



Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



JANILDES SILVA PINHO

**A FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: ASTRONOMIA
CONTEXTUALIZANDO A TABELA PERIÓDICA**

FEIRA DE SANTANA

2023

JANILDES SILVA PINHO

**A FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: ASTRONOMIA
CONTEXTUALIZANDO A TABELA PERIÓDICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Astronomia - Mestrado Profissional, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a Ana Carla Peixoto Bitencourt Ragni (UEFS)

Coorientador(a): Prof^o. Dr. Marildo Geraldete Pereira (UEFS)

FEIRA DE SANTANA

2023

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Pinho, Janildes Silva

P723f A formação dos elementos químicos: Astronomia contextualizando a tabela periódica / Janildes Silva Pinho. – 2023.
128f : il.

Orientadora: Ana Carla Peixoto Bitencourt Ragni

Coorientador: Marildo Geraldête Pereira

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Astronomia, 2023.

1. Tabela periódica. 2. Astronomia. 3. Elementos químicos. 4. Interdisciplinaridade. 5. Contextualização. I. Ragni, Ana Carla Peixoto Bitencourt, orient. II. Pereira, Marildo Geraldête, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 521/525:54

Rejane Maria Rosa Ribeiro CRB-5/695



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO (A): JANILDES SILVA PINHO
DATA DA DEFESA: 17 de agosto de 2023 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS
HORÁRIO DE INÍCIO: 14:05

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
ANA CARLA PEIXOTO BITENCOURT RAGNI	967.726.625-04	Presidente	DR	DFIS - UEFS
MIRCO RAGNI	752.912.581-87	Membro Interno	DR	DFIS - UEFS
CÁSSIO BRUNO MAGALHÃES PIGOZZO	009.722.455-37	Membro Externo	DR	UFBA

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO*:

A FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS: ASTRONOMIA CONTEXTUALIZANDO A TABELA PERIÓDICA.

*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 47 min, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 50 min. A banca chegou ao seguinte resultado**:

- APROVADO(A)
 INSUFICIENTE
 REPROVADO(A)

** Recomendações¹: Atenda as recomendações da banca.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 17 de agosto de 2023

Presidente: Ana Carla P. Bitencourt Ragni

Membro 1: Mirco Ragni

Membro 2: Cássio Bruno de Lima Pigozzo

Membro 3: _____

Candidato (a): Janildes Silva Pinho

Coordenador do PGAstro: Cássio Bruno de Lima Pigozzo

¹ O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.



**ANEXO DA ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:
PRODUTO(S) EDUCACIONAL(IS) GERADO(S) NO TRABALHO FINAL DE CURSO**

CANDIDATO (A): JANILDES SILVA PINHO

DATA DA DEFESA: 17 de agosto de 2023 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS

HORÁRIO DE INÍCIO: 14:05

Sequência didática: origem dos elementos químicos
jogo Trilha Cósmica

Feira de Santana, 17 de agosto de 2023.

Presidente: Ana Carla P. Biscant Riqui

Membro 1: Mirca Pagnini

Membro 2: Carlos Alberto de Almeida Ribeiro

Membro 3: _____

Candidato (a): Janildes Silva Pinho

Coordenador do PGAstro: Carlos Alberto de Almeida Ribeiro

Dedico este trabalho a minha família, em especial aos meus pais que sempre me incentivaram em todos os meus sonhos, ao meu marido e aos meus filhos, que com muito carinho e apoio me ajudaram nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Neste momento, desejo expressar minha mais profunda gratidão a todo o apoio recebido durante a minha jornada no mestrado. Primeiramente, gostaria de dirigir minhas palavras a Deus, fonte de toda sabedoria e força.

Aos meus familiares, por estarem sempre ao meu lado, oferecendo apoio incondicional. Em especial, ao meu marido Cledston, você foi meu porto seguro, sempre pronto para ouvir minhas preocupações, incentivar minhas conquistas e me encorajar a seguir em frente; e aos meus tesouros, Luiz e Bela, por compreenderem a minha ausência em alguns momentos. Sou abençoada por ter uma família tão maravilhosa.

Aos professores do MPastro que compartilharam sua experiência e sabedoria de forma generosa, ajudando a aprimorar minha pesquisa. Aos meus orientadores, Prof.^a Dr^a Ana Carla Peixoto Bitencourt Ragni e Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira gostaria de expressar meu sincero agradecimento pelo conhecimento, orientação e mentorias que me proporcionaram. Sou imensamente grata pela paciência, pelo tempo dedicado e pelo compromisso.

