



GUILHERME GABRIEL OLIVEIRA

**O PROCESSO DE FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: UMA
PROPOSTA DE ENSINO**

LAVRAS-MG

2023

GUILHERME GABRIEL OLIVEIRA

**O PROCESSO DE FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: UMA
PROPOSTA DE ENSINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Física, para a
obtenção do título de Licenciado.

Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel
Orientador

LAVRAS-MG

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Guilherme Gabriel.

O processo de formação dos elementos químicos: Uma proposta de ensino / Guilherme Gabriel Oliveira. - 2023.
64 p.: il.

Orientador(a): Antônio Marcelo Martins Maciel.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.
Bibliografia.

1. Nucleossíntese. 2. Nucleogênese. 3. Astrofísica. I. Martins Maciel, Antônio Marcelo. II. Título.

GUILHERME GABRIEL OLIVEIRA

**O PROCESSO DE FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: UMA
PROPOSTA DE ENSINO**

**THE FORMATION PROCESS OF CHEMICAL ELEMENTS: A
TEACHING PROPOSAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Física, para a
obtenção do título de Licenciado.

APROVADA em 25 de julho de 2023.

Dr. Antônio dos Anjos Pinheiro da Silva UFLA

Dra. Helena Libardi UFLA

Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel
Orientador

LAVRAS-MG

2023

*À minha mãe Ana Elizabete por todo carinho e ensinamento, e por ser meu maior
exemplo de coragem, vida e amor.
Ao meu pai José Arimateia pelo exemplo de dedicação e responsabilidade.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Educação em Ciências Físicas e Matemática, e ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas – ICET, pela oportunidade.

Ao professor Antônio Marcelo Martins Maciel, exemplo de profissional e educador, por todas as orientações ao longo do curso, paciência, e pela dedicação para ajudar.

Aos meus colegas e amigos do curso, pelas parcerias ao longo das disciplinas, dos estudos e principalmente pela amizade conquistada.

Aos meus pais, Ana Elizabete e José Arimateia pelo amor e suporte em todas as etapas e decisões da minha vida.

À Duda, pelo companheirismo, dedicação, apoio, amor e torcida em todos os momentos.

À Tina, pelas orientações, confiança e oportunidades para iniciar minha carreira de professor no ensino de Física.

Aos meus alunos que possibilitaram novas experiências, importantes e substanciais na minha vida profissional.

A todos meus familiares, que de alguma forma, me ajudaram e possibilitaram chegar onde estou.

MUITO OBRIGADO!

“Sim, o universo teve um início. Sim, o universo continua a evoluir. E sim, cada um dos átomos de nossos corpos pode ser rastreado até o big bang e as fornalhas termonucleares dentro das estrelas de massa elevada. Não estamos simplesmente no universo, somos parte dele. Nascemos a partir dele. Poder-se-ia até dizer que o universo nos tornou capazes de imaginá-lo, aqui em nosso pequeno canto do cosmos. E apenas começamos a fazê-lo.”

(TYSON, 2015)

RESUMO

Pretendeu-se, neste trabalho, apresentar a origem e a formação dos elementos químicos, fator ligado diretamente à evolução do universo, que compreende o nascimento, a vida e a morte das estrelas, ou seja, sua evolução desde o surgimento do universo. Além disso, buscou-se também a elaboração de uma proposta de ensino que abrangem os conceitos necessários para o entendimento do tema. Para tal, houve uma pesquisa bibliográfica para esclarecer como estes conteúdos foram trabalhados e como estão abordados no ensino. Os resultados dessa busca mostraram que não há muitas tentativas de levar o tema para o ensino, ficando, assim uma possibilidade de abordagem na educação básica. A origem e evolução do universo passou por diversas etapas, como a formação e a evolução estelar assim, para se compreender a origem dos elementos químicos, foi necessário abordar diferentes tópicos e conceitos, como a nucleossíntese e a nucleogênese, processos responsáveis pela formação dos elementos leves no Big Bang, como o hidrogênio, deutério, hélio e lítio, e pela formação dos núcleos atômicos, respectivamente. A proposta de ensino se trata de uma sequência didática, dividida em algumas aulas com conceitos necessários para a compreensão dos conteúdos, como os átomos, modelos atômicos, tabela periódica e os processos da fusão nuclear, parte fundamental e característica na vida das estrelas. Espera-se que este trabalho possa auxiliar professores da educação básica na elaboração e aplicação de aulas com temas de astrofísica.

Palavras-chave: Nucleossíntese. Nucleogênese. Astrofísica. Tabela Periódica. Fusão Nuclear.

ABSTRACT

In this work intended to present the origin and formation of chemical elements. It is a factor directly linked to the evolution of the universe, which comprises the birth, life and death of stars, their evolution since the emergence of the universe. In addition, it was also to elaborate a teaching proposal that covers the concepts necessary for the understanding of the subject. For this, there was a bibliographical research to clarify how these contents were worked and how they were approached in teaching. The results of this search showed that there are not many attempts to bring the subject to teaching, thus leaving a possibility of approaching it in basic education. The origin and evolution of the universe went through several stages, such as stellar formation and evolution, thus, in order to understand the origin of chemical elements, it was necessary to address different topics and concepts, such as nucleosynthesis and nucleogenesis, processes responsible for the formation of light elements in the Big Bang, such as hydrogen, deuterium, helium and lithium, and by the formation of atomic nuclei, respectively. The teaching proposal is a didactic sequence, divided into some classes with concepts necessary for understanding the contents, such as atoms, atomic models, the periodic table and the processes of nuclear fusion, a fundamental and characteristic part of the life of stars. It is expected that this work can help basic education teachers in the elaboration and application of classes with astrophysics themes.

Keywords: Nucleosynthesis. Nucleogenesis. Astrophysics. Periodic Table. Nuclear Fusion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tabela Periódica.....	19
Figura 2 – Abundância dos elementos no processo de nucleossíntese (massa vs tempo).....	20
Figura 3 – Diagrama HR (localização de algumas estrelas).....	22
Figura 4 – Ciclo Próton-Próton	24
Figura 5 – Evolução Estelar	26
Figura 6 – Etapas da hipótese da nebulosa solar	29
Figura 7 – Modelo atômico de Rutherford	36
Figura 8 – Modelo atômico de Bohr.....	37
Figura 9 – Monte um átomo (simulador).....	38
Figura 10 – Forma longa da Tabela Periódica.....	40
Figura 11 – Forma curta da Tabela Periódica.....	41
Figura 12 – Elementos classificados como Metais, Semimetais e Não Metais.....	42
Figura 13 – Estado Físico das Substâncias	43
Figura 14 – Fusão Nuclear.....	47
Figura 15 – Animação do Ciclo do Carbono (A) e do Ciclo Próton-Próton (B).....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	15
3	A FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS.....	18
4	PROPOSTA DE ENSINO	30
4.1	Embasamento teórico	33
4.2	Estrutura das aulas.....	33
4.2.1	Visão geral das aulas	34
4.2.2	Organização e descrição das aulas	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	ANEXOS	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Soares (2016), a astronomia pode ser definida como a ciência que busca compreender o universo, por meio de observações dos corpos celestes e seus diversos conjuntos. Sem sombra de dúvidas, é uma das áreas da ciência que mais tem chamado a atenção, seja pelas suas áreas de estudo ou ainda o contexto que está inserida. O Universo de uma forma geral é fascinante, intrigante e simplesmente fantástico, todos seus objetos de estudo possuem características notáveis para serem aprofundadas. Portanto, em conjunto com a astronomia, a astrofísica e a cosmologia compreendem áreas que são bastante atrativas ao público em geral, e em particular, aos estudantes. Além do caráter motivacional, essas áreas de conhecimento possuem um caráter inerentemente interdisciplinar, considerado de extrema importância para a formação minimamente aceitável do indivíduo e cidadão, que, ao passar dos dias, se torna altamente dependente da ciência e tecnologias (LANGHI; NARDHI, 2012).

Somando-se às justificativas oriundas das pesquisas na área da Educação em Astronomia, os documentos legais para a educação básica, em particular a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) (BRASIL, 2017 e BRASIL, 2018), em sua área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, recomendam estruturar e amplificar aprendizagens essenciais já desenvolvidas até os anos finais do ensino fundamental. Segundo os documentos, o primeiro passo é focar na interpretação de fenômenos naturais e os processos tecnológicos de maneira que possibilite aos diversos estudantes a propriedade de conceitos, procedimentos e teorias das variadas perspectivas das Ciências da Natureza.

Seguindo as justificativas, estes documentos apresentam vários aspectos que os estudantes devem presenciar durante o ensino escolar, por exemplo, estudando temas de astronomia ou ainda astrofísica, o aluno tem contato direto com o que é exigido, se enquadrando de diferentes formas nas competências e habilidades exigidas.

Na Competência Específica 2 (BRASIL, 2018), tem-se o objetivo de os estudantes analisarem e utilizarem interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução do Universo. Com isso, a justificativa para o ensino de astronomia se faz ainda mais presente, como segue nas habilidades próprias para esta competência:

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros). (BRASIL, 2018, p. 557).

Diante do exposto, parece bastante razoável que essas áreas do conhecimento façam parte da formação básica dos estudantes. Entretanto, sabemos que a disciplina astronomia não faz parte do currículo escolar, sendo abordada em alguns momentos por professores de ciências, geografia e física, em diferentes segmentos da educação básica. Porém, num primeiro olhar investigativo, percebemos que muito pouco, ou quase nada de astrofísica e cosmologia estão presentes nos conteúdos programáticos. Entendemos que sua presença se fará de forma mais adequada nas aulas de física, em função das afinidades das duas áreas de conhecimento com a área de física.

A astronomia é uma das ciências mais antigas desenvolvidas pela humanidade, sendo possível encontrar registros de sua utilização nas civilizações egípcia, babilônica, chinesa e assíria há aproximadamente 3000 a. C. Esta destacou-se de modo especial na Grécia antiga entre 600 a. C. a 200 d. C., porém, os níveis de conhecimento a partir desta época só foram ultrapassados no século XVI (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014). Na sala de aula, os períodos citados podem ser trabalhados nas aulas de física desenvolvendo o tópico de Gravitação, apresentando as concepções de universo por Aristóteles, Ptolomeu e Copérnico, e compreendendo as contribuições de Brahe, Kepler, Galileu e Newton.

Já a astrofísica, que se propõe a descrever e melhor compreender a estrutura interna dos corpos celestes presentes no universo, ou seja, as propriedades físicas, como por exemplo a temperatura e a densidade de asteroides, cometas, planetas, estrelas, galáxias, entre outros (SOARES, 2016), teve seu desenvolvimento mais significativo no século XX e não nos parece estar em evidência o momento em que poderíamos propor a inserção de temas de astrofísica, quando nos limitamos a um olhar para os conteúdos habitualmente presentes nas aulas de física.

Sobral (1999) destaca que a contribuição da astrofísica tem sido notória no entendimento de fenômenos dos mais variados, como fenômenos gravitacionais, relativísticos,

estrutura da matéria, entre outros, que, de certa forma, tem proporcionado benefícios à sociedade ao longo do tempo, como desenvolvimentos tecnológicos, eletrônicos, óticos, entre outros. Portanto, considera essencial e necessário que o país tenha cidadãos com conhecimento na área de astrofísica e equipes capacitadas para lidar com o assunto, de modo que contribuam para aumentar e aprofundar cada vez mais o conhecimento sobre o universo, além de poder situar todo o restante da sociedade a respeito da ciência e seus progressos. Assim, nos propomos a desenvolver um material didático com temas de astrofísica para a educação básica, destinado, a princípio, ao professor de física.

Considerando as possibilidades de temas de astrofísica e olhando para as orientações de ensino, assim como as justificativas para o ensino de astronomia, em particular para a interdisciplinaridade, consideramos o estudo sobre o surgimento da matéria, de forma mais específica o surgimento dos elementos químicos, assunto que nos permite iniciar a discussão com o início do universo e em seguida pelo nascimento, vida e morte das estrelas, além de termos a possibilidade de discutir temas de Física Moderna e Contemporânea, como as reações nucleares. Deste modo, definimos por um material didático que abordasse os temas Nucleossíntese e Nucleogênese.

Ao longo da proposta de ensino, com a apresentação e estudo dos temas, existem conceitos que podem demandar um certo aprofundamento, por exemplo, as reações nucleares e seus ciclos, são conceitos bastante complexos, entretanto, o objetivo da apresentação desses conteúdos é compreender a relação com os elementos químicos e transformações, dessa maneira, não se busca estudar as reações de modo aprofundado, a fim de que o aluno deva compreender cada etapa dessas reações, mas sim entender e estar ciente que existem esses processos e são responsáveis pela formação dos elementos químicos.

Assim, quando forem apresentadas as reações nucleares, serão explicadas seus processos e resultados de uma maneira mais simples e de certo modo, de maneira superficial diante de toda a complexidade dos conteúdos, e dessa forma permitirá aos alunos compreender os processos responsáveis pela formação e transformação dos elementos químicos de uma maneira mais branda para o ensino básico.

Este trabalho encontra-se particionado em alguns capítulos, adiante, no capítulo 2, será discutido, a pesquisa bibliográfica realizada a respeito do tema, quais as plataformas utilizadas, os resultados encontrados e também uma breve discussão sobre esses materiais. Logo em seguida, no capítulo 3, serão apresentados os conceitos necessários para a compreensão da origem dos elementos químicos e nesse ponto, haverá a demonstração de vários conceitos, como, por exemplo, as características dos elementos, a classificação na

tabela periódica, número de prótons ou ainda número de massa e estrutura dos átomos, e em seguida, serão apresentadas descrições a respeito da origem do universo e, conseqüentemente, sua evolução e a vida das estrelas. Dessa forma, decorre uma apresentação dos processos responsáveis pela origem do universo, das estrelas e dos elementos químicos. A seguir, no capítulo 4, encontra-se o produto gerado através dos estudos, uma proposta de ensino com os temas e conceitos apresentados no capítulo 3, assim, há uma descrição detalhada sobre como abordar e trabalhar esses temas no ensino básico. Por fim, mas não menos importante, segue o capítulo 5, uma análise e ponderação final a respeito de todo o trabalho produzido e as considerações finais.

2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

O objetivo desta pesquisa bibliográfica consiste em encontrar trabalhos realizados no campo acadêmico com os temas de Nucleossíntese e Nucleogênese, comumente estudados na área da Astrofísica. Segundo Oliveira e Saraiva (2014), a nucleogênese é o processo responsável pela formação dos núcleos atômicos e a nucleossíntese é o processo de formação dos elementos leves no Big Bang, como o hidrogênio, deutério, hélio e lítio, enquanto, os elementos químicos mais pesados foram formados posteriormente no interior das estrelas. A principal justificativa em buscar sobre esses assuntos está no fato de que o trabalho a ser desenvolvido tem foco principal na evolução estelar e origem dos elementos químicos.

A busca foi desenvolvida através de algumas plataformas acadêmicas, sempre com o intuito de encontrar trabalhos orientados aos temas e ao ensino de física. Inicialmente, foram pesquisados artigos em revistas no campo do ensino de física e de ciências e, na sequência, a investigação em teses e dissertações que contemplem o ensino do tema.

A primeira plataforma pesquisada foi o RELEA (Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia) é um periódico onde se publica artigos de pesquisa empírica, ensaios teóricos e resenhas no campo da educação em Astronomia, abrangendo trabalhos em português, inglês e espanhol. Tanto a nucleogênese quanto nucleossíntese não retornaram resultados na plataforma.

Na SciELO (Scientific Eletronic Library Online), uma biblioteca virtual com revistas científicas brasileiras em formato eletrônico, que dentre muitas, podemos destacar a Revista Brasileira de Ensino de Física, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, e Ciência & Educação, foram pesquisadas as palavras-chave nucleogênese e nucleossíntese e encontramos 1 trabalho.

A plataforma EENCI (Experiências em Ensino de Ciências), é uma revista eletrônica dedicada exclusivamente ao ensino de ciências, construída e publicada pelo grupo de ensino do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com alguns parceiros e atualmente é publicada pelo grupo de ensino do Instituto de Física da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Foram pesquisadas as palavras-chave nessa plataforma, mas, assim como na RELEA, não foram encontrados trabalhos com os termos nucleossíntese ou nucleogênese.

O Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) é uma publicação do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desde o final de 1984. As palavras-chave buscadas na plataforma não retornaram trabalhos.

Em razão do baixo número de trabalhos encontrados, e buscando por propostas de ensino, ampliamos nossa pesquisa no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), no qual encontramos registros de dissertações e teses concluídas nos diversos programas de pós graduação do país. Utilizando as palavras-chave nucleossíntese e nucleogênese, obtivemos alguns trabalhos, mas apenas um desenvolvido em programa na área de ensino.

Portando, estes foram os resultados:

Quadro 1 - Resultados da Pesquisa

Palavra-chave \ Plataforma	RELEA	SciELO	EENCI	CBEF	CAPES
<i>Nucleossíntese</i>	0	1	0	0	1
<i>Nucleogênese</i>	0	1	0	0	0

Fonte: Do autor (2023)

Em suma, nas cinco plataformas pesquisadas, foi possível encontrar apenas 2 resultados, sendo estes, os trabalhos: As linhas fronteiras dos constituintes da matéria de Galetti e Mizrahi (2018) e Do Big-Bang ao Urânio: As Nucleossínteses Primordial, Estelar e Explosiva - Uma abordagem para o Ensino Médio, de Pedrosa (2013).

O primeiro trabalho apresenta uma boa descrição do processo de nucleossíntese, explica de maneira clara e objetiva sobre a cadeia de reações presentes na formação dos elementos, identificado como um bom material para que possamos explicar e apresentar a evolução estelar e a nucleossíntese em si. Apesar disso, a orientação para o ensino encontra-se ausente, o material faz boas descrições, porém não há demonstração de interesse em levar o conteúdo para dentro de uma sala de aula por exemplo, então não se faz presente temáticas voltadas ao ensino, somente à divulgação de conteúdos, sendo a nucleossíntese um deles.

O segundo trabalho traz uma boa perspectiva do ensino de física no nível médio, que vão desde a organizações de conteúdo às dificuldades enfrentadas pelo professor ao trabalhar com estes temas. Este trabalho segue uma linha parecida com o anterior no quesito explicação dos conceitos, o diferencial é o seu objetivo em ser aplicado ao ensino e servir também como suporte ao professor. Nota-se que a linguagem é mais simples em relação ao primeiro trabalho, se dá de uma maneira educacional. Portanto, se torna um bom material para que seja

possível demonstrar a evolução estelar e, mais precisamente, com produtos educacionais, como textos explicativos, atividades e representações.

Dessa maneira, nos materiais encontrados, há os conceitos expostos, alguns de forma clara e outros de forma mais complexas e assim, com relação à explicação sobre a evolução do universo e a estelar, partes fundamentais nos temas buscados, é possível encontrá-los, apesar do número de trabalhos ser pequeno. Com relação à orientação para o ensino, somente um dos trabalhos a apresenta e, contudo, pode-se concluir que há, então, uma escassez em materiais com relação aos temas para o ensino e trabalhos propostos. Assim, cabe aqui direcionar uma investigação em materiais didáticos, analisando conteúdos e explicações para verificar a possibilidade de levar o assunto para a educação básica.

Bem como para estes conteúdos serem trabalhados, existem alguns materiais que descrevem os processos responsáveis pelo surgimento dos elementos químicos, as estrelas e demais corpos celestes, materiais estes focados em divulgação científica. Autores e cientistas como Tyson (2015), Hawking (2015) e Oliveira e Saraiva (2014) apresentam trabalhos na área, e serão apresentados na próxima seção, que se trata da formação dos elementos químicos.

3 A FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Para que um produto de ensino seja gerado, devemos nos orientar primeiramente sobre os temas e conteúdo que este abrangerá. Segundo Tyson (2015), em torno de 14 bilhões de anos atrás, cabiam dentro da cabeça de um alfinete toda energia e toda matéria do universo conhecido. Nas condições iniciais, o universo era suficientemente quente para que os fótons convertessem espontaneamente sua energia em pares de partículas matéria-antimatéria, que se aniquilavam, de forma que devolviam sua energia em forma de fótons.

Com o passar do tempo, o universo começou a esfriar e, dessa forma, os elétrons puderam se mover com uma certa lentidão, o que possibilitou a formação de átomos completos, como ainda menciona Tyson:

Durante um período de aproximadamente três minutos, a matéria se transformou em prótons e nêutrons, muito dos quais se combinaram para transformarem-se nos núcleos atômicos mais simples [...]. Quando o Universo esfriou abaixo de uns poucos milhares de graus Kelvin [...] os elétrons se moveram com suficiente lentidão para serem capturados da sopa¹ pelos núcleos errantes e passaram a formar átomos completos de Hidrogênio, Hélio e Lítio, os três elementos mais leves. (TYSON, 2015, p. 22-23).

Estudar a formação dos elementos químicos sempre nos remete ao surgimento do universo e, a partir daí, seguimos nos processos de nucleossíntese ou nucleogênese, entretanto, estes elementos não têm sua formação excepcionalmente no início do universo. Dessa forma, quando abordamos questões sobre de onde surgiram os elementos químicos presentes na Terra, por exemplo, estamos nos direcionando a estudar mais sobre o nascimento, a vida e a morte das estrelas, fato que está diretamente ligado ao surgimento dos elementos químicos.

Representar os elementos químicos vai muito além de escrever seu símbolo, como o elemento hidrogênio, representado por *H*. Nesse contexto, tem-se algo a mais nesses símbolos e também na tabela onde estão representados os elementos, a tabela periódica. O que define um elemento químico é o número de prótons que o mesmo possui em seu núcleo. Segundo Galetti & Mizrahi (2018), um núcleo é especificado pelo seu número de massa, $A = Z + N$, sendo *Z* o número de prótons que o elemento possui em seu núcleo e *N* o número de nêutrons

¹ Definida por Tyson (2015), sopa é a dispersão de fótons de um lado para outro devido a presença de elétrons livres no início do universo, ou seja, os elétrons livres criaram naquele momento uma sopa opaca de matéria e energia.

que ele contém. Como os átomos podem se apresentar com diferentes configurações, há nomes específicos, como nuclídeos, sendo os átomos que possuem número de massa e números atômicos diferentes. Já os isótopos são os átomos com o mesmo número de prótons, mas com números diferentes de nêutrons. A representação destes elementos se dá pela forma A_ZX ou ainda A_ZX_N , sendo X o símbolo do próprio elemento. Por exemplo, o elemento químico Hidrogênio é representado por 1H , já seus isótopos são o Deutério (2H) e o Trício (3H). Além disso, na tabela periódica, os elementos químicos estão organizados em ordem crescente de número de prótons, como observado na Figura 1.

Figura 1 – Tabela Periódica

Tabela periódica

3	Li
—	—
—	—
—	—
6,94	lítio


— número atômico

— símbolo químico

— nome

— peso atômico (massa atômica relativa)

1	2											13	14	15	16	17	18
1 H hidrogênio 1,008												5 B boro 10,81	6 C carbono 12,011	7 N nitrogênio 14,007	8 O oxigênio 15,999	9 F flúor 18,998	10 Ne neônio 20,180
3 Li lítio 6,94	4 Be berílio 9,0122											13 Al alumínio 26,982	14 Si silício 28,085	15 P fósforo 30,974	16 S enxofre 32,06	17 Cl cloro 35,45	18 Ar argônio 39,95
11 Na sódio 22,990	12 Mg magnésio 24,305	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al alumínio 26,982	14 Si silício 28,085	15 P fósforo 30,974	16 S enxofre 32,06	17 Cl cloro 35,45	18 Ar argônio 39,95
19 K potássio 39,098	20 Ca cálcio 40,078(4)	21 Sc escândio 44,956	22 Ti titânio 47,867	23 V vanádio 50,942	24 Cr cromio 51,996	25 Mn manganês 54,938	26 Fe ferro 55,845(2)	27 Co cobalto 58,933	28 Ni níquel 58,693	29 Cu cobre 63,546(3)	30 Zn zinco 65,38(2)	31 Ga gálio 69,723	32 Ge germânio 72,630(6)	33 As arsênio 74,922	34 Se selênio 78,971(8)	35 Br bromo 79,904	36 Kr criptônio 83,798(2)
37 Rb rubídio 85,468	38 Sr estrôncio 87,62	39 Y ítrio 88,906	40 Zr zircônio 91,224(2)	41 Nb nióbio 92,906	42 Mo molibdênio 95,95	43 Tc tecnécio	44 Ru rútenio 101,07(2)	45 Rh ródio 102,91	46 Pd paládio 106,42	47 Ag prata 107,87	48 Cd cádmio 112,41	49 In índio 114,82	50 Sn estanho 118,71	51 Sb antimônio 121,76	52 Te telúrio 127,60(3)	53 I iodo 126,90	54 Xe xenônio 131,29
55 Cs césio 132,91	56 Ba bário 137,33	57 a 71	72 Hf hafnio 178,486(6)	73 Ta tântalo 180,95	74 W tungstênio 183,84	75 Re rênio 186,21	76 Os ósio 190,23(3)	77 Ir irídio 192,22	78 Pt platina 195,08	79 Au ouro 196,97	80 Hg mercúrio 200,59	81 Tl talho 204,38	82 Pb chumbo 207,2	83 Bi bismuto 208,98	84 Po polônio	85 At astato	86 Rn radônio
87 Fr frâncio	88 Ra rádio	89 a 103	104 Rf rutherfordio	105 Db dubnio	106 Sg seabórgio	107 Bh bohrio	108 Hs hássio	109 Mt metelnio	110 Ds darmastádio	111 Rg roentgênio	112 Cn copernício	113 Nh nihônio	114 Fl fleróvio	115 Mc moscóvio	116 Lv livermório	117 Ts tennesso	118 Og ognessônio
www.tabelaperiodica.org																	
57 La lantânio 138,91	58 Ce cério 140,12	59 Pr praseodímio 140,91	60 Nd neodímio 144,24	61 Pm promécio	62 Sm samário 150,36(2)	63 Eu europio 151,96	64 Gd gadolínio 157,25(3)	65 Tb térbio 158,93	66 Dy disprósio 162,50	67 Ho hólmio 164,93	68 Er érbio 167,26	69 Tm itúlio 168,93	70 Yb itêrbio 173,05	71 Lu lutécio 174,97			
89 Ac actínio	90 Th tório 232,04	91 Pa protactínio 231,04	92 U urânio 238,03	93 Np neptúmio	94 Pu plutônio	95 Am américio	96 Cm cúrio	97 Bk berquélio	98 Cf califórnio	99 Es einstênio	100 Fm fêrmio	101 Md mendelévio	102 No nobélio	103 Lr laurêncio			



Este QR Code dá acesso gratuito a centenas de vídeos e imagens sobre os elementos químicos.

Licença de uso Creative Commons BY-NC-SA 4.0 - Use somente para fins educacionais
Caso encontre algum erro favor avisar pelo mail luishrudna@gmail.com
Versão IUPAC/IBQ (pt-br) com 9 algoritmos significativos, baseada em DOI:10.1515/ptac-2015-0305 - atualizada em 23 de fevereiro de 2022

Fonte: tabelaperiodica.org

Tyson (2015) faz uma boa pergunta sobre a tabela periódica e a responde de uma maneira bem instigável, de onde podemos nos perguntar como surgiu os elementos no universo.

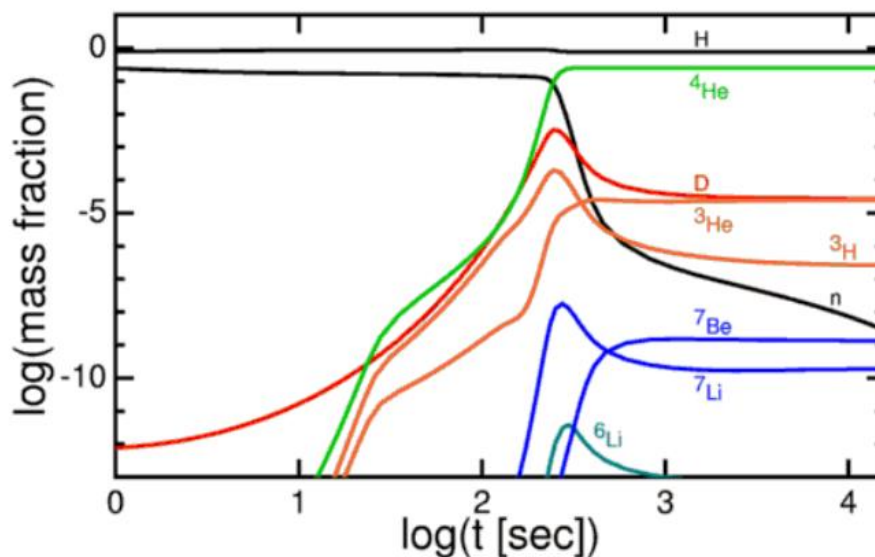
O que a tabela periódica significa para você? Sendo como a maioria de ex-estudantes, você vai lembrar de uma gigantesca tabela na parede da sua aula de ciência, turbinado com misteriosas caixas nas quais letras e símbolos crípticos murmuravam contos de laboratórios empoeirados a serem evitados por jovens almas em fase de transição. Mas aqueles que conhecem seus segredos, essa tabela conta cem histórias da violência cósmica que deu origem a seus componentes. (TYSON, 2015, p. 165).

Sobre o universo, admite-se que o mesmo tenha começado na singularidade do Big Bang, na grande explosão primordial, que, segundo Hawking (2015), foi prevista na teoria da Relatividade Geral de Einstein. Estima-se que, na grande explosão, o universo seria infinitamente quente e, à medida em que o mesmo se expandiu, essa temperatura sofreu um decréscimo, sendo constituído então de fótons, elétrons e neutrinos, além de suas antipartículas e também prótons e nêutrons. De acordo com Galetti e Mizrahi (2018), a nucleossíntese baseada no Big Bang passa por três etapas de evolução.

A primeira etapa (tempo $t < 0,01s$ e temperatura $T \sim 10^{11}$ K) consiste na explosão e expansão súbita de “nosso Universo” com grande abundância de fótons com relação àquela de núcleons²; o modelo estima $10^9:1$. Na segunda delas ($t < 1s$ e $T \sim 10^{10}$ K [...]) estabelece um equilíbrio entre a existência de prótons e nêutrons na razão 6:1. Na terceira ($t \sim 1min$ e $T \sim 1 - 3 * 10^9$ K) o elemento 4He é produzido e elementos mais pesados também o serão subsequentemente, embora suas abundâncias relativas sejam ainda muito pequenas. (GALETTI; MIZRAHI, 2018, p. 3).

Para se ter ideia da abundância destes elementos no universo, há, presente na Figura 2, uma relação entre a presença dos elementos químicos no processo da nucleossíntese e o tempo.

Figura 2 – Abundância dos elementos no processo de nucleossíntese (massa vs tempo)



Fonte: Edward L. W. - Big Bang Nucleosynthesis (2012)

À medida em que o universo continuava a se expandir e conseqüentemente a esfriar, haviam regiões que estavam mais densas do que o restante e dessa forma, aconteceu uma

² Recebem de maneira genérica o nome de núcleons, os prótons e nêutrons (GALETTI; MIZRAHI, 2018).

desaceleração devido à interação gravitacional, resultando então em regiões que entraram em colapso e passaram a girar levemente. Mas, ao passo em que essas regiões ficaram cada vez menores, passaram a girar com maior rapidez, de modo que, quando houvesse velocidade o bastante para equilibrar a força da gravidade, conseguiriam, então, criar as primeiras galáxias em forma de disco. As regiões que não entraram em rotação deram início às galáxias elípticas. À medida em que o tempo passou, os átomos de hidrogênio e hélio nessas galáxias se desmembraram em nuvens menores e acabaram entrando também em colapso. Com isso, conforme foram colidindo, a temperatura aumentou, até o momento em que teriam temperatura suficiente para dar início à fusão nuclear. Com essas reações nucleares, houve ainda mais a conversão de hidrogênio em hélio, aumentando a pressão e impedindo essas nuvens de se contraírem ainda mais, permanecendo então estáveis, criando dessa forma corpos celestes, que comumente chamamos de estrelas (HAWKING, 2015).

