: 08/04/2024

CAPARROZ, L. **Pela primeira vez, cientistas encontram molécula de carbono no espaço**. Super Interessante, 2023. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/pela-primeira-vez-cientistas-encontram-molecula-de-carbono-no-espaco> Acesso em: 17/03/2024

CLARO, P. R. Astroquímica. **Revista de ciência elementar**, Porto, v. 5, n. 3, p. 1-10 set. 2017.

CRUZ, R. M. V. S.; NEY, W. G.; MACHADO, T. A. Astroquímica no curso de licenciatura em ciências da natureza: uma abordagem interdisciplinar entre física, química e biologia. **Revista de Educação, Ciências e Matemática** v. 8, n. 3, p. 77-87, set/dez 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2010.

LEVAN, A.J. *et al.* Heavy-element production in a compact object merger observed by JWST. **Nature** **626**, p. 737–741, fev. 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06759-1> Acesso em: 20/03/2024

LIMA, A. M.; FILHO, V. B. L.; GURGEL, M. F. C. Astroquímica: uma abordagem multidisciplinar para transmitir o conhecimento em química. Anais da 7ª SEMANA DE LICENCIATURA, 7º., 2010, Jataí. **Anais** [...] Jataí: Semana de Licenciatura, 2010. p. 86–88. Disponível em: <https://periodicos.ifg.edu.br/index.php/semlic/article/view/128> Acesso em: 15/05/2024

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo : Atlas, 2017.

NASA, **A short Q&A with Nobel Laureate Dr. John Mather**, NASA. Disponível em: <https://webb.nasa.gov/content/features/bigBangQandA.html> Acesso em: 15/03/2024

NASA, **About Hubble**, NASA. Disponível em: <https://science.nasa.gov/mission/hubble/overview/about-hubble/> Acesso em: 15/03/2024

NASA, **James Webb Space Telescope/ Fact Sheet**, NASA. Disponível em: <https://science.nasa.gov/mission/webb/fact-sheet/> Acesso em: 03/03/2024

NASA, **July 4, 1997: Sojourner Arrives on the Red Planet**. NASA, 2020. Disponível em: <https://www.nasa.gov/image-article/july-4-1997-sojourner-arrives-red-planet/> Acesso em: 10/03/2024

NASA, **NASA Reveals Webb Telescope's First Images of Unseen Universe**, NASA, 2022. Disponível em:

<https://www.nasa.gov/news-release/nasa-reveals-webb-telescopes-first-images-of-unseen-universe/> Acesso em: 04/03/2024

NASA, **The Cosmic Ice Laboratory - Interstellar Molecule**, Astrochemistry Laboratory 691, NASA. Disponível em: <https://science.gsfc.nasa.gov/691/cosmicice/interstellar.html> Acesso em: 30/05/2024

NASA, **The Cosmic Ice Laboratory**, Astrochemistry Laboratory 691, NASA. Disponível em: <https://science.gsfc.nasa.gov/691/cosmicice/sol-sys.html> Acesso em: 30/05/2024

OLIVEIRA, Elane Santos de. **Um olhar diferente para o universo: uso do planetário para o ensino de astroquímica**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Astronomia) – Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

PEREIRA, Jefferson de Oliveira. **Astroquímica : a composição química do Universo** . 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura Química) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2022.

PORTO, J. A. M.; RODRIGUES, S. P. J. Análise computacional da estabilidade de compostos atípicos de carbono aplicada à astroquímica. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n 1, p. 149-158, fev. 2021.

RODRIGUES, S. P. J. Química e astronomia. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 2, n. 2, p. 103-109, ago. 2021.

RODRIGUES, S. P. J.; CARIDADE, P. Contributos para a história da química computacional e do uso dos computadores em química. **História da Ciência e Ensino construindo interfaces**, São Paulo, v. 25, p. 140–153, set. 2022.

ROSA, R. C.; SALES, D. A.; CANELO, C. M.; MIRANDA B. M. A. Análise computacional do hidrocarboneto aromático policíclico antraceno e sua aplicação na astroquímica, **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 2, n 2, p. 132-141, ago. 2021.

SANTOS, L. Q.; FILHO, J. R. S. O uso de modelos lúdicos para ilustração da espectroscopia de biomoléculas na astroquímica. Anais 9º CONEDU, 2023, Campina Grande. **Anais** [...] Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/99003> Acesso em: 12/04/2024

SILVA, José Ewerton da; HENRIQUE, Mariana Alves. **Desenvolvimento e utilização de aplicativos para ensino de astroquímica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Astronomia) – Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, p.27. 2022.

SILVA, Maria Solange Martins da. **Elementos químicos e tabela periódica abordados através da criação de jogo didático no contexto da astroquímica -**

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) Instituto Federal da Paraíba. Sousa, p.50. 2022

SKOOG D. A, et al. **Fundamentos de Química Analítica**. . 8. ed. São Paulo: Cengage, 2006.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por Sua infinita misericórdia e pelas graças recebidas ao longo de toda a minha vida, especialmente por aquelas que me permitiram concluir a graduação.

À Virgem Maria, por sua intercessão e cuidado, e a São José, por sua proteção.

À minha mãe, pelo amor, carinho, cuidado e dedicação que me fizeram ser quem sou hoje, e por todas as palavras e gestos de apoio que me impulsionaram a chegar até aqui.

Aos meus tios, pelo amor, cuidado e dedicação, especialmente ao meu tio Assis, por se dedicar a minha locomoção durante a graduação.

À minha prima Leninha e seu esposo Rafael, por me apoiarem e me acolherem em sua casa durante o curso, e à minha priminha Helena, pelo seu carinho e motivação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Arimateia, que aceitou embarcar nesta desafiadora empreitada pela astroquímica, animando-me a seguir com a pesquisa, orientando-me e colaborando com o trabalho.

À banca examinadora, Profa. Me. Nateline e Profa. Dra. Soraya, que gentilmente aceitaram o convite e colaboraram com minha pesquisa.

A todos os professores que fizeram parte da graduação, por tantos ensinamentos e por me motivarem a seguir em frente nessa profissão, mostrando-me a beleza da química.

Aos meus amigos de graduação, que compartilharam essa caminhada comigo, sempre nos apoiando nas dificuldades, especialmente à minha turma de 2020.1.

Aos meus demais amigos, que sempre me motivaram e acreditaram no meu potencial.