Não posso esquecer de agradecer aos estudantes do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual José Ferreira Pinto do ano de 2022 que mesmo com todas as dificuldades se empenharam e abrilhantaram a pesquisa. A toda equipe gestora da escola e colegas de trabalho pelo incentivo e apoio. Enfim, cada um de vocês teve um papel crucial em minha conquista acadêmica.

*“Entre a célula e o céu
O DNA e Deus
O quark e a Via-Láctea
A bactéria e a galáxia
O íon e Órion
A lua e o magnéton
Entre a estrela e o elétron
Entre o glóbulo e o globo blue
Eu, um cosmos em mim só
Assim do yang ao yin”*

(Carlos Aparecido Renno e Gilberto Passos Gil
Moreira)

RESUMO

A Tabela Periódica é uma ferramenta pedagógica imprescindível para o entendimento de diversos conceitos abordados na disciplina de Química. Entretanto, observa-se que o ensino desse conteúdo prioriza o conceitual por meio de memorizações, o que não contribui para um engajamento dos estudantes durante as aulas. Frente a este cenário, utilizando uma pesquisa do tipo intervenção pedagógica, este trabalho teve como objetivo relacionar Astronomia e Química por meio de uma abordagem interdisciplinar e contextualizada na Tabela Periódica e, desta forma, promover um ensino mais dinâmico e motivador, possibilitando a construção ativa do conhecimento. A temática escolhida para fazer essa relação é a Origem dos Elementos Químicos, por meio do estudo do átomo, nucleossíntese primordial (Big Bang), nucleossíntese estelar e raios cósmicos. Com esse propósito, foram desenvolvidas intervenções práticas visando um ensino problematizador e investigativo, a fim de contribuir na formação do senso crítico e científico dos estudantes. As ações foram realizadas no Colégio Estadual José Ferreira Pinto, na cidade de Feira de Santana- Ba, com turmas do 1º ano do Ensino Médio. Os produtos educacionais gerados por esse trabalho consistem em uma sequência didática intitulada “Origem dos Elementos Químicos: Astronomia e Tabela Periódica” e o jogo de tabuleiro “Trilha Cósmica”, juntamente com material de apoio formado pelo Kit didático “Quarks: Compreendendo a Constituição da Matéria”. Os resultados da intervenção pedagógica, baseados em uma análise qualitativa, mostraram uma maior participação dos estudantes nas aulas de Química, bem como apropriação de vocabulário e conteúdo referentes à temática Formação dos Elementos Químicos, relacionando-a com a Tabela Periódica.

Palavras-chave: Tabela Periódica. Astronomia. Contextualização. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

The Periodic Table is an essential pedagogical tool for understanding various concepts covered in the Chemistry discipline. However, it is observed that the teaching of this content prioritizes the conceptual through memorization, which does not contribute to student engagement during classes. Faced with this scenario, using a pedagogical intervention type research, this work aimed to relate Astronomy and Chemistry through an interdisciplinary approach and contextualized in the Periodic Table and, in this way, promote a more dynamic and motivating teaching, enabling the active construction of knowledge. The theme chosen to make this relationship is the Origin of Chemical Elements, through the study of the atom, primordial nucleosynthesis (Big Bang), stellar nucleosynthesis and cosmic rays. For this purpose, practical interventions were developed aiming at problematizing and investigative teaching, in order to contribute to the formation of students' critical and scientific sense. The actions were carried out at State School José Ferreira Pinto, in the city of Feira de Santana-Ba, with 1st year high school classes. The educational products generated by this work consist of a didactic sequence entitled "Origin of Chemical Elements: Astronomy and Periodic Table" and the board game "Cosmic Trail", together with support material formed by the didactic kit "Quarks: Understanding the Constitution of Matter". The results of the pedagogical intervention, based on a qualitative analysis, showed greater student participation in Chemistry classes, as well as the appropriation of vocabulary and content relating to the topic of Formation of Chemical Elements, relating it to the Periodic Table.