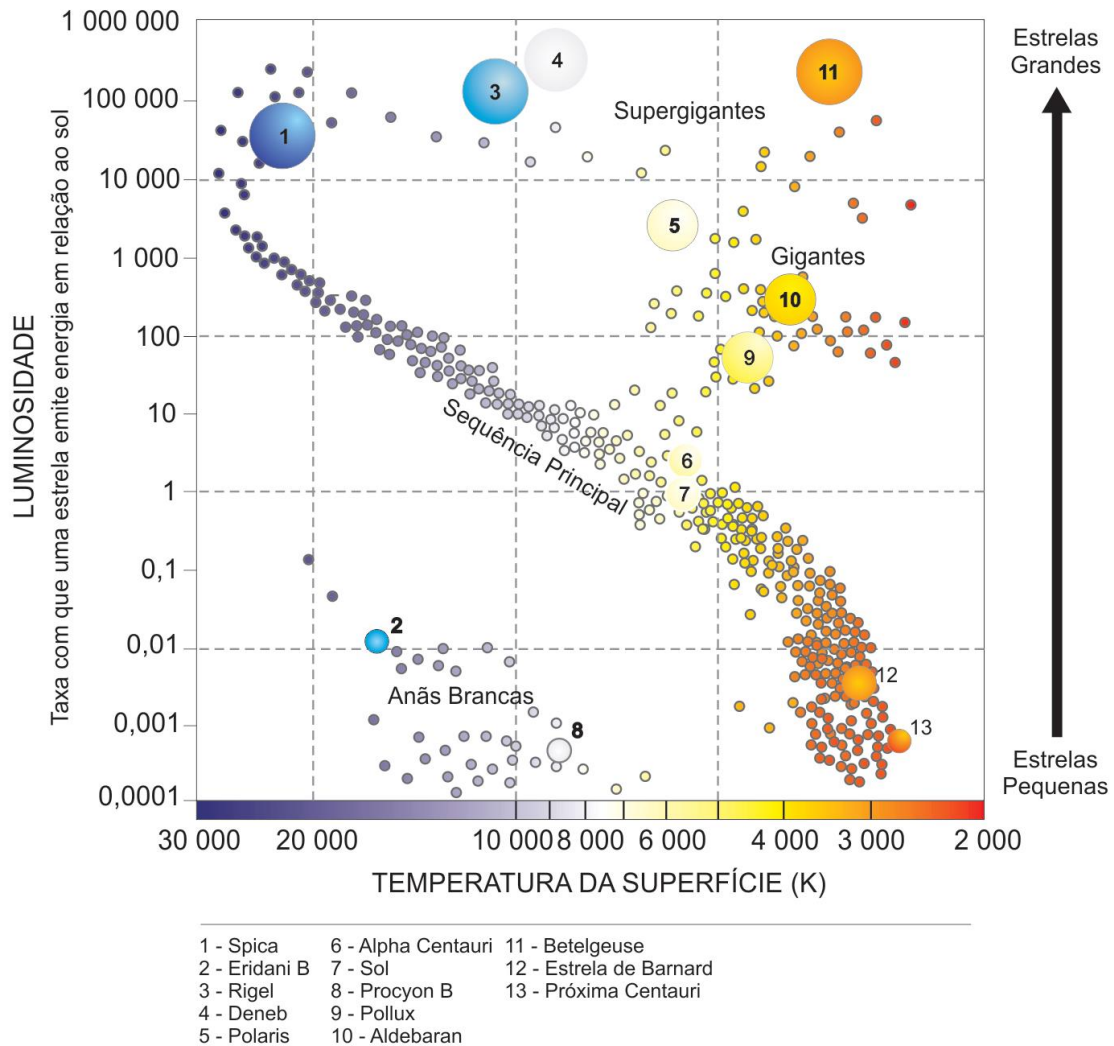
Segundo Oliveira e Saraiva (2014), estrelas são esferas autogravitantes de gás ionizado, cuja a fonte de energia é a transformação de elementos através de reações nucleares, ou seja, a fusão nuclear de hidrogênio em hélio e, posteriormente, em elementos mais pesados. As estrelas podem ser encontradas com massas entre 0,08 e 100 vezes a massa do Sol, sendo a massa do Sol estimada e definida como $M_{\odot} = 1,9891 \times 10^{30}$ Kg, e temperaturas entre 2.500 e 30.000 Kelvin.

As estrelas podem ser encontradas com diferentes luminosidades, temperaturas e massas. Assim, pode-se classificá-las de acordo com o momento atual que se encontram. Logo, foi criado o Diagrama HR. Foi criado pelo dinamarquês Ejnar Hertzsprung, em 1911 e pelo americano Henry Norris Russel, em 1913. Hertzsprung fez a descoberta de que as estrelas com a mesma cor poderiam ser divididas entre as poucas luminosas, chamadas de anãs e as luminosas chamadas de gigantes. Já Russel deu continuidade aos estudos de Hertzsprung para as estrelas mais quentes, identificando as 300 estrelas medidas naquela época. As estrelas estão dispostas no diagrama HR de uma forma aleatória, mas com algumas concentrações em certos pontos, dessa forma é perceptível aos olhos humanos uma faixa diagonal, chamada de sequência principal. Nessa faixa diagonal estão localizadas as estrelas massivas, que são por consequência as mais luminosas e quentes, são conhecidas como anãs e a classificação de luminosidade V. As estrelas localizadas abaixo da sequência principal são denominadas anãs brancas, estrelas quentes e com baixa luminosidade. Já as que estão localizadas acima dessa sequência são tidas como estrelas luminosas e frias, chamadas de gigantes, com a classificação de luminosidade II ou III, e ainda mais acima dessas estrelas

encontram-se as supergigantes, sendo ainda mais luminosas que as gigantes e com classe de luminosidade I (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

Abaixo, na Figura 3, encontra-se o diagrama HR com a localização de algumas estrelas conhecidas, como Rigel, Polaris, Alpha Centauri, Betelgeuse, entre outras.

Figura 3 – Diagrama HR (localização de algumas estrelas)



Fonte: OLIVEIRA; SARAIVA (2014)

Como pode ser visto no diagrama HR, existe essa classificação a respeito da luminosidade das estrelas. Através dela, é possível classificar as estrelas em relação ao seu tamanho por exemplo. Como mencionado, as massas das estrelas podem variar de 0,08 a 100 massas solares, já a luminosidade das mesmas varia de 10^{-4} a 10^6 vezes a luminosidade do Sol (L_{\odot}).

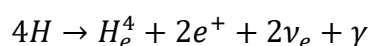
Oliveira e Saraiva (2014) apresentam de uma forma clara as classificações sobre as estrelas e suas massas, que vão desde as estrelas mais luminosas até as de baixa luminosidade.

As estrelas mais massivas que existem são estrelas azuis com massas de até 100 massas solares. Suas magnitudes absolutas são em torno de -6 a -8, podendo, em alguns casos raros, chegar a -10 ($10^{+6}L_{\odot}$) [...]. Outra categoria de estrelas muito luminosas são as gigantes e supergigantes, [...]. Essas estrelas chegam a ser milhares de vezes mais luminosas do que o Sol (no caso das supergigantes) e seus tamanhos são muito maiores do que o Sol. [...] Essas supergigantes vermelhas, tendo luminosidades e tamanhos extremamente grandes, têm densidades extremamente pequenas. [...] As estrelas mais comuns são estrelas vermelhas (frias) e de baixa luminosidade, chamadas de anãs vermelhas. Os objetos de massas e luminosidades ainda menores, chamados de anãs marrons, por serem muito fracos, são muito difíceis de serem detectados. [...] anãs marrons são protoestrelas de massa menor de 0,08 massas solares, correspondendo a 73 massas de Júpiter, que nunca queimarão o hidrogênio e nunca atingirão a sequência principal. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014, p. 251-252).

Sabe-se então que a formação dos elementos químicos tem início no começo do universo e na evolução estelar, antes de entendermos de fato da evolução estelar, tentemos compreender primeiro como uma estrela consegue formar elementos químicos. Como já mencionado, o processo responsável por produzir os elementos no interior de uma estrela é a fusão nuclear.

Segundo Hewitt (2015), têm-se energia quando núcleos leves se fundem, significando que, estes se combinaram, dando-se então o processo chamado de fusão nuclear. Para que ocorra a fusão, os núcleos devem estar à altíssimas velocidades, o que gera uma dependência de altas temperaturas, encontradas por exemplo no Sol e em outras estrelas. Dessa forma, para a fusão em temperaturas extremas, é dada o nome de fusão termonuclear.

De acordo com Oliveira e Saraiva (2014), o alemão Hans Albrecht Bethe (1906-2005) elaborou uma teoria sobre como a fusão nuclear poderia gerar a energia no interior das estrelas e as fazerem brilhar, o que lhe rendeu um prêmio Nobel. Bethe explicou como quatro prótons poderiam ser combinados e transformados em um núcleo de Hélio e liberando energia prevista por outros cientistas. O ciclo próton-próton, detalhado na Figura 4, é um processo que necessita de temperaturas superiores a $8 * 10^6$ K e é definido como:



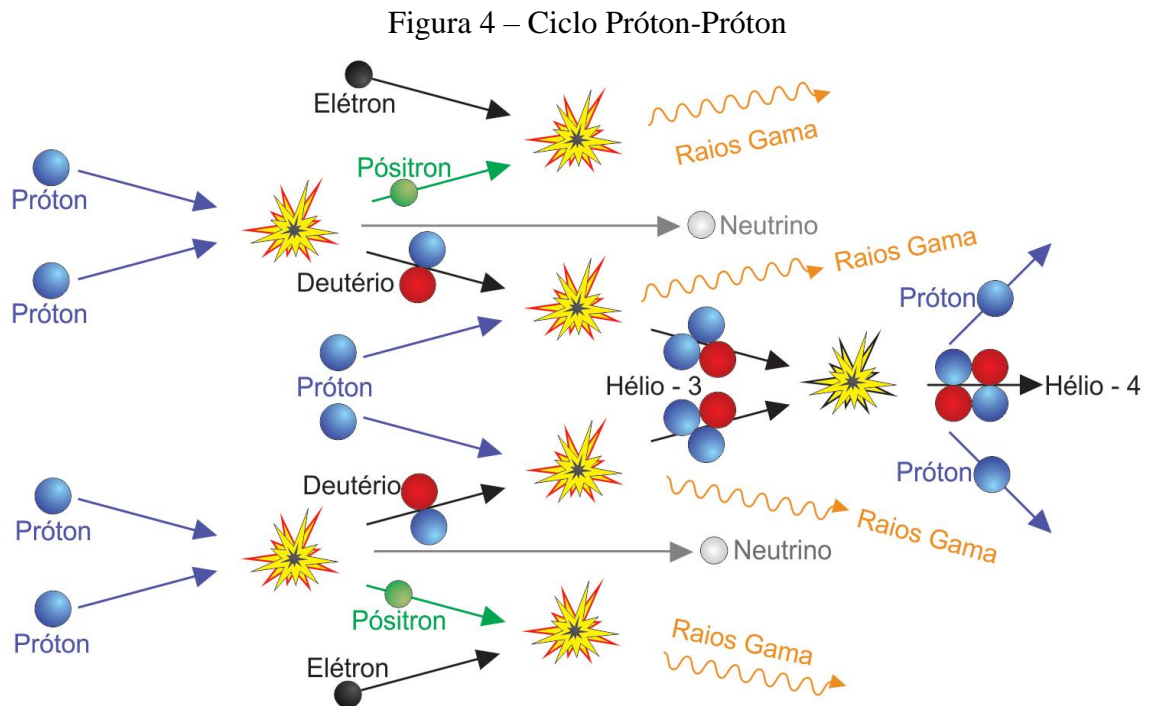
Em que e^+ são pósitrons³, ν é uma partícula com massa e carga elétrica nulas, comumente chamadas de neutrinos⁴ e γ são os raios- γ .

³ Pósitron é o nome dado a um elétron com carga elétrica positiva (GALETTI; MIZRAHI, 2018).

⁴ Partículas que interagem muito fracamente com prótons e nêutrons, mas essenciais para preservar leis da conservação de energia (GALETTI; MIZRAHI, 2018).

O ciclo próton-próton consiste em quatro prótons, sendo estes, núcleos de hidrogênio, que colidem, gerando em cada colisão um pósitron, um neutrino e um núcleo de deutério.

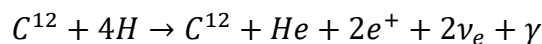
A representação na Figura 4 identifica o processo próton-próton:



Fonte: OLIVEIRA; SARAIVA (2014)

Dessa forma, um elétron fora dessa cadeia de reação acaba colidindo com um pósitron, se aniquilando, emitindo então fótons com uma quantidade alta de energia, chamada de raios gama, já o núcleo de deutério colide com um próton gerando um novo núcleo, o Hélio-3 e emite energia. Já a última etapa desse ciclo, consiste em dois núcleos de Hélio-3 se fundindo em um núcleo de Hélio-4 e dois prótons, iniciando novamente o ciclo próton-próton. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

O Ciclo do Carbono, descreve uma cadeia complexa de reações nucleares, em que átomos de nitrogênio e carbono se unem formando um catalisador⁵ para a fusão nuclear:



É de conhecimento geral que o ciclo carbono tem uma baixa contribuição na geração de energia de estrelas com pouca massa, como o Sol por exemplo, porque é necessário altas temperaturas, das quais não são encontradas no Sol, mas são encontradas em estrelas mais massivas com temperaturas na faixa dos 4×10^8 K (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

⁵ Responsável por acelerar uma reação química de modo que a não altere (UFRGS, 2022).

Até aqui, têm-se discutido a formação de galáxias, estrelas e alguns elementos, mas não se chega ao fim da formação dos elementos químicos nesse ponto, existem ainda outros elementos que se formam na extensa vida das estrelas. Algumas estrelas se formaram com a união de elementos já mencionados anteriormente, entretando, ao longo de sua vida, elas fornecem ao universo novos elementos e também outras estrelas, por exemplo o Sol, que não nasceu da combinação de Hidrogênio e Hélio, mas sim de outra estrela, como explicado a seguir:

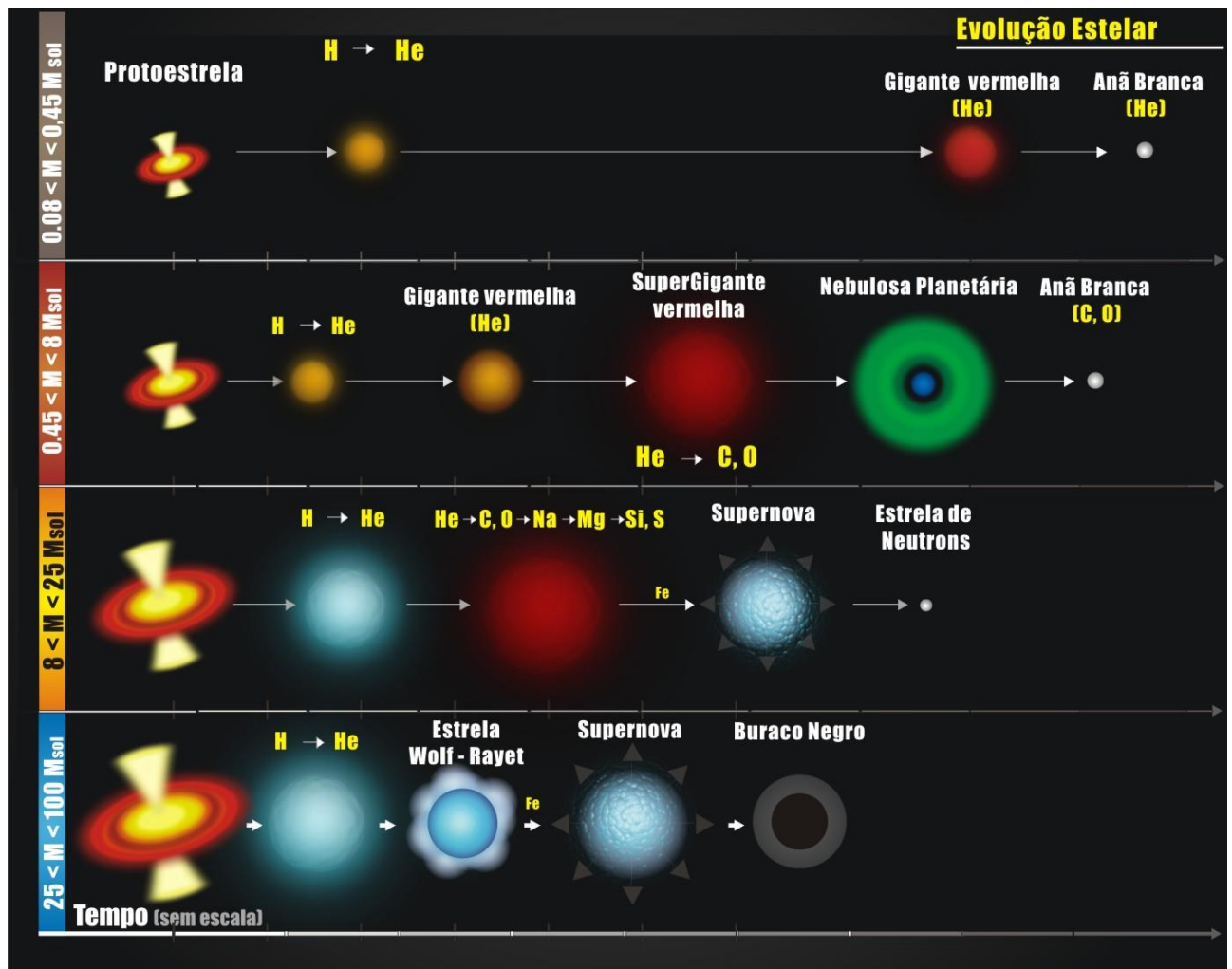
Como o Sol tem 4,5 bilhões de anos, ele não nasceu do material primordial (hidrogênio e hélio) que preenchia o Universo cerca de 500.000 anos após o Big Bang, mas sim de material já reciclado. Esse material passou alguns bilhões de anos em uma estrela que se tornou uma supergigante e explodiu como supernova⁶, ejetando hidrogênio e hélio no espaço, juntamente com cerca de 3% de elementos mais pesados, como carbono, oxigênio, enxofre, cloro e ferro que tinham sido sintetizados no núcleo da supergigante, antes desta tornar-se uma supernova. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014. p. 260).