Keywords: Periodic Table. Astronomy. Contextualization. Interdisciplinarity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1: Tabela Periódica Atual	20
Figura 2.2: Modelo Padrão de Partículas	25
Figura 2.3: Tipos de hádrons	26
Figura 2.4: Cesar Lattes em Chacaltaya	27
Figura 2.5: Grande Colisor de Hádrons	29
Figura 2.6: Representação gráfica do Big Bang	30
Figura 2.7: Desacoplamento das Forças Fundamentais	31
Figura 2.8: Exemplos de reações nucleares	32
Figura 2.9: Cadeia pp	34
Figura 2.10: Ciclo CNO	35
Figura 2.11: Estrutura da cebola para estrelas de alta massa	36
Figura 2.12: Ciclo Evolutivo das estrelas	37
Figura 2.13: Tabela Periódica do Universo	38
Figura 3.1: Localização da escola de aplicação	41
Quadro 3.2: Conteúdos elencados para às ações	42
Quadro 3.3: Resumo dos planos de aulas das intervenções	44
Quadro 3.4: Recursos didáticos utilizados nas intervenções	45
Figura 3.5: Estrutura da Aplicação e Avaliação da pesquisa	49
Quadro 4.1: Obras aprovadas no PNLD 2021	51
Quadro 4.2: Resumo da análise dos livros didáticos	55
Figura 4.3: Perguntas do questionário-sondagem inicial	57
Tabela 4.4: Quantitativo inicial de alunos	58
Figura 4.5: Respostas do E1A	58
Figura 4.6: Respostas do estudante E2A	58
Figura 4.7: Resultados das respostas da primeira categoria	59
Figura 4.8: Respostas de alguns estudantes sobre o conceito de átomo	59
Figura 4.9: Resultados das respostas da segunda categoria	60
Figura 4.10: Resultados das respostas da terceira categoria	61
Figura 4.11: Resposta do E1C	62
Figura 4.12: Respostas de alguns estudantes sobre a origem dos elementos químicos	62
Figura 4.13: Respostas relacionando a origem dos elementos químicos a laboratórios	62
Figura 4.14: Respostas relacionando a origem dos elementos químicos aos seres vivos	62
Figura 4.15: Relatos de alguns alunos sobre o ano letivo 2020/2021	63
Figura 4.16: Estrutura do primeiro módulo da SD	64

Figura 4.17: Problematização do Primeiro Módulo	65
Figura 4.18: Partículas fundamentais	66
Figura 4.19: Orientações dos trabalhos	67
Figura 4.20: Kit Didático Quarks: compreendendo a constituição da matéria	68
Figura 4.21: Aplicação do Kit didático	69
Figura 4.22: Apresentação dos trabalhos	70
Figura 4.23: Estrutura do segundo módulo da SD	71
Figura 4.24: Roteiro da atividade “Simulando a Lei de Hubble”	72
Figura 4.25: Momento da atividade Simulando a Lei de Hubble	72
Figura 4.26: Gráfico $v \times d$	73
Figura 4.27: Slide final	73
Figura 4.28: Comparação entre os gráficos	75
Figura 4.29: Relação corpo humano, tabela periódica e origem dos elementos	75
Figura 4.30: Simulação “Monte um átomo”	76
Figura 4.31: Atividade no PhET colorado	76
Figura 4.32: Imagens do material utilizado na elaboração do painel	77
Figura 4.33: Painel da fusão nuclear	77
Figura 4.34: Estrutura do terceiro módulo da SD	78
Figura 4.35: Aula sobre evolução estelar	79
Figura 4.36: Mapa mental elaborado pelo E3A	80
Figura 4.37: Atividade com a TP	81
Figura 4.38: Imagens da HQ “A escola no espaço” elaborada pela E1E	82
Figura 4.39: Imagens da HQ “Estrelas e seu surgimento” elaborada pelo E2C	83
Figura 4.40: Poemas produzidos por estudantes	83
Figura 4.41: Tela com a representação de uma nebulosa elaborada pela E4A	84
Figura 4.42: Pintura feita pela EC3	84
Figura 4.43: Jogo Trilha Cósmica	85
Figura 4.44: Questionário Sondagem-final	87
Quadro 4.45: Dados do questionário-sondagem final	88
Figura 4.46: Gráfico com a relação entre palavras e conceitos	88
Figura 4.47: Nuvens de palavras	89
Figura 4.48: Gráfico com o resultado do questionário de avaliação	90
Figura 4.49: Atividades preferidas dos estudantes	91
Tabela 4.50: Resumo das ações desenvolvidas	92

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	A ASTRONOMIA NA TABELA PERIÓDICA.....	18
2.1	UMA VISÃO HISTÓRICA DA TABELA PERIÓDICA	18
2.2	O ENSINO DA TABELA PERIÓDICA.....	21
2.3	CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA E AS PARTÍCULAS FUNDAMENTAIS	23
2.4	NUCLEOSSÍNTESE PRIMORDIAL: A FORMAÇÃO DOS PRIMEIROS ELEMENTOS QUÍMICOS.....	29
2.5	FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS EM ESTRELAS DE BAIXA MASSA	33
2.6	FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS EM ESTRELAS MASSIVAS	35
3	METODOLOGIA	40
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	40
3.2	ESTRUTURAÇÃO DAS AÇÕES	41
3.2.1	Planejamento das Ações Iniciais	41
3.2.1.1	Definição do Público-alvo.....	41
3.2.1.2	Levantamento dos Conteúdos.....	42
3.2.1.3	Análise dos Livros Didáticos.....	42
3.2.1.4	Formação da Professora-pesquisadora	43
3.2.2	Organização das Intervenções	43
3.2.2.1	Sondagem	43
3.2.2.2	Planejamento das Intervenções.....	43
3.2.2.3	Construção dos Materiais Didáticos de Apoio	45
3.2.2.4	Análise das Intervenções	46
3.3	OS PRODUTOS EDUCACIONAIS	46
4	IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES, ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	50
4.1	ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS	50
4.2	APLICAÇÃO E ANÁLISE DA SONDAGEM INICIAL	56
4.3	IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	63
4.3.1	Primeiro Módulo: Compreendendo a Constituição da Matéria	63
4.3.2	Segundo Módulo: Big Bang e a Nucleossíntese Primordial: a Formação dos primeiros Elementos Químicos	71
4.3.3	Terceiro Módulo: E o Ferro?! Nucleossíntese Estelar e Interestelar	78
4.4	APLICAÇÃO E ANÁLISE DA SONDAGEM FINAL.....	86
4.5	APLICAÇÃO E ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	89

5 CONCLUSÃO	93
6 REFERÊNCIAS	96
APÊNDICE	101
APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	101
APÊNDICE B: TEXTO DE CONSULTA	103
APÊNDICE C: SLIDES DA AULA DO MÓDULO 2 DA SD	106
APÊNDICE D: SLIDES DA AULA SOBRE DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA	109
APÊNDICE E: HISTÓRIAS EM QUADRINHOS PRODUZIDAS PELOS ESTUDANTES	110
APÊNDICE F: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	127

1 INTRODUÇÃO

A Tabela Periódica (TP) é uma ferramenta fundamental para compreensão dos processos químicos e, conseqüentemente, para a construção do conhecimento sobre diversos assuntos na disciplina de Química. O estudante tem o primeiro contato com ela ainda no Ensino Fundamental Séries Finais, no 9º ano, sendo que seu estudo de forma mais aprofundada ocorre no 1º ano do Ensino Médio. Entretanto, a abordagem deste conteúdo acontece de forma abstrata, privilegiando a memorização de símbolos e localização dos elementos químicos na TP, contribuindo para o desinteresse dos estudantes que não conseguem reconhecer a importância deste assunto, enxergando a TP apenas como um “amontoado de informações” (NARCISO JR, JORDÃO, 2000 apud GONZAGA, MIRANDA E FERREIRA, p.4, 2020).

Diante dos fatos expostos e com preocupação frente a este cenário, a questão norteadora deste trabalho é *“como despertar o interesse e a motivação dos estudantes durante as aulas de Química, possibilitando uma melhoria no processo de ensino-aprendizagem, relacionado com o assunto Tabela Periódica?”*. Neste sentido, o presente trabalho buscou promover um ensino de Química dinâmico, motivador e contextualizado, utilizando como recurso pedagógico, a abordagem sobre a Tabela Periódica sob a luz da Astronomia, mais especificamente, considerando a origem dos elementos químicos.

A Astronomia é uma temática pouco utilizada no ensino de Química, por exemplo Salcides e Prata (2011) por meio da espectroscopia verificou os elementos que formam as estrelas, Otaviano (2019) promoveu um ensino de Química contextualizado a partir da Astronomia e Astronáutica e Brandão (2021) desenvolveu um jogo envolvendo Química e Astronomia. Então, por que não a abordar? Qual a relação entre a Tabela Periódica e a Astronomia? Usualmente, durante a abordagem do assunto Tabela Periódica, não é discutida a origem dos elementos químicos, nem como e nem onde eles surgiram ou podem ser formados. Não são feitas, nem mesmo, referências aos processos relacionados a formação das partículas constituintes da matéria, como, por exemplo, do que são feitos prótons, elétrons e nêutrons.