Estudar a formação e evolução das estrelas depende de fatores como massa inicial e sua interação com outras estrelas, como estrelas em sistemas binários, cujos fatores da evolução dependem também da separação entre as estrelas. Como já mencionado, Hawking (2015), afirma que à medida em que o tempo passou, houveram regiões colapsadas que formaram nuvens de gás, ou protoestrelas, e a partir do momento que a temperatura atingia altos valores, desencadearam-se a fusão nuclear, tornando-se estrelas, responsáveis por converter hidrogênio em hélio no núcleo. Relatado por Oliveira & Saraiva (2014), se o corpo celeste tiver massa menor que $0,08 M_{\odot}$, haverá a formação de uma anã marrom, se a massa for de $0,08 M_{\odot}$ a $0,45 M_{\odot}$, haverá a formação de uma anã branca com núcleo de hélio, já as estrelas com massa de até $1,75 M_{\odot}$ serão responsáveis por transformar hidrogênio em hélio pelo ciclo próton-próton. As estrelas mais massivas queimam o hidrogênio pelo ciclo do carbono. Quando estas consomem todo o hélio contido no núcleo, passam para o ramo das supergigantes, nessa fase da vida da estrela, já está acontecendo a queima do hélio, do carbono, do oxigênio, do neônio, do magnésio, do silício, até o núcleo se transformar em ferro. Nesse momento, não existe como retirar energia com a fusão nuclear, então, a estrela entra em colapso, ejetando para o universo uma porcentagem de sua massa como supernova, restando no fim, uma estrela de nêutrons ou um buraco negro.

⁶ Uma estrela que explode ao final de seu período de vida de fusão nuclear [...]. As Supernovas produzem e distribuem elementos mais pesados que o hidrogênio e o hélio por todo o espaço interestelar (TYSON, 2015).

Há uma representação na Figura 5, do processo de evolução estelar.

Figura 5 – Evolução Estelar



Fonte: OLIVEIRA; SARAIVA (2014)

Como visto acima, há diferentes tipos de evolução para uma Protoestrela, havendo então dependência da massa inicial da mesma, quando esta não participa de um sistema binário ou múltiplo, como mencionado.

Portanto, uma estrela que tenha nascido com massa menor que $0,8 M_{\odot}$, pela idade em que o Universo se encontra, ainda não foi possível que esta tenha saído da sequência principal. Uma estrela que tenha nascido com massa de $0,8 M_{\odot}$ a $10 M_{\odot}$, depois de consumir todo seu hidrogênio, passará a ser uma gigante e posteriormente uma supergigante, caminhando então para a fase em que será uma nebulosa planetária⁷, e por fim se transformará

⁷ São nuvens de gás iluminadas por estrelas, localizadas dentro da nuvem; Gases ejetados por estrelas no estágio final de sua vida (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

em uma anã branca com massa $0,6 M_{\odot}$. Estrelas iniciadas com massa de $10 M_{\odot}$ a $25 M_{\odot}$, após passarem pela fase da supergigante, ejetarão boa parte de sua massa através de uma explosão de supernova e chegarão ao fim de sua vida se tornando uma estrela de nêutrons de massa aproximada de $1,4 M_{\odot}$. Caso a estrela tenha iniciado a sua vida com massa de $25 M_{\odot}$ a $100 M_{\odot}$, após se transformar em uma supernova, será transformada em um buraco negro com massa chegando à $6 M_{\odot}$. Já as estrelas de massas iniciais superiores a $100 M_{\odot}$, ejetará uma certa quantidade de sua massa enquanto estiver na sequência principal e posteriormente evoluirá como uma estrela de massa de até $100 M_{\odot}$ (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

Para que uma estrela saia da sequência principal, ela deve consumir pelo menos 10% de seu combustível. Em uma estrela com $5 M_{\odot}$ que contém metais, a queima do H se dá pelo ciclo do carbono, quando evolui para uma gigante, nos locais onde o hidrogênio já foi transformado em hélio, ocorre a transformação do N^{14} chegando à atmosfera da estrela. Já uma anã branca com massa maior que $0,8 M_{\odot}$ que faz parte de um sistema binário, pode ocorrer da estrela que a acompanha expandir quando estiver nas fases gigante ou supergigante, de forma que transfira parte de sua massa para anã branca, fazendo com a mesma exploda em uma supernova ejetando algo em torno de $0,6 M_{\odot}$ de sua massa na forma do elemento Fe , produzido na explosão. Estrelas com massas superiores a $10 M_{\odot}$, depois da fase de se tornar uma gigante e conseqüentemente uma supergigante, apresentam temperaturas nucleares extremamente altas, com bilhões de Kelvin, dessa forma permite a produção sucessivamente os elementos O^{16} , Mg^{24} , Si^{28} , S^{32} , Cl^{35} , Ca^{40} , Sc^{45} , Ti^{48} , ... , Fe^{56} , em alguns milhões de anos. Sendo então, o elemento Fe^{56} o fim do processo, pois as estrelas não têm mais energia para conseguirem fundir o elemento, e finalizam sua vida em uma supernova. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

Ainda de acordo com Oliveira e Saraiva (2014), a explosão em uma supernova acontece quando a estrela chega a sua fase final na produção do elemento ferro, mas o processo acontece pelo fato de que, após a formação do núcleo do ferro, o núcleo colapsa violentamente em alguns segundos sob o peso de sua própria atração gravitacional, e dessa forma, ocorre que não há mais combustível e não existe como liberar energia nuclear. No processo de explosão, as camadas superiores da estrela, com cerca de 90% da massa colapsam sobre esse núcleo e após o comprimirem tanto até o limite das leis da física, são expulsos para fora com velocidades altíssimas, cerca de milhares de quilômetros por segundo. Há tanta energia liberada nesse colapso que ela brilha com a luminosidade de uma galáxia de 200 bilhões de estrelas.

Dessa forma, é possível concluir que os elementos químicos vão ser formados tanto no início do universo, assim como durante a vida das estrelas, gerando os elementos por reações químicas, explosões e ejeções de massa, assim como esclarece Oliveira e Saraiva (2014), explicando que os elementos químicos que foram concebidos em reações nucleares no interior das estrelas e expelidos em explosões de supernovas produzem a evolução química do Universo e originam o carbono e outros elementos que posteriormente colapsam, formando sistemas solares, planetas e até mesmo os seres humanos.

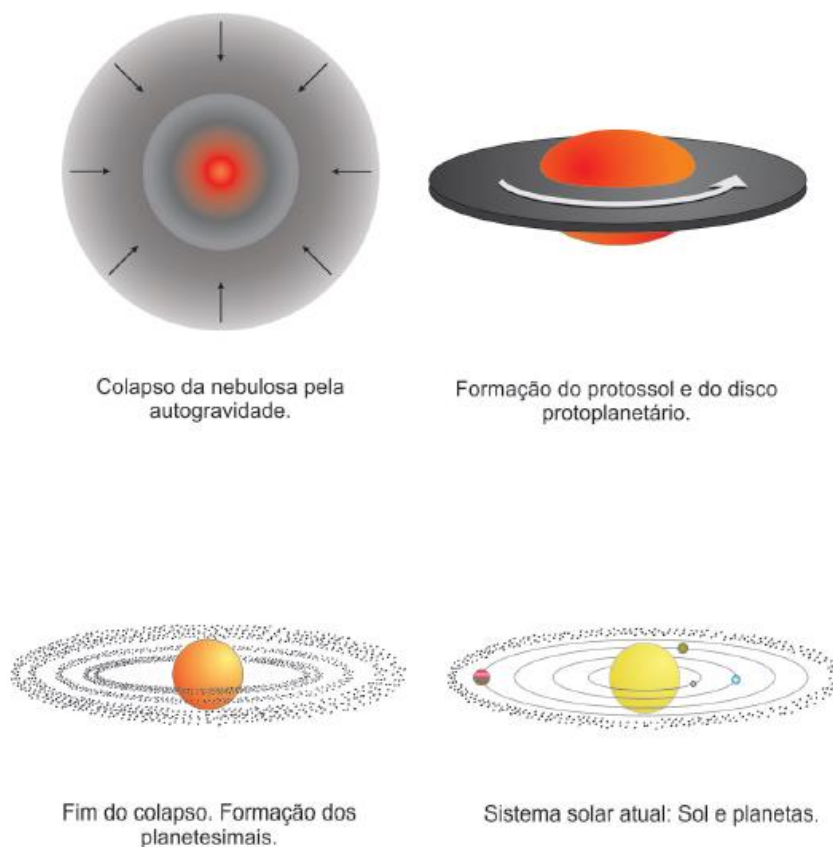
Pensando no sistema solar, uma suspeita para seu surgimento é a hipótese nebular, sugerida em 1755 por Immanuel Kant (1724-1804), um filósofo alemão e posteriormente desenvolvida por Pierre-Simon de Laplace (1749-1827), um matemático francês por volta de 1796. Segundo Laplace, como todos os planetas estão em um mesmo plano, giram ao redor do Sol e em torno de si mesmos na mesma direção, com exceção de Vênus, só poderiam ter se originado de uma mesma exorbitante nuvem de elementos em rotação. Segundo Oliveira e Saraiva (2014), essa suspeita traria uma forte sugestão de que uma grande nuvem de gás interestelar em rotação, a nebulosa solar, colapsou para dar origem ao Sol e aos planetas. Quando começou a contração, a força gravitacional dessa nuvem atuou sobre si mesma acelerando o colapso, e à medida em que isso ocorria, a rotação da nuvem aumentava e com o passar do tempo, a massa de gás em rotação assumiria uma forma discoidal, com uma concentração no centro que originou o Sol, já os planetas teriam se formado a partir do material restante no disco. Existem observações modernas que indicam que muitas nuvens de gás interestelar estão no processo de colapso para formar estrelas, e a contribuição moderna à hipótese nebular, desenvolvida por Carl Friedrich Freiherr von Weizsäcker (1912-2007), refere-se a como os planetas se formaram a partir do gás no disco, uma vez que essa nuvem colapsou, e começou a resfriar, apenas o proto-sol manteve sua temperatura, e através desse resfriamento, houve uma condensação dos elementos, que deu origem aos planetesimais⁸, que adiante, cresceram por acreção de material para originar objetos maiores, chamados de núcleos planetários. No perímetro do sistema solar, na sua região mais externa existiam silicatos e gelo, de modo que sua aglutinação os fizeram crescer atingindo massas de dez vezes a massa da Terra, sendo então, tão grandes que poderiam atrair gases ao seu redor, crescendo ainda mais por acreção de grandes quantidades de hélio e hidrogênio da nebulosa

⁸ Agregados de material com tamanhos da ordem de quilômetros de diâmetro, cuja composição dependia da distância do Sol (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

solar, dando origem aos planetas chamados de jovianos⁹, e já na região mais interna do sistema solar, onde haviam somente silicatos, os núcleos planetários não conseguiram crescer muito, originando então os planetas terrestres¹⁰.

Na Figura 6, há uma representação sobre a formação do sistema solar de acordo com a hipótese da nebulosa solar.

Figura 6 – Etapas da hipótese da nebulosa solar



Fonte: OLIVEIRA; SARAIVA (2014)

Portanto, até este momento, foram elencados os conhecimentos que se desejam ser desenvolvidos com os estudantes. Assim, segue adiante a proposta de ensino que visa esclarecer como serão trabalhado estes conteúdos com os alunos e as estratégias de ensino.

⁹ Planetas que são do tipo de Júpiter, compreendendo os quatro planetas mais distantes: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

¹⁰ Planetas que são do tipo da Terra, compreendendo os quatro planetas mais próximos do Sol: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Plutão, descoberto em 1930, não se enquadra em nenhuma das categorias, e foi reclassificado em 2006 como um dos planetas anões (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

4 PROPOSTA DE ENSINO

O ensino tradicional de ciências, desde a escola primária aos cursos de graduação em instituições de ensino superior, seja pela visão dos docentes ou ainda dos discentes, tem se mostrado um tanto quando ineficaz. Críticas ainda são feitas às escolas pela “baixa qualidade” de ensino, pela inépcia em preparar os estudantes no ingresso nas universidades ou mercado de trabalho, por não cumprir seu papel fundamental de formação das crianças e adolescentes. A princípio, é importantíssimo salientar que o ensino como um todo, não somente o de ciências, é uma atividade complexa e problemática. (BORGES, 2002).

Borges (2002), refletindo sobre possíveis mudanças, aponta para estratégias e recursos a serem utilizados nas aulas de ciências, destacando que é perceptível que as atividades que envolvem, entre outras tarefas, a resolução de problemas ou ainda representações, tem fundamental importância em estimular o envolvimento do estudante, contribuindo em seu aprendizado. Segundo ele:

Atividades de resolução de problemas, modelamento e representação, com simulações em computador, desenhos, pinturas, colagens ou simplesmente atividades de encenação e teatro, cumprem esse papel de mobilizar o envolvimento do aprendiz. Essas atividades apresentam, muitas vezes, vantagens claras sobre o laboratório usual, uma vez que não requerem a simples manipulação, às vezes repetitiva e irrefletida, de objetos concretos, mas de ideias e representações, com o propósito de comunicar outras ideias e percepções. [...]. A riqueza desse tipo de atividade está em propiciar ao estudante a oportunidade – e ele precisa estar consciente disso – de trabalhar com coisas e objetos como se fossem outras coisas e objetos, em um exercício de simbolização ou representação. Ela permite conectar símbolos com coisas e situações imaginadas, o que raramente é buscado no laboratório, expandindo os horizontes de sua compreensão. (BORGES, 2002, p. 12-13).

Nesse aspecto, a maneira como será trabalhado o tema nesta proposta visa levar aos estudantes do ensino médio, através de aulas, atividades, representações e simulações, o discernimento sobre a formação dos elementos químicos, desde o início do Universo, até a formação e a vida das estrelas, fator ligado diretamente ao Universo e ao surgimento dos elementos químicos. A estruturação, então, segue o julgamento de que os alunos possam ter contato com essas ferramentas dentro da sala de aula.

Existem confirmações de que as crianças trazem para dentro da escola um aglomerado de pré-conceitos e várias concepções sobre os mais diversos aspectos do mundo que as cercam, e, de acordo com Borges (2002), são concepções alternativas adquiridas pelo indivíduo devido a sua incorporação na cultura comum e também da experiência no dia a dia

com eventos e fenômenos, que comumente interferem com a aprendizagem das ideias e conceitos científicos. Pensando por esse caminho por exemplo, em atividades realizadas dentro da sala de aula, essas concepções alternativas devem ser levadas em consideração, facilitando uma melhor comunicação com o aluno, de certa forma.