A origem dos elementos químicos é explicada pela Astronomia, por um ramo relativamente novo e multidisciplinar, chamado de Astroquímica. A Astroquímica estuda, portanto, os fenômenos químicos que ocorrem no espaço e engloba, além da Astronomia, a Química e a Física.

Segundo Lima, Filho e Gurgel (2010, p. 86):

a Astroquímica tem como foco principal o estudo da formação, destruição e abundância de moléculas em diversos ambientes tais como nuvens moleculares, regiões de nascimento de estrelas, nebulosas planetárias, disco protoplanetários, atmosferas planetárias e etc.

Entretanto, Horvath, Bretones e Horvath (2020) consideram a denominação adequada, mas insuficiente, e sugere o termo Cosmogeoquímica, pois relaciona a origem cósmica dos elementos químicos à questão da formação da Terra e dos planetas, e a ocorrência de elementos que derivam desses processos físicos. Ainda segundo estes autores, a abordagem desta temática possibilita a integração dos temas promovendo um ensino interdisciplinar envolvendo Astronomia, Biologia, Física e Química. Segundo Bonatto *et al.* (2012, p. 1):

A interdisciplinaridade pode integrar-se em outras áreas específicas, com o propósito de promover uma interação entre o aluno, professor e cotidiano, pois nos dias de hoje podemos considerar as ciências naturais como umas das mais diversas em função de seus vários campos de trabalho.

Além do caráter multidisciplinar da Astronomia, é necessário destacar a sua importância para o progresso da humanidade. A cada dia somos surpreendidos por avanços tecnológicos cada vez mais sofisticados, sendo que, muitos deles devem-se à Astronomia. Painéis solares, satélites, sensores CCD (câmeras digitais) são alguns exemplos de tecnologias que surgiram a partir desta Ciência. Para realizar os estudos do espaço, bem como dos astros que o compõem, é necessário o desenvolvimento de recursos que permitam a coleta de informações e que, mais tarde, possam ter aplicações na nossa vida (ROSENBERG *et al.*, 2018). Acrescente-se a isto, os avanços relacionados com o entendimento dos processos físicos que ocorreram no início da formação do Universo, desenvolvidos nos aceleradores de partículas.

Aliado a isto, o encanto que a Astronomia normalmente desperta nas pessoas a torna uma temática que contribui para um ensino mais motivador, além de proporcionar a formação científica dos estudantes. Com assuntos que englobam diversas disciplinas, o estudo da Astronomia propicia a construção efetiva do conhecimento, tendo em vista que permite a criação de um ambiente de questionamentos e diálogos. Esse fato foi observado por Lima, Filho e Gurgel (2010) em um estudo que utilizou a Astroquímica como tema central através da origem dos elementos químicos e as reações nucleares. Os autores destacam os resultados positivos dessa proposta, “os alunos relataram que gostaram do método utilizado, associando Astronomia

com Química, e foi possível perceber que a aprendizagem dos alunos foi maior quando relacionando os dois temas” (LIMA, FILHO, GURGEL, 2010, p. 87).

Desta forma, o presente trabalho, norteado por uma pesquisa do tipo intervenção pedagógica, tem como objetivo geral relacionar Química e Astronomia numa abordagem interdisciplinar e contextualizada do conteúdo Tabela Periódica, possibilitando uma construção ativa do conhecimento pelos estudantes. Ao longo da execução da pesquisa, pretende-se desenvolver os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a abordagem da temática Origem dos Elementos Químicos nos livros didáticos;
- Introduzir conceitos sobre partículas elementares e os processos de nucleossínteses primordial e estelar, bem como suas contribuições para a composição química do Universo;
- Estudar a Tabela Periódica segundo a origem dos elementos químicos;
- Associar os elementos químicos essenciais para a estrutura física do ser humano com os elementos presentes nas estrelas;
- Promover o protagonismo juvenil no processo de ensino-aprendizagem;
- Elaborar uma sequência didática (SD) dos conteúdos propostos;
- Desenvolver um jogo pedagógico que envolva Tabela Periódica e Astronomia.

No Capítulo 2 apresenta-se uma abordagem do referencial teórico da pesquisa, por meio de uma explanação sobre a história da TP, seguida de uma visão sobre o ensino de Química e da TP na educação básica. Ainda nesse capítulo são abordados os seguintes assuntos: a constituição da matéria, a origem dos elementos químicos, desde os elementos mais leves, Hidrogênio e Hélio, até os mais pesados como o Ferro, a partir do estudo do Big Bang, as nucleossínteses primordial e estelar. O Capítulo 3 explicita a metodologia aplicada na pesquisa, desde o tipo de pesquisa até o modelo de análise de dados, destacando a estrutura da pesquisa, bem como as estratégias metodológicas utilizadas na construção da sequência didática. Por fim, são apresentados os produtos educacionais gerados a partir da pesquisa. No Capítulo 4, execução e análise do processo, encontra-se a descrição da implementação do projeto seguida da análise da professora-pesquisadora. O Capítulo 5 consiste nas conclusões da pesquisa, com as inferências a partir da análise das atividades desenvolvidas ao longo do processo. Por fim, são apresentados as referências e os apêndices.

2 A ASTRONOMIA NA TABELA PERIÓDICA

Tabela Periódica é fruto de uma construção coletiva, vários cientistas contribuíram para sua elaboração até chegarmos à estrutura moderna desta ferramenta, que se constitui em um conteúdo importante no estudo da Química. Embora seja um instrumento capaz de estimular reflexões, muitas vezes, a forma como é abordada, não contribui para discussões em sala de aula. Conforme afirmam Brito e Massoni (2019), até mesmo a visão histórica da TP é negligenciada durante a sua abordagem na educação básica. No que tange aos elementos químicos, fala-se apenas em suas propriedades e aplicações, sem explicitar como surgiram e de onde vieram. É como se os elementos dispostos na TP sempre tivessem existidos na Terra.

2.1 UMA VISÃO HISTÓRICA DA TABELA PERIÓDICA

A TP é um dos instrumentos didáticos mais importantes no ensino de Química. A sua construção é um belo exemplo de como funciona a construção de modelos e teorias na área das Ciências Naturais. Nada é definitivo e vários trabalhos e descobertas, a sua época, contribuem para construção do conhecimento. Assim funciona o método científico e isto é perfeitamente evidenciado quando se fala na história da TP. Essa visão histórica se justifica, portanto, na necessidade de destacar o trabalho coletivo, muitas vezes independente, que culminou com a concepção dessa ferramenta.

A necessidade de classificação, segundo Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997), surge “à medida que o homem passou a ter a sua disposição uma diversidade maior de materiais”. Esta diversidade levou a uma necessidade de organização, conseguida por meio da utilização de vários critérios. Por exemplo, a citação do trabalho de Linnaeus na sistemática botânica, o qual inspirou a sistematização da nomenclatura química.

Tendo em vista este cenário, Dalton, considerava que toda matéria seria formada por minúsculas partículas indivisíveis, denominadas átomos. Além de tratar sobre a constituição da matéria, ele afirmava que cada átomo possuía uma característica específica, o seu peso atômico. As ideias de Dalton não apenas retomam o atomismo proposto pelos filósofos Leucipo e Demócrito, como também contribuíram com a Teoria Molecular (TOLENTINO, ROCHA-FILHO E CHAGAS, 1997).

Com os cálculos dos pesos atômicos, alguns cientistas, começaram a desconfiar que esses pesos poderiam estar relacionados com algumas propriedades dos elementos químicos. A

partir dessa ideia, Dobereiner organizou os elementos em grupos de três, por isso seu modelo ficou conhecido como tríades de Dobereiner, sendo que o peso atômico do elemento central correspondia a média aritmética dos outros dois. Essa relação não ocorria em todas as tríades formadas, demonstrando a fragilidade do modelo (LEITE, 2019).