Além disso, para que as atividades sejam realizadas, é preciso que os alunos interajam, além do professor, com seus colegas, com atividades práticas e experimentais em grupos ou ainda de maneira individual, podendo gerar uma discussão, por exemplo, dessa maneira, podemos utilizar tarefas em que sejam necessárias a interação e discussão entre alunos ou alunos e professor. Ao elaborar atividades práticas experimentais ou que envolvam simulações, sendo tarefas passíveis de aplicação em um laboratório de ciências ou dentro de uma sala de aula, pensamos em orientar os alunos e isso pode acontecer uma maneira mais completa, com todos os passos bem definidos, ou de modo mais liberal, permitindo que sejam realizadas a critério de quem está experimentando. Segundo Borges (2002):

Uma alternativa que temos defendido há mais de uma década, e mais recentemente temos investigado e utilizado com nossos alunos, consiste em estruturar as atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos mais abertos, que os alunos devem resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor. Um problema, diferentemente de um exercício experimental ou de um de fim de capítulo do livro-texto, é uma situação para a qual não há uma solução imediata obtida pela aplicação de uma fórmula ou algoritmo. Pode não existir uma solução conhecida por estudantes e professores ou até ocorrer que nenhuma solução exata seja possível. Para resolvê-lo, tem-se que fazer idealizações e aproximações. Diferentemente, um exercício é uma situação perturbadora ou incompleta, mas que pode ser resolvida com base no conhecimento de quem é chamado a resolvê-lo. (BORGES, 2002, p. 12-13).

Pensando então na estruturação e organização da proposta de ensino, é possível elencar alguns métodos para a alfabetização, como os escritos de Paulo Freire. Delizoicov e Muechen (2014) destaca que Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) promovem um deslocamento da concepção de educação proposta por Paulo Freire para o espaço da educação formal. Dessa forma, caracteriza três etapas como: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento, definidas então como os três momentos pedagógicos. Na etapa inicial, é apresentada questões que promovam a discussão com os alunos, gerando dessa forma um retorno ao professor sobre o que os alunos pensam.

Delizoicov e Angotti (1990a, p. 29) recomendam que a postura do educador, nesse momento, deve se voltar mais para “questionar e lançar dúvidas sobre o assunto que para responder e fornecer explicações”. (DELIZOICOV; MUENCHEN, 2014, p. 623).

A segunda etapa, é o momento, em que o professor é responsável pela orientação dos alunos, onde os conhecimentos necessários para a compreensão dos temas começam a ser estudados. A terceira e última etapa, é a ocasião onde ocorre a abordagem do conhecimento adquirido pelo aluno, cabe então, ao aluno, realizar análise e interpretações, desde as questões iniciais, por exemplo.

Delizoicov e Muechen (2014), sintetiza que no segundo momento ocorre a apresentação, através do professor, dos conhecimentos e conceitos de Física necessários para que os alunos compreendam o tema e a problematização inicial. Já no terceiro momento, é a ocasião onde destina-se a abordagem do conhecimento, que é utilizado pelo aluno para analisar e interpretar as problematizações iniciais que orientaram seu estudo.

Portanto, diante do exposto sobre os autores e seus conhecimentos, segue adiante a construção da proposta de ensino, que leva em consideração as ideias, conceitos e orientações supracitadas a respeito da aprendizagem e alfabetização. Assim, a proposta visa gerar um produto final como uma sequência de aulas.

4.1 Embasamento teórico

Esta proposta de ensino foi dividida em um total de 6 aulas, das quais existem conteúdos, atividades experimentais com simuladores, tarefas e avaliações, ao longo das aulas. Estão estruturadas com base nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

Os conteúdos abordados nesta proposta foram baseados no livro: *Astronomia e Astrofísica* de Oliveira Filho, K. S. e Saraiva, M. F., no trabalho: *As linhas fronteiras dos constituintes da matéria* de Galetti E Mizrahi, e nos livros didáticos *Física Conceitual* – 12. ed. de Paul G. Hewitt.; *Física Aula por Aula*, Vol. 3, de Barreto B. F. e Xavier C. e *Química na abordagem do cotidiano*, Vol. 1, de Peruzzo F. M. e Canto E. L.

4.2 Estrutura das aulas

Objetivo Geral

Compreender os processos de formação dos elementos químicos no Universo, relacionando tais processos ao início do Universo, sua evolução e a evolução estelar e como consequência compreender o surgimento dos sistemas solares e da vida. Reconhecendo características do desenvolvimento das ciências e suas articulações com a constituição da nossa sociedade.

Durante a busca por tal objetivo, almeja-se desenvolver com os estudantes o espírito de colaboração nos trabalhos em grupo e o comprometimento na realização das tarefas e atividades.

4.2.1 Visão geral das aulas

Abaixo, no Quadro 2, segue um panorama geral sobre o planejamento das aulas dessa sequência didática, de modo que possibilite ver com mais clareza, mas de forma resumida, a configuração das aulas e suas divisões.

Quadro 2 – Planejamento da S.D.

Aula	Conceitos	Objetivos Específicos	Metodologia e Recursos
1	Átomos, modelos atômicos e elementos químicos	Compreender dos conceitos iniciais dos átomos, modelos atômicos e configuração de alguns elementos químicos	Aula expositiva através de questões iniciais e simulação do PhET
2	Tabela Periódica	Adquirir conhecimento sobre a tabela periódica, elementos, posições e classificações	Aula expositiva com o auxílio de materiais impressos
3 e 4	Origem dos elementos químicos	Aprender e entender o surgimento dos elementos químicos, tomar conhecimento dos elementos na Terra e no Universo. Desenvolver a interação em discussões e debates. Descrever os processos responsáveis pela origem das estrelas	Aula expositiva, textos orientadores, aplicação do conhecimento em atividades em grupo e socialização dos resultados
5 e 6	Fusão Nuclear, a Vida das Estrelas e o surgimento do Sistema Solar	Compreender os processos geradores de energia nas estrelas, a interação dos elementos químicos, fusão e seus ciclos, e o surgimento do Sistema Solar. Descrever os processos responsáveis pela origem dos elementos químicos e também do sistema solar	Aula expositiva, leituras e textos orientadores, e atividade final individual para aplicação de conhecimento

Fonte: Do autor (2023)

4.2.2 Organização e descrição das aulas

- **AULA 1**

Conceitos

Átomos, Modelos Atômicos e Elementos Químicos

Objetivos Específicos

Compreender conceitos a respeito dos átomos e dos núcleos atômicos, como o modelo já proposto por Bohr. Desenvolver o trabalho em equipe e gerenciamento de tarefas.

Metodologia

Aula expositiva e atividades em grupo

Recursos Didáticos

Lousa; Simulador do PhET.

Desenvolvimento

Para iniciar a sequência de aulas, e começar a abordagem dos temas, questões iniciais e problematizadoras devem ser lançadas aos alunos de modo que os induzam a pensar em determinados assuntos. O foco principal dessas questões é alcançar uma conversa inicial com os alunos, e através dessa conversa serão problematizadas algumas situações, que envolvem além de tudo, a composição dos objetos.

Ao iniciar com estas questões, os alunos começaram a pensar a respeito dos objetos e suas composições, como por exemplo, do que estes são feitos, o que remete às características do objeto ou material. No caso de uma esfera de ferro, podem pensar em o que seria esse material, e além de tudo do que é feito. As questões envolvendo baterias, TV's ou smartphones, são orientadas para que os alunos possam conectar os conteúdos estudados com seu cotidiano, tornando mais fácil a visualização e características dos objetos, além do mais, mostra que a física está presente em vários lugares, além da sala de aula.

Com estas questões, surge o primeiro momento, a problematização inicial, dessa maneira, é possível iniciar a interação com os alunos para comecem a pensar no assunto sobre como os objetos são feitos, como as coisas funcionam e até mesmo como surgem. Serão questões como:

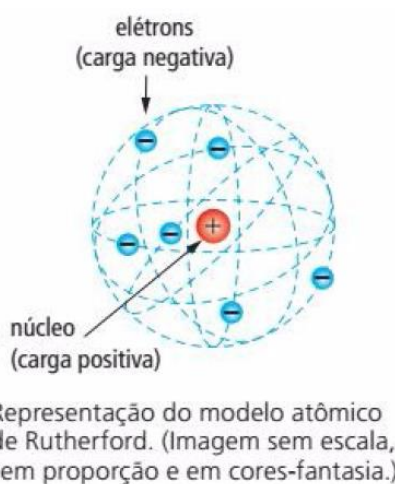
- Do que são feitos os objetos?
- Considere uma esfera de ferro, do que ela é feita?
- Como acha que o ferro é feito?

- Porque um aparelho de TV não funciona sem estar conectado a uma tomada e um smartphone funciona?
- Do que as baterias são feitas?
- O que é o Lítio?
- O que é um elemento químico?
- Como surge? Sempre estiveram presentes na Terra?

Assim, pode-se iniciar com o estudo a respeito dos átomos, sua estrutura, características e configurações.

Considerando que os conceitos de elementos, moléculas ou átomos surjam entre as respostas dos estudantes, diante da problematização inicial, indagaremos como eles pensam que seria um átomo e o que difere os diferentes átomos. A partir deste questionamento serão apresentados alguns modelos atômicos, como representação que permite idealizar e diferenciar os átomos, assim como os fenômenos atômicos. Tomaremos assim a concepção de Rutherford para o modelo atômico. Esse modelo apresentado na Figura 7, trouxe algumas descobertas interessantes sobre a estruturação do átomo, ele descobriu que a carga positiva do átomo, os chamados prótons, estariam retidos numa região pequena, denominada núcleo, que por sua vez seria a região de maior concentração do átomo, já os elétrons ficariam ao redor desse núcleo, de maneira que circular (BARRETO; XAVIER, 2016).

Figura 7 – Modelo atômico de Rutherford



Fonte: BARRETO; XAVIER (2016)

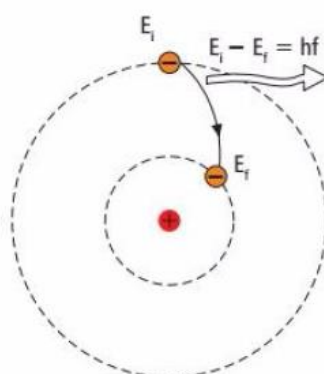
Após a publicação de Rutherford, Niels Bohr conseguiu corrigir alguns problemas nesse modelo, pois nele, os elétrons estavam em órbita devido a uma aceleração centrípeta que, por estar acelerada, emitia energia. Com isso, haveriam fatores que resultariam em uma perda de energia, e os elétrons deveriam cair então sobre o núcleo, gerando uma instabilidade

atômica, assim, um novo modelo deveria fazer parte da ideia de Rutherford para justificar a estabilidade dos átomos. Surge então, o modelo proposto por Bohr, detalhado na Figura 8, que acreditava que os elétrons só poderiam ocupar determinadas localizações ao redor do núcleo e que nelas nenhuma energia era emitida. Outra hipótese considerada era então que o elétron só emitiria energia ao se mover de um nível para outro, sempre de uma região de maior energia para outra com menor. Dessa forma, quando o elétron se movia, emitia um fóton com uma determinada frequência, cujo valor é definido por:

$$E_i - E_f = hf$$

Onde E é a energia inicial e final, f a frequência do fóton e h a constante de Planck. (BARRETO; XAVIER, 2016).

Figura 8 – Modelo atômico de Bohr



Representação do modelo atômico de Bohr. (Imagem sem escala, sem proporção e em cores-fantasia.)

Fonte: BARRETO; XAVIER (2016)

Após a apresentação e modelos, cabe uma continuação à problematização, os estudantes terão uma atividade prática com o uso de um simulador, apresentado na Figura 9. Esta atividade visa demonstrar alguns elementos químicos, com as modificações de número de prótons, nêutrons e elétrons.

Além disso, com esta atividade os alunos poderão elaborar e analisar mais questões a respeito dos átomos, visto que durante as tarefas estarão em contato com diferentes átomos de diferentes elementos químicos, como os átomos de H , He e Li .

Figura 9 – Monte um átomo (simulador)

Fonte: PhET

Haverá um breve roteiro para que possam ser orientados na atividade, a ideia é que sejam feitas as tarefas de forma independente, sem o auxílio direto do professor, visando o trabalho em equipe, cooperação, gerenciamento do tempo na atividade e a estimulação dos alunos quanto à busca por conhecimento.

ROTEIRO – ÁTOMOS

Ao iniciarem o simulador, deverão marcar todas as opções: Elemento; Carga Resultante; Número de Massa; Elemento; ver neutro/ion e ver estável/instável.

Após, faça as situações seguintes e descrevam o que puderam perceber e anotem o que lhe forem relevantes.

Boa Atividade!

TAREFA 1 – Adicione um próton no círculo central e descreva o elemento que encontraram.

TAREFA 2 – Adicione um nêutron no círculo central anterior e descreva o que observa

TAREFA 3 – Adicione um ou mais elétrons no círculo central anterior e descreva o que observa

TAREFA 4 – Adicione um novo próton e descreva o elemento que encontraram.

TAREFA 5 – Adicione um novo próton e descreva o elemento que encontraram.

TAREFA 6 – Adicione quantos nêutrons ou prótons desejarem e descreva o que encontraram.

CONCLUSÃO – Quais elementos vocês encontraram? Existem diferenças entre um elemento e outro? Quais? Descobriram elementos instáveis ou estáveis? Como perceberam essa diferença? Existe alguma relação com os prótons, elétrons e nêutrons?

O objetivo dessa atividade é mostrar aos estudantes alguns elementos químicos, visto que o simulador tem prótons suficientes para simular os elementos, *H, He, Li, Be, B, C, N, O, F e Ne*, os elementos presentes na primeira e segunda linha da tabela periódica. Ao final da atividade, é esperado que os alunos tomem conhecimento sobre alguns elementos químicos, seus números de prótons por exemplo, estabilidade e massa, para que possam continuar as próximas aulas com relevante conhecimento de prótons e nêutrons, e a composição dos elementos em geral.

- **AULA 2**

Conceito

Tabela Periódica

Objetivos Específicos

Compreender a tabela periódica, seus elementos, suas posições, assim como são classificados, desde metais, semimetais, não metais, e ainda em elementos naturais, encontrados na natureza e elementos artificiais.

Metodologia

Aula expositiva

Recursos Didáticos

Lousa; Materiais Impressos.

Desenvolvimento

A partir da aula anterior, os alunos foram questionados sobre a origem de objetos, elementos e outras indagações, e diante desse ponto, o segundo momento se inicia. Nesta aula, há conteúdos que os estudantes necessitam tomar ciência para que a problematização e compreensão dos temas estudados sejam capazes de prosseguir para o objetivo principal, a origem dos elementos. Dessa forma, os conteúdos abordados adiante implicam na classificação dos elementos, tabela periódica e suas divisões.

Na tabela periódica, os elementos são dispostos, um em cada quadradinho, em ordem crescente de número atômico a partir do hidrogênio, que no caso vale $Z = 1$. Estão arranjados na Figura 10, chamada de forma longa da tabela periódica e aparecem em sete linhas, também denominadas sequências horizontais, sendo cada uma chamada de período, dessa forma, a tabela atual apresenta sete períodos (PERUZZO; CANTO, 2006).

Figura 10 – Forma longa da Tabela Periódica

1																	2																									
3	4											5	6	7	8	9	10																									
11	12																13	14	15	16	17	18																				
19	20																			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36							
37	38																										39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86											
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112																	

Fonte: PERUZZO; CANTO (2006)

A representação dessa maneira é um tanto comprida, assim, é comum representar os elementos identificados com os números atômicos de 57 a 71, chamados de lantanídeos, e os

de 89 a 103, chamados actinídeos, à parte dos demais, um pouco abaixo da tabela. Essa nova configuração é chamada de forma curta da tabela periódica, representada na Figura 11. Os elementos representados na parte inferior da tabela, os lantanídeos e os actinídeos, ainda pertencem ao sexto e sétimo período, respectivamente. (PERUZZO; CANTO, 2006).

Figura 11 – Forma curta da Tabela Periódica

1																									2
3	4											5	6	7	8	9	10								
11	12											13	14	15	16	17	18								
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36								
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54								
55	56		72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86								
87	88		104	105	106	107	108	109	110	111	112														
				57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71																					
				89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103																					

Fonte: PERUZZO; CANTO (2006)

A partir desse ponto, os estudantes já estarão em contato com a tabela periódica e suas características, dessa forma, é o momento de apresentá-los às famílias e grupos, que vão desde os metais alcalinos aos gases nobres. Segundo Peruzzo e Canto (2006), por determinação da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), os grupos de elementos são numerados atualmente entre 1 a 18, entretanto, é comum a utilização de grupos representados por números e letras, como 1A, 2A, 6A, entre outros. Além disso, a disposição destes é determinada por elementos com propriedades semelhantes e ficam em um mesmo grupo. Alguns grupos, por terem relevante importância na Química, recebem nomes especiais, e são eles:

- Grupo 1, ou 1A, é o grupo dos metais alcalinos¹¹
- Grupo 2, ou 2A, é grupo dos metais alcalino-terrosos¹²
- Grupo 16, ou 6A, é o grupo dos calcogênios
- Grupo 17, ou 7A, é o grupo dos halogênios

¹¹ O Hidrogênio pertence ao Grupo 1, mas não é considerado metal, portanto, não é um metal alcalino (PERUZZO; CANTO, 2006).

¹² O **Be** e o **Mg** não são considerados, por alguns autores, como metais alcalino-terrosos. Há ainda, autores que dão ao grupo o nome de metais alcalino-terrosos (PERUZZO; CANTO, 2006).

- Grupo 18, ou 0, é o grupo dos gases nobres.

Os elementos dos grupos 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 têm um comportamento químico relativamente menos complexo que o restante e recebem o nome de elementos representativos. Já os grupos de 3 a 12 são chamados elementos de transição. A tabela periódica dos elementos (IUPAC) encontra-se em anexo.

Contudo, existem elementos chamados de metais, como visto acima, não metais e semimetais, apresentados na Figura 12. Os metais são substâncias simples que em geral conduzem bem a corrente elétrica e calor, são sólidas em temperatura ambiente, com exceção do elemento *Hg* (Mercúrio), e têm uma facilidade para serem transformadas em fios e lâminas, por exemplo. Os não metais, são substâncias simples que não conduzem bem a corrente elétrica e o calor, com exceção do elemento *C* (Carbono) e não têm facilidade de serem transformadas em fios e lâminas. Destes não metais, alguns são encontrados em temperatura ambiente, no estado líquido (Bromo) e alguns em estado gasoso, sendo eles o *H, N, O, F, Cl* e gases nobres. Já os semimetais, são alguns elementos que apresentam propriedades constantes entre os metais e não metais, são substâncias simples sólidas em condições ambientes (PERUZZO; CANTO, 2006).

Figura 12 – Elementos classificados como Metais, Semimetais e Não Metais

Metais																		Considerados por alguns autores como semimetais					Não metais					
Li	Be																Al					He						
Na	Mg																Ga											
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn																	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn															
Cs	Ba		Hf	Ta	Li	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi														
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn																	
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu														
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr														

Fonte: PERUZZO; CANTO (2006)

Adiante, na Figura 13, estão representados os elementos químicos com base em seus estados físicos em condições ambientais, são condições de 25°C e pressão média do ar no nível do mar.

Figura 13 – Estado Físico das Substâncias

H																	He	Legenda: sólido líquido gasoso																													
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																														
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																														
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																														
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																														
Cs	Ba		Hr	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Pb	Po	At	Rn																														
Fr	Ra																																														
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																	

Fonte: PERUZZO; CANTO (2006)

Para finalizar a aula, os estudantes serão apresentados às classificações de elementos naturais e elementos artificiais. Ainda de acordo com Peruzzo e Canto (2006), em 1937, a tabela periódica tinha um aspecto semelhante ao atual, porém com a quantidade menor de elementos, por exemplo, já era identificados os elementos com número atômico de 1 (*H* – Hidrogênio) a 92 (*U* – Urânio), mas alguns ainda não tinham sido descobertos, como os elementos com número atômico 43, 61, 85 e 87. Dessa forma, eles puderam ser produzidos de maneira artificial, em laboratório por cientistas através de processos nucleares, hoje eles são os elementos: ${}_{43}Tc$ – Tecnécio; ${}_{61}Pm$ – Promécio; ${}_{87}Fr$ – Frâncio e o ${}_{85}At$ – Astató. Também são considerados elementos artificiais todos os elementos transurânicos, ou seja, elementos que possuem números atômicos superiores ao do Urânio, sendo que, não podem ser encontrados na natureza, portanto, são produzidos em laboratórios.

- **AULAS 3 e 4**

Conceitos

Origem dos Elementos Químicos

Objetivos Específicos

Compreender o surgimento dos elementos químicos, tomar conhecimento de que os elementos presentes na Terra também estão presentes em outros lugares do universo, e descrever os processos responsáveis pela origem das estrelas.

Desenvolver a prática de interações por meio de discussões e debates, de forma respeitosa, nas atividades em grupo e socialização dos resultados alcançados.

Metodologia

Aula expositiva e atividade individual

Recursos Didáticos

Lousa; Materiais impressos.

Desenvolvimento

Desde a aula anterior, os estudantes já terão tomado conhecimento sobre os elementos químicos e suas respectivas classificações na tabela periódica, ainda no segundo momento, a organização do conhecimento. Através do segundo momento, inicia-se novamente uma problematização, ainda de acordo com a problematização inicial, como um complemento e retomada de ideias e conceitos da Aula 1.

A partir desse momento, terão uma atividade orientadora para alguns pontos, como o surgimento dos elementos.

A ideia inicial é separar os estudantes em grupos e abrir discussões com as questões:

- O que entende por elementos químicos?
- Como acham que eles surgiram?
- Eles surgiram de algum lugar?
- São fabricados em algum lugar?
- Eles sempre estiveram no universo?
- Como o universo surgiu?
- Considere os elementos químicos presentes na Terra. Como eles estão aqui e podem ser encontrados também em outros planetas?

Com base nessas discussões, é possível gerenciar as ideias nos grupos e discutir com a turma como um todo, após essa atividade. Diante das respostas, pode ser solicitado que os grupos discutam entre si sobre suas respostas. O objetivo é sempre instigar os estudantes a

pensarem a respeito do surgimento dos elementos químicos mas que ao mesmo tempo, essa ideia esteja interligada ao universo.

Tomando como base a questão sobre o surgimento do universo, podem ser iniciadas as explicações a respeito disso. Dessa forma, um texto orientador aos estudantes será dado na seguinte forma:

Como surgiu o Universo?

Hoje, é admitido que o universo tenha tido início na singularidade do Big Bang, na grande explosão primordial. De acordo com Hawking (2015), o Big Bang foi previsto na teoria da Relatividade Geral de Einstein. Estima-se que na grande explosão, o universo seria tão pequeno e tão quente, que à medida em que ele expandiu, a temperatura começou a baixar, sendo nesse momento, constituído de fótons, elétrons e neutrinos, além de suas antipartículas e também prótons e nêutrons. Quando se fala no surgimento do universo, toma-se conhecimento sobre a nucleossíntese, o processo pelo qual o universo passou para começar a formar seus primeiros elementos químicos. De acordo com Galetti e Mizrahi (2018), a nucleossíntese baseada no Big Bang passa por três etapas de evolução.

1ª ETAPA → Explosão súbita do “nosso Universo” com um número enorme de fótons com relação ao número de prótons e nêutrons. O tempo de vida do universo era menor que 0,01s e a temperatura chegava aos $10^{11} K$ (Cem bilhões de Kelvin).

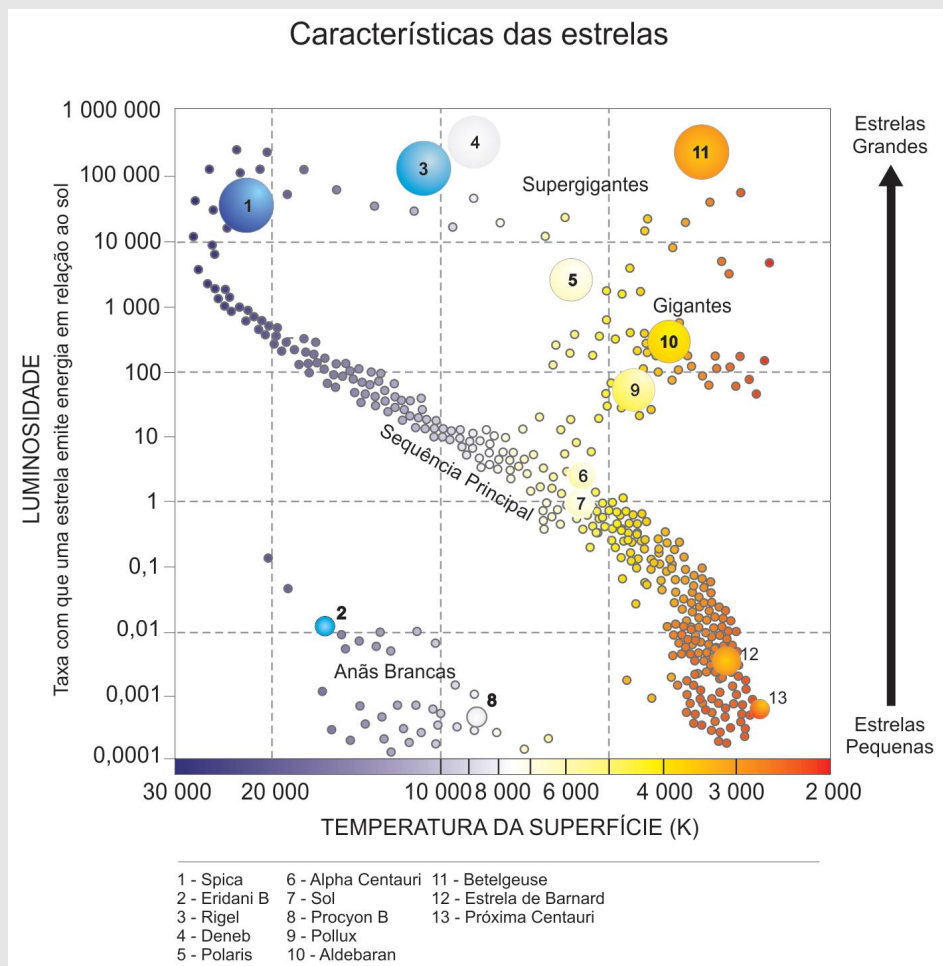
2ª ETAPA → Há um equilíbrio entre a existência de prótons e nêutrons. O tempo de vida do universo era menor que 1 *segundo* e a temperatura chegava aos $10^{10} K$ (Dez bilhões de Kelvin).

3ª ETAPA → O elemento químico 4He é produzido e os elementos mais pesados também, subsequentemente, embora de uma maneira menor comparada ao Hélio. O tempo de vida no universo era aproximadamente 1 minuto, e a temperatura estava entre $1 \times 10^9 K$ a $3 \times 10^9 K$ (Um bilhão de Kelvin a três bilhões de Kelvin).

À medida em que o universo continuava a se expandir e conseqüentemente a esfriar, haviam regiões que estavam mais densas do que o restante, dessa forma, aconteceu uma desaceleração devido à interação gravitacional, resultando então em regiões que entraram em colapso e passaram a girar levemente. Mas à medida em que essas regiões ficaram cada vez menores, passaram a girar com maior rapidez, de modo que quando houvesse velocidade o bastante para equilibrar a força da gravidade, conseguiriam então, criar as primeiras galáxias. À medida em que o tempo passou, os átomos de hidrogênio e hélio nessas galáxias se desmembraram em nuvens menores e acabaram entrando também em

colapso. Conforme foram se colidindo, a temperatura aumentou, até o momento em que teriam temperatura suficiente para dar início à fusão nuclear. Com essas reações nucleares, houve ainda mais, a conversão de hidrogênio em hélio, aumentando a pressão e impedindo essas nuvens de se contraírem mais, permanecendo então estáveis, criando-se dessa forma corpos celestes, que comumente chamamos de estrelas (HAWKING, 2015).

Oliveira e Saraiva (2014) explica que as estrelas são esferas autogravitantes de gás ionizado cuja a fonte de energia é a transformação de elementos através de reações nucleares, ou seja, a fusão nuclear de hidrogênio em hélio e, posteriormente, em elementos mais pesados. As estrelas podem ser encontradas com diferentes luminosidades, temperaturas e massas. Assim, pode-se classificá-las de acordo com o momento atual que se encontram. Logo, foi criado o Diagrama HR.



As estrelas estão dispostas no diagrama HR de uma forma aleatória, mas com algumas concentrações em certos pontos, dessa forma é perceptível aos olhos humanos uma faixa diagonal, chamada de sequência principal. Nessa faixa diagonal estão localizadas as estrelas massivas, que são por consequência as mais luminosas e quentes, são conhecidas como anãs. As estrelas localizadas abaixo da sequência principal são denominadas anãs brancas,

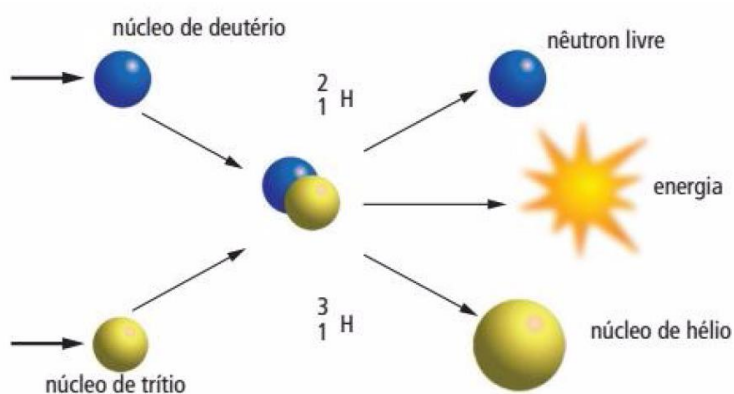
estrelas quentes e com baixa luminosidade. Já as que estão localizadas acima dessa sequência são tidas como estrelas luminosas e frias, chamadas de gigantes, e ainda mais acima dessas estrelas encontram-se as supergigantes, sendo ainda mais luminosas que as gigantes.

Dessa maneira, as estrelas não se mantêm estáveis dentro do diagrama HR, ocasionando que, depois de seu nascimento, elas evoluem e morrem. O destino de uma estrela depende primordialmente, de sua massa, mas em todo caso, sua evolução se caracteriza pelo processo de fusão que acontece em seu interior, modificando os elementos químicos ali presentes, até determinando estágio. Assim, podemos elencar que o processo responsável por produzir esses elementos químicos no interior das estrelas é a fusão nuclear.

A partir desse momento da aula, há então a possibilidade de explicar sobre a fusão nuclear. Com base no texto, é possível começar a discutir com os estudantes sobre os primeiros passos que o universo deu para iniciar o processo de formação dos elementos e corpos celestes. Dessa forma se consolida a fusão nuclear.

Segundo Barreto e Xavier (2016), na fusão, núcleos de elementos se fundem de modo que formam um novo núcleo, e com esse processo, ocorre o ganho de energia. A Figura 14, detalha a representação da fusão :

Figura 14 – Fusão Nuclear



Representação da fusão nuclear.
(Imagem sem escala, sem proporção e em cores-fantasia.)

Fonte: BARRETO; XAVIER (2016)

Após a explicação sobre a fusão nuclear, a aula pode seguir para a finalização com retomadas de conceitos já vistos.

Pensando então no terceiro momento, a aplicação do conhecimento, há uma proposta de atividade, que deve fornecer ao professor um feedback sobre o que os alunos conseguiram

aprender durante as aulas. As questões dessa atividade são parecidas com as problematizações iniciais, de modo que os alunos puderam se apropriar dos conhecimentos e elaborar agora respostas cientificamente aceitas. Além disso, é possibilitado discutir com os alunos, posteriormente, com base nas suas respostas a esta atividade,

Avaliação – Como surgiu o Universo?

Com base no que leu e foi discutido em sala, elabore respostas para as questões abaixo.

1. Como o Universo surgiu?
2. O que é a Nucleossíntese?
3. O que entende por galáxias e estrelas?
4. Com relação às estrelas:
 - A. Elas surgiram de algum lugar?
 - B. Elas produzem algo? Como?
 - C. Podemos classificá-las de alguma forma?

- **AULAS 5 e 6**

Conceitos

Fusão Nuclear, a Vida das Estrelas e o surgimento do Sistema Solar

Objetivos Específicos

Compreender os processos responsáveis por gerar energia no interior das estrelas, a interação dos elementos químicos na fusão nuclear e seus ciclos, alcançar conceitos sobre a natureza, em específico ao universo, a vida das estrelas e ao surgimento do Sistema Solar. Descrever os processos responsáveis pela origem dos elementos químicos e também do sistema solar.

Metodologia

Aula expositiva e atividade individual.

Recursos Didáticos

Lousa; Materiais Impressos.

Desenvolvimento

A partir da aula passada, os estudantes tiveram contato com os primeiros passos na vida do universo, como o surgimento dos primeiros elementos, as estrelas e o processo responsável por fazerem as estrelas brilharem, a fusão nuclear. Com base nisso, o próximo passo é apresentá-los aos processos mais específicos na criação dos elementos. Para isso, será dado um texto base para explicar de maneira clara e objetiva os processos no interior das estrelas.

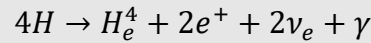
As Estrelas

O alemão Hans Albrecht Bethe (1906-2005) elaborou uma teoria sobre como a fusão nuclear poderia gerar a energia no interior das estrelas e as fazerem brilhar, o que lhe rendeu um prêmio Nobel. Bethe explicou como quatro prótons poderiam ser combinados e transformados em um núcleo de Hélio e liberando energia prevista por outros cientistas.

O ciclo próton-próton consiste em quatro prótons, sendo estes, núcleos de hidrogênio, que colidem, gerando em cada colisão um pósitron, um neutrino e um núcleo de deutério. Um elétron fora dessa cadeia de reação acaba colidindo com um pósitron, se aniquilando, emitindo então fótons com uma quantidade alta de energia, chamada de raios gama, já o núcleo de deutério colide com um próton gerando um novo núcleo, o Hélio-3 e emite energia. Já a última etapa desse ciclo, consiste em dois núcleos de Hélio-3 se fundindo em

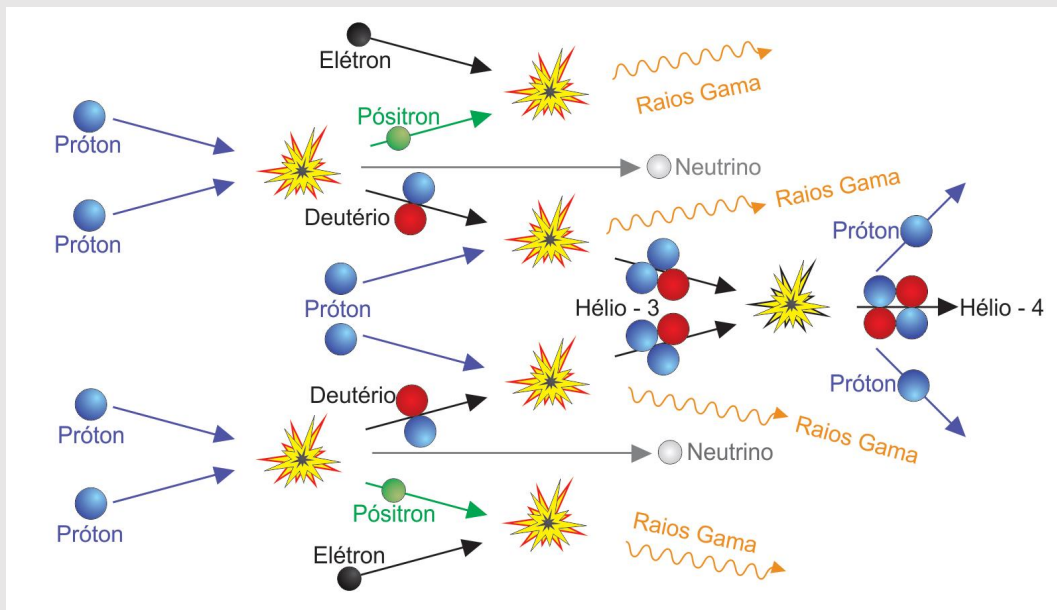
um núcleo de Hélio-4 e dois prótons, iniciando novamente o ciclo próton-próton.

O ciclo próton-próton é um processo que necessita de temperaturas superiores a 8×10^6 K e é definido como:

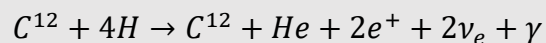


Em que e^+ são pósitrons, ν é uma partícula com massa e carga elétrica nulas, comumente chamadas de neutrinos e γ são os raios- γ .

A representação a seguir, identifica o processo próton-próton:



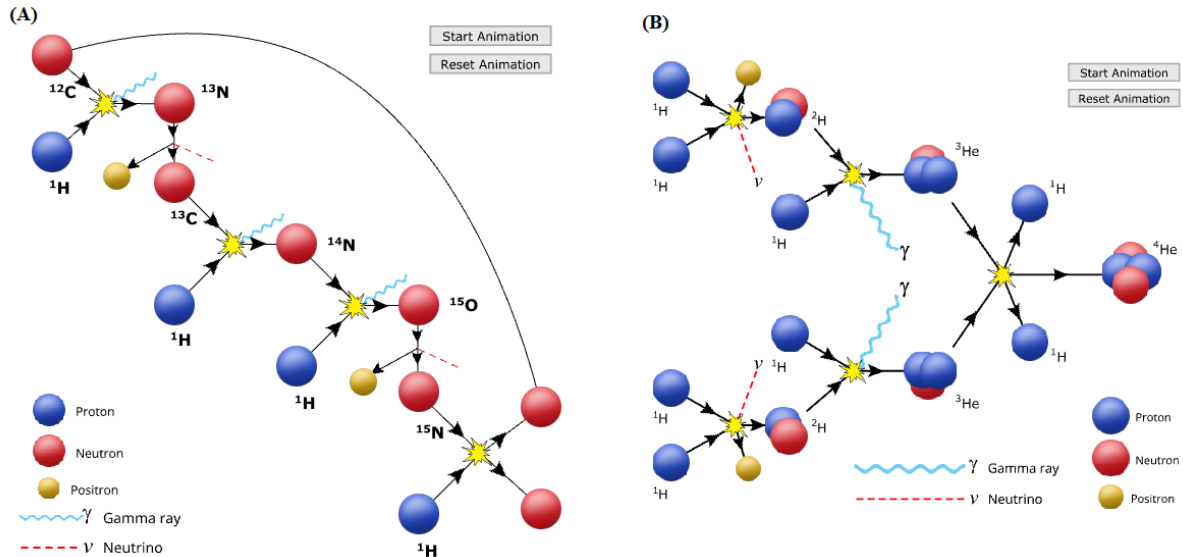
Já o Ciclo do Carbono, descreve uma cadeia complexa de reações nucleares, em que átomos de nitrogênio e carbono se unem formando um catalisador – responsável por acelerar uma reação química – para a fusão nuclear:



Destacamos que o ciclo carbono tem uma baixa contribuição na geração de energia de estrelas com pouca massa, como o Sol por exemplo, porque é necessário altas temperaturas, das quais não são encontradas no Sol, mas são encontradas em estrelas mais massivas com temperaturas na faixa dos 4×10^8 K (Quatrocentos milhões de Kelvin).

Para representar de maneira mais visível possível, os estudantes terão acesso a dois links de animações dos processos do Ciclo do Carbono e do Próton-Próton. Nessas animações, apresentadas na Figura 15, a visualização dos ciclos se torna mais clara.

Figura 15 – Animação do Ciclo do Carbono (A) e do Ciclo Próton-Próton (B)



Fonte: Astronomy Education at the University of Nebraska-Lincoln

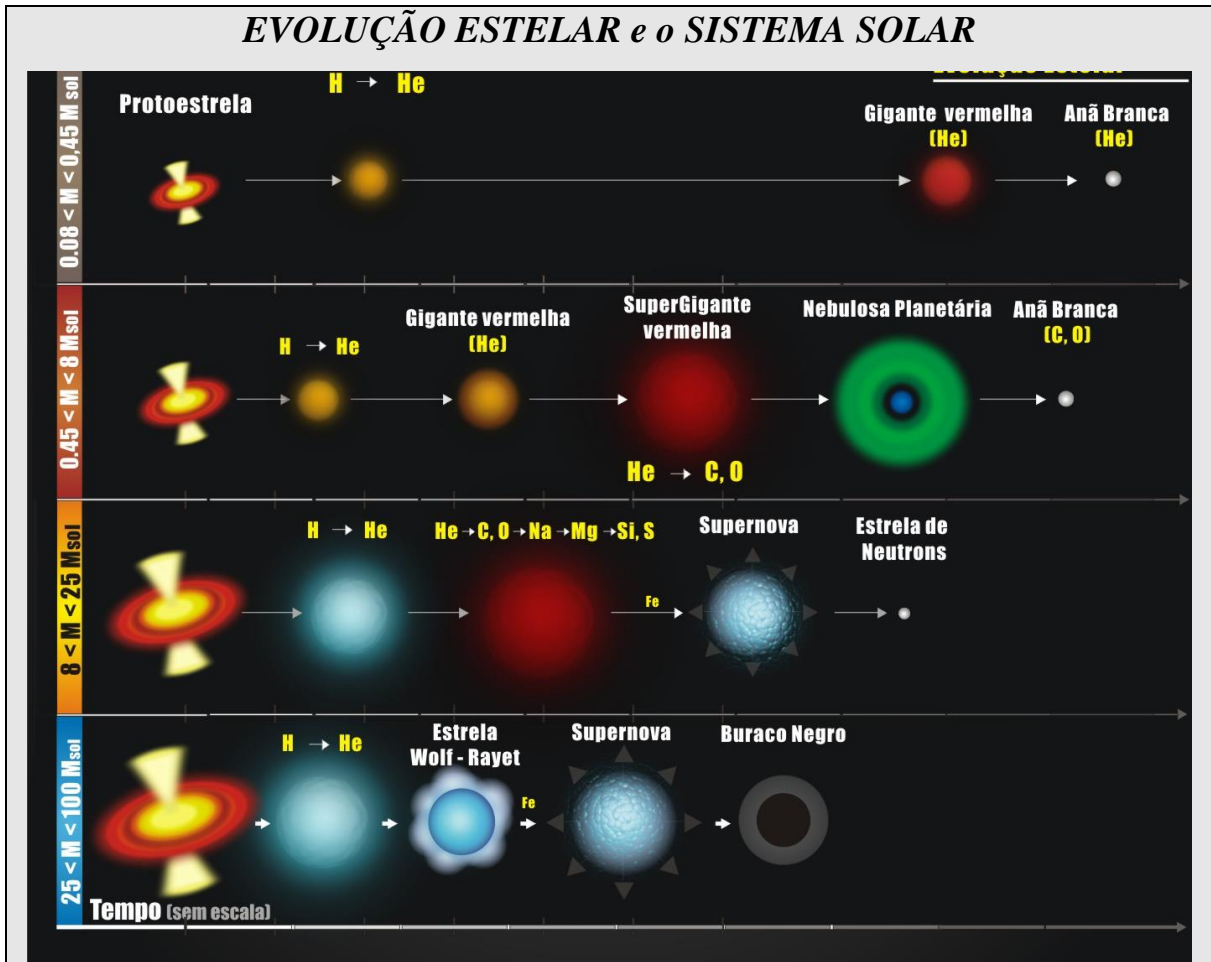
Até este momento, foram discutidos vários assuntos, desde os elementos até os processos de fusão nas estrelas. Mas chega então o ponto de abordar as estrelas de fato, o nascimento, a vida e a morte. Algumas estrelas se formaram com a união de elementos, porém, ao longo de toda sua vida, elas fornecem para o universo novos elementos e também, como consequência, outras estrelas, como o Sol, que não nasceu da combinação de Hélio e Hidrogênio, mas sim de outra estrela existente antes dele.

À medida em que o tempo passou, houveram regiões colapsadas que formaram nuvens de gás, ou protoestrelas, e a partir do momento que a temperatura atingia altos valores, desencadearam-se a fusão nuclear, tornando-se estrelas, responsáveis por converter hidrogênio em hélio no núcleo (HAWKING, 2015).

De acordo com Oliveira e Saraiva (2014), se o corpo celeste tiver massa menor que $0,08 M_{\odot}$, haverá a formação de uma anã marrom, se a massa for de $0,08 M_{\odot}$ a $0,45 M_{\odot}$, haverá a formação de uma anã branca com núcleo de hélio, já as estrelas com massa de até $1,75 M_{\odot}$ serão responsáveis por transformar hidrogênio em hélio pelo ciclo próton-próton. As estrelas mais massivas queimam o hidrogênio pelo ciclo do carbono. Quando estas consomem todo o hélio contido no núcleo, passam para o ramo das supergigantes, nessa fase da vida da estrela, já está acontecendo a queima do hélio, do carbono, do oxigênio, do neônio, do magnésio, do silício, até o núcleo se transformar em ferro. Nesse momento, não existe como retirar energia com a fusão nuclear, então, a estrela entra em colapso, ejetando para o universo

uma porcentagem de sua massa como supernova, restando no fim, uma estrela de nêutrons ou um buraco negro.

Haverá nesse momento, um material impresso para demonstrar aos estudantes o processo de evolução das estrelas e suas devidas explicações:



Há diferentes tipos de evolução para uma Protoestrela, havendo então dependência da massa inicial da mesma, quando esta não participa de um sistema binário ou múltiplo.

Massas e a Vida das Estrelas

- **Estrelas formadas com massa menor que $0,8 M_{\odot}$**

Pela idade em que o Universo se encontra, ainda não foi possível que esta tenha saído da sequência principal.

- **Estrelas formadas com massa entre $0,8 M_{\odot}$ a $10 M_{\odot}$**

Depois de consumir todo seu hidrogênio, passará a ser uma gigante e posteriormente uma supergigante, caminhando então para a fase em que será uma nebulosa planetária, e por fim se transformará em uma anã branca com massa $0,6 M_{\odot}$.

ESTRELA → GIGANTE → SUPERGIGANTE → NEBULOSA PLANETÁRIA → ANÃ BRANCA

➤ **Estrelas formadas com massa entre $10 M_{\odot}$ e $25 M_{\odot}$**

Após passarem pela fase da supergigante, ejetarão boa parte de sua massa através de uma explosão de supernova e chegarão ao fim de sua vida se tornando uma estrela de nêutrons de massa aproximada de $1,4 M_{\odot}$.

ESTRELA → SUPERGIGANTE → EXPLOSÃO SUPERNOVA → ESTRELA DE NÊUTRONS

➤ **Estrelas formadas com massa de $25 M_{\odot}$ a $100 M_{\odot}$**

Após se transformar em uma supernova, será transformada em um buraco negro com massa chegando à $6 M_{\odot}$.

ESTRELA → SUPERNOVA → BURACO NEGRO

➤ **Estrelas nascidas com massa superiores a $100 M_{\odot}$**

Ejetará uma certa quantidade de sua massa enquanto estiver na sequência principal e posteriormente evoluirá como uma estrela de massa de até $100 M_{\odot}$.

A sequência principal

Para que uma estrela saia da sequência principal, ela deve consumir pelo menos 10% de seu combustível. Em uma estrela com $5 M_{\odot}$ que contém metais, a queima do H se dá pelo ciclo do carbono, quando evolui para uma gigante, nos locais onde o hidrogênio já foi transformado em hélio, ocorre a transformação do N^{14} chegando à atmosfera da estrela.

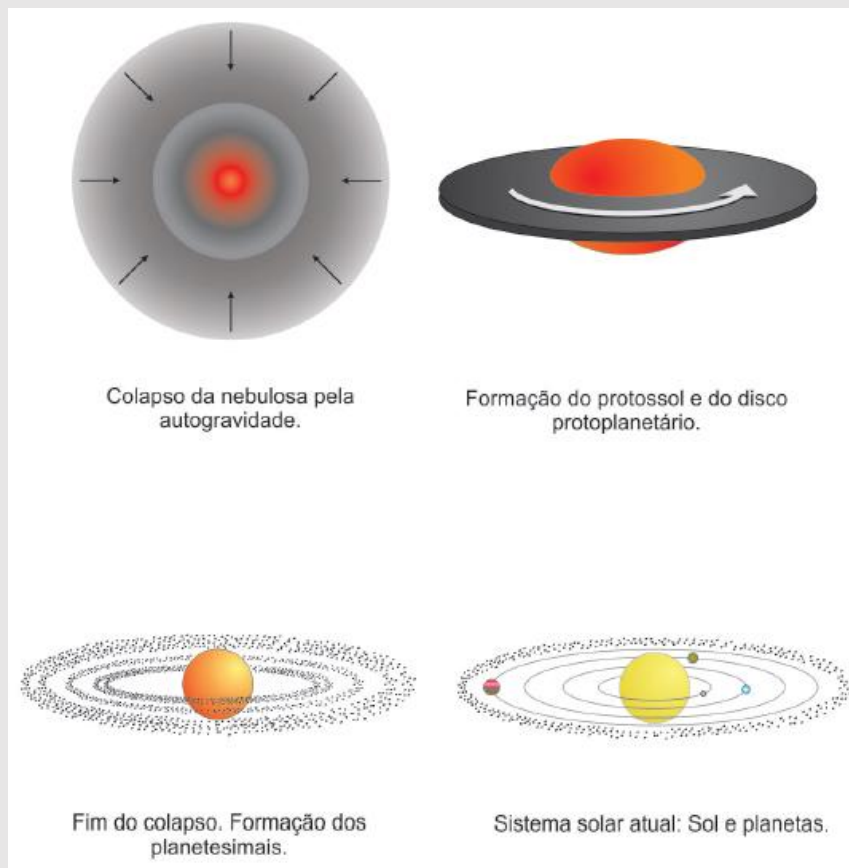
Já uma anã branca com massa maior que $0,8 M_{\odot}$ que faz parte de um sistema binário, pode ocorrer da estrela que a acompanha expandir quando estiver nas fases gigante ou supergigante, de forma que transfira parte de sua massa para anã branca, fazendo com a mesma exploda em uma supernova ejetando algo em torno de $0,6 M_{\odot}$ de sua massa na forma do elemento Fe , produzido na explosão.

Estrelas com massas superiores a $10 M_{\odot}$, depois da fase de se tornar uma gigante e conseqüentemente uma supergigante, apresentam temperaturas nucleares extremamente altas, com bilhões de Kelvin, dessa forma permite a produção sucessivamente os elementos $O^{16}, Mg^{24}, Si^{28}, S^{32}, Cl^{35}, Ca^{40}, Sc^{45}, Ti^{48}, \dots, Fe^{56}$, em alguns milhões de anos.

Sendo então, o elemento Fe^{56} o fim do processo, pois as estrelas não têm mais energia para conseguirem fundir o elemento, e finalizam sua vida em uma supernova. (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014). Por fim, é possível concluir que os elementos químicos vão ser formados tanto no início do universo, assim como durante a vida das estrelas, sendo gerados por reações químicas, explosões e ejeções de massa, como explica Oliveira e Saraiva (2014), relatando que, os elementos químicos que foram concebidos em reações nucleares no interior das estrelas e expelidos em explosões de supernovas produzem a

evolução química do Universo e originam o carbono e outros elementos que posteriormente colapsam, formando planetas e até mesmo os seres humanos. Ainda sobre as supernovas, a explosão de uma, acontece quando a estrela chega a sua fase final na produção do elemento Fe^{56} , e após a formação desse elemento, o núcleo colapsa de uma maneira violenta em alguns segundos sob o peso da sua própria atração gravitacional, e assim, ocorre que não há mais combustível e não existe como liberar energia nuclear. Há tanta energia liberada nesse colapso, que ela pode brilhar com a luminosidade de uma galáxia de 200 bilhões de estrelas.

Pensando sobre o sistema solar, uma suspeita para seu surgimento é a hipótese nebular. Segundo Oliveira e Saraiva (2014), essa suspeita traz uma forte sugestão de que uma grande nuvem de gás interestelar em rotação, a nebulosa solar, colapsou para dar origem ao Sol e aos planetas.



Quando começou a contração, a força gravitacional dessa nuvem atuou sobre si mesma acelerando o colapso, e à medida em que isso ocorria, a rotação da nuvem aumentava e com o passar do tempo, a massa de gás em rotação assumiria uma forma discoidal, com uma concentração no centro que originou o Sol, já os planetas teriam se formado a partir do material restante no disco. Existem observações modernas que indicam que muitas nuvél de

gás interestelar estão no processo de colapso para formar estrelas, e a contribuição moderna à hipótese nebular, refere-se a como os planetas se formaram a partir do gás no disco: Quando a nuvem colapsou e começou a esfriar, apenas o proto-sol manteve sua temperatura, e ao longo desse resfriamento, houve uma condensação dos elementos que deu origem aos planetesimais (aglomerados de material com quilômetros de diâmetro), e posteriormente cresceram se aglutinando com mais elementos e originaram objetos maiores, chamados de núcleos planetários. Na parte externa do sistema solar, haviam silicatos e gelo, que através da acreção com grandes quantidades de gás de hélio e hidrogênio ao seu redor, devido ao seu tamanho, formou os planetas jovianos (planetas do tipo de Júpiter, como próprio Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, os quatro mais distantes) e já na parte interna do sistema, haviam somente silicatos, então os núcleos planetários não conseguiram crescer muito e originaram os planetas terrestres (planetas do tipo da Terra, como a própria Terra, Mercúrio, Vênus e Marte). Já Plutão, descoberto em 1930, não se enquadra em nenhuma das categorias e foi reclassificado em 2006 como um dos planetas anões (OLIVEIRA; SARAIVA, 2014).

Para finalizar a aula e a sequência didática, os estudantes terão algumas atividades a serem realizadas e uma conclusão sobre o que aprenderam durante todas as aulas e discussões com o professor e demais colegas.

A ideia principal dessa atividade é finalizar e concretizar os temas e conteúdos trabalhados durante todas as aulas. Nesse momento, se aplica o terceiro e último momento pedagógico, a aplicação do conhecimento. Uma proposta final deve ser apresentada aos alunos, nesse sentido, deve ser desenvolvido um elemento textual.

ATIVIDADE FINAL

Ao longo das aulas, foram discutidos, vistos e aprendidos diversos conteúdos, conceitos e ideias. Em todas as aulas, um dos objetivos estava em compreender a origem dos elementos químicos, e para isso, como foi visto, houveram vários conteúdos que precisaram ser estudados para que se possa compreender esse surgimento dos elementos, que vai desde a tabela periódica, como pode ser visto em disciplinas de química, como o início do universo, o nascimento, vida e morte das estrelas, os processos físicos, entre outros.

Com base em todos os aspectos estudados, elabore uma redação discursiva, sobre a origem dos elementos químicos. Tome como ponto de partida as questões iniciais:

- Do que são feitos os objetos?

- O que é um elemento químico?
- Como surgiram? Sempre estiveram presentes na Terra?
- Como os elementos estão na Terra e podem ser encontrados também em outros planetas?
- Qual a relação dos elementos com o surgimento do Universo?
- Qual a relação das estrelas com os elementos químicos?
- Como surgem os elementos depois do Ferro?

Dessa forma, é finalizada a sequência de aulas sobre a origem dos elementos químicos, o nascimento, a vida e a morte das estrelas. Portanto, é possível concluir com os estudantes os conteúdos abordados, suas dúvidas finais e também uma conversa final através da atividade final. A ideia neste momento é buscar dos alunos uma resposta mais completa sobre os temas estudados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como disposto em BRASIL (2017) e BRASIL (2018), existem variados objetivos orientados aos estudantes, entre eles, podemos elencar as análises e interpretações da dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos, e também a realização de previsões sobre a evolução e funcionamento do Universo, o que implica diretamente no ensino de Astronomia e Astrofísica. Estudar esses conteúdos envolve mais que uma disciplina, sendo necessário partir para outros campos de estudos, o que mostra certa interdisciplinaridade nesses temas.

Quando abordamos a evolução do Universo ou a vida das estrelas, recorremos a temas de física para a compreensão destes conteúdos, mas é de se notar que isso envolve mais do que somente a física. Entramos dessa forma, dentro do campo das ciências da natureza, uma vez que estes conteúdos precisam de uma visão mais ampla. Trabalhar com a evolução do Universo e as estrelas nos remetem à formação dos elementos químicos, e isso mostra uma interdisciplinaridade entre a física e a química, duas áreas que podem ser unidas para um objetivo em comum, a obtenção de conhecimento. Assim, é de extrema clareza que os temas trabalhados na sequência demonstraram que são necessários e possíveis através dessa conexão das duas áreas.

Nas habilidades propostas pela BNCC (Base Nacional Comum Curricular) (BRASIL, 2017 e BRASIL, 2018), foram destacadas algumas que envolvem o ensino desses conteúdos na educação básica, com isso, é coerente que conteúdos de Astronomia e Astrofísica integrem a formação básica dos estudantes, mas como lembrado, a disciplina de astronomia não faz parte do currículo escolar, dessa forma, sua implementação se mostra necessária, e reconhecemos a possibilidade de implementação em aulas da educação básica.

A proposta apresentada, tem por finalidade levar aos estudantes do ensino médio conteúdos necessários para a compreensão sobre a formação dos elementos químicos no Universo, mas antes dessa elaboração, foi necessário entender melhor como este conteúdo tem sido trabalhado. Pesquisas foram realizadas com o objetivo de compreender como têm sido feitas as abordagens destes conteúdos e suas possíveis aplicações. A busca se desenvolveu através de plataformas acadêmicas com foco em encontrar trabalhos orientados aos temas e ao ensino, através da busca de artigos em revistas no campo do ensino de física e ciências e de teses e dissertações.

Os resultados não foram obtidos em um grande número, com todas as plataformas pesquisadas, somente houveram resultados em duas dessas. As palavras-chave, Nucleossíntese e Nucleogênese retornaram resultados em duas das cinco plataformas, sendo

que, em uma delas, o material obtido foi o mesmo para ambas as palavras-chave. Dos resultados obtidos dessa pesquisa, somente um dos trabalhos foi voltado para o ensino, como suporte para o professor e organização de conteúdos, enquanto o outro se dedicava mais a explicar conceitos e não a proposta de ser inserido no ensino. Além dos materiais encontrados na pesquisa, existem autores que abordam os temas, como Tyson (2015), Hawking (2015) e Oliveira e Saraiva (2014), porém são materiais voltados à divulgação científica, sem implementação no ensino.

Juntando todas essas informações, trabalhos encontrados e autores, podemos dizer que, não há muitos trabalhos acadêmicos desenvolvidos sobre o tema, o que nos deixa a possibilidade e além de tudo, a necessidade de elaborar novas maneiras, propostas e atividades para ensinar esses conteúdos dentro de uma sala de aula.

Ademais, com esta proposta, além dos conteúdos de Astronomia e Astrofísica visando a integração no ensino, podem ser trabalhados temas de FMC (Física Moderna e Contemporânea), evidenciando novamente essa interdisciplinaridade. As reações nucleares são exemplos desses temas, como seus ciclos, o do carbono e do próton-próton, responsáveis pela fusão nuclear no interior das estrelas, cada um com suas características e funções. Ou seja, para se alcançar a compreensão da formação e origem dos elementos químicos, é necessário a conexão de áreas do conhecimento, o que implica no estudo de diferentes conteúdos no geral, como por exemplo, estudar conceitos de química e física moderna e contemporânea, assim a interdisciplinaridade opera como uma facilitadora e também como complementação, a fim da obtenção de êxito nos estudos em determinado tema, e nesse caso, a formação dos elementos químicos.

Com o desenvolvimento do trabalho, pesquisa e planejamento da proposta de aulas, foi possível identificar que estudar e trabalhar com alguns temas envolve mais de uma área do conhecimento, como a conexão da física com a química. A elaboração da pesquisa permitiu desenvolver e colocar em prática as habilidades adquiridas ao longo do curso, como a escolha de fontes confiáveis, uma vez que é de extrema importância e necessária para o desenvolvimento do trabalho como um todo, saber e entender de onde as informações estão sendo retiradas é imprescindível. A busca pelos temas e conseqüentemente a elaboração das aulas e atividades, proporcionou uma experiência muito rica em aprendizado, como o planejamento das seqüências das aulas, os momentos onde intervir, o que trabalhar, como abordar um conteúdo e principalmente, como levar aos estudantes tópicos que a princípio parecem complexos, de uma maneira mais branda e didática. Ou seja, mesmo para tópicos mais complexos, que envolvem física e química juntas, existem maneiras de se preparar aulas

e atividades que atendam os estudantes de maneira geral, de uma forma mais simples, portanto, o que fica de aprendizado nessas questões é que, mesmo nos tópicos que pareçam mais complicados de se trabalhar e levar aos alunos, existem estratégias que podem ser adotadas para que o conhecimento chegue a todos de uma forma passível de entendimento.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, B. F.; XAVIER, C.; **Física Aula por Aula – Eletromagnetismo e Física Moderna**, vol. 3, 3ª Ed. – São Paulo: FTD, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.
- _____. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BORGES, Antônio Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v. 19, n. 3, 2002.
- CAPES – **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Catálogo de Teses e Dissertações** – Disponível em: <<https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>>. c2016.
- CBEF – **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index>>. eISSN 2175-7941.
- CNO CYCLE ANIMATION – **Astronomy Simulations and Animations – Astronomy Education at the University of Nebraska-Lincoln**. Disponível em: <<http://astro.unl.edu/classaction/animations/sunsolarenergy/fusion02.html>>. Acesso em: 21 nov. 2022.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990a.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- DELIZOICOV, D.; MUENCHEN, C. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro de “Física”** - Ciênc. Educ., Bauru, v. 20, n. 3, 2014.
- EDWARD, L. (Ned) W. – **Big Bang Nucleosynthesis**, 2012. Disponível em: <<https://astro.ucla.edu/~wright/BBNS.html>>. Acesso em: 08 nov. 2022.
- EENCI – **Experiências em Ensino de Ciências**. Disponível em: <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci>>. ISSN 1982-2413.
- GALETTI, D.; MIZRAHI, S. S. **As linhas fronteiras dos constituintes da matéria** – Universidade Estadual Paulista – São Paulo e Universidade Federal de São Carlos – São Carlos. 2018.

HAWKING, S. W. **Uma breve história do tempo** – 1. ed. – Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual** – 12. ed. - Porto Alegre: Bookman, 2015.

IUPAC – **INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY**.

Disponível em: < <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>>. Acesso em: 20, nov. 2022.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em Astronomia: Repensando a formação de professores** – São Paulo: Escrituras Editora, 2012. – (Educação para a Ciência; 11).

MONTE UM ÁTOMO. PhET. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_pt_BR.html>. Acesso em: 14, nov. 2022.

MORAIS, A. M. A. **A origem dos Elementos Químico: Uma abordagem inicial** – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem** – São Paulo: EPU, 1999.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Departamento de Astronomia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

UFRGS - **Estudo analisa catalisadores constituídos de nanopartículas de cobre na transformação de monóxido de carbono em gás carbônico**. 2022. Disponível em: < encurtador.com.br/sxOX0>. Acesso em: 12 nov. 2022.

PEDROSA, L. A. **Do big-bang ao urânio: as nucleossínteses primordial, estelar e explosiva: Uma abordagem para o ensino médio**. Belo Horizonte, 2013.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**, vol.1, 4ª Ed. – São Paulo: Moderna, 2006.

PhET – **Physics Education Technology**. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu/>>. Acesso em 12, nov. 2022.

PROTON-PROTON ANIMATION – **Astronomy Simulations and Animations – Astronomy Education at the University of Nebraska-Lincoln**. Disponível em: < <http://astro.unl.edu/classaction/animations/sunsolarenergy/fusion01.html>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

RELEA - **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**. Disponível em: <<https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea>>. ISSN 1806-7573.

SciELO – **Scientific Electronic Library Online**. São Paulo/SP – Brasil. Disponível em: <<https://www.scielo.br/>>.

SOARES, D. S. L. **Astronomia: O que é e para que serve?** 2016. Disponível em <<http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/notices.htm>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

SOBRAL, J. H. A. **Sobre a Importância Estratégica da Ciência Espacial para o Brasil**, 1999.

TYSON, N. d. **Origens: catorze bilhões de anos de evolução cósmica** – São Paulo: Planeta do Brasil, 2015.