Posterior à ideia das tríades surge o Parafuso Telúrico de Chancoutois. Um químico e mineralogista que dispôs os elementos químicos numa espiral cilíndrica em ordem crescente de seus pesos atômicos, observando que aqueles que estavam numa mesma vertical possuíam propriedades semelhantes. Essa concepção estava mais voltada para mineralogia e apresentava uma disposição de difícil visualização, de forma que esse modelo não teve muita aceitação pela comunidade científica (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

Mais tarde, outros cientistas, como Olding e Newlands, também propuseram modelos de TP. Em 1864, William Odling apresentou uma tabela que agrupava os elementos químicos conforme as propriedades dos seus compostos. Já Newlands, em 1866, propôs a uma organização denominada de Lei das Oitavas, na qual os elementos químicos foram dispostos na ordem crescente de seus pesos atômicos, assim como os demais modelos, no entanto, Newlands observou que a cada 8 elementos havia uma repetição das propriedades na horizontal. O modelo também apresentava algumas falhas, pois alguns elementos na mesma linha horizontal tinham propriedades diferentes (LEITE, 2019).

As pesquisas sobre o tema se sucederam e destaca-se o trabalho independente de Meyer e Mendeleiev. Em seus trabalhos eles buscaram demonstrar a importância dos pesos atômicos e chegaram a conclusões semelhantes. Em seu livro, Strathern (2002) afirma que além dessa coincidência, ambos tinham outras particularidades em comum; Meyer fez Química anos mais tarde que Mendeleiev e atuou no mesmo laboratório que ele com Bunsen, possuindo, portanto, um profundo conhecimento sobre os elementos químicos.

Então, por que é atribuído apenas a Mendeleiev o título de pai da TP? Mendeleiev conseguiu um grau de precisão na sua descrição maior, explicando com firmeza as inconsistências de seu modelo. O mérito do seu trabalho está nas lacunas deixadas na sua tabela. Ele afirmava que esses espaços seriam ocupados mais tarde por elementos que ainda estavam para ser descobertos e, de fato, muitos desses elementos foram descobertos e suas propriedades correspondiam aquelas descritas por Mendeleiev.

Ainda segundo o autor (STRATHERN, 2002), Mendeleiev chegou a essa ideia depois de um sonho. Algo o intrigava e ele passou dias e noites sem dormir até que percebeu que ao agrupar elementos com propriedades semelhantes, havia um aumento dos pesos atômicos

quando se percorria na vertical, mas, vencido pelo cansaço, Mendeleiev dormiu e foi nesse momento, durante um sonho, que sua TP foi idealizada. Ao acordar, ele escreveu rapidamente as ideias que teve durante o devaneio, nascendo assim a TP percussora da que conhecemos hoje.

Ao longo de 100 anos a TP continuou sofrendo alterações. À medida que novos elementos foram sendo descobertos, eram inseridos nela promovendo algumas mudanças. A descoberta de gases inertes provocou a criação de um novo grupo, os hoje conhecidos como gases nobres; a criação das séries dos lantanídeos e actinídeos, bem como a descoberta dos elementos transurânicos, foram alguns fatores que culminaram em modificações da TP (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

Mesmo com todas essas alterações desde a idealizada por Mendeleiev até a dos dias atuais, a base da TP, assim como a sua ideia central de organização, continua sendo aquela concebida pelo químico russo. A TP moderna (Figura 2.1) é organizada em linhas verticais e horizontais. São sete linhas horizontais denominadas de períodos e 18 linhas verticais conhecidas como colunas ou grupos, ou famílias. Nesse modelo, os elementos químicos estão dispostos em ordem crescente dos seus números atômicos e não mais dos pesos atômicos. A mudança na Lei da Periodicidade se deu com o conhecimento advindo dos núcleos atômicos e suas partículas.

Figura 2.1: Tabela Periódica atual

 Sociedade Brasileira de Química

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

1 1,008 H HIDROGÊNIO																	18 4,0026 He HÉLIO
3 6,94 Li LÍTIO	4 9,0122 Be BERÍLIO											5 10,81 B BÓRIO	6 12,011 C CARBONO	7 14,007 N NITROGÊNIO	8 15,999 O OXIGÊNIO	9 18,998 F FLUOR	10 20,180 Ne NEÔNIO
11 22,990 Na SÓDIO	12 24,305 Mg MAGNÉSIO											13 26,982 Al ALUMÍNIO	14 28,086 Si SILÍCIO	15 30,974 P FÓSFORO	16 32,06 S ENXOFRE	17 35,45 Cl CLORO	18 39,948 Ar ARGÔNIO
19 39,098 K POTÁSSIO	20 40,078 Ca CALCÍO	21 44,956 Sc ESCÂNDIO	22 47,867 Ti TITÂNIO	23 50,942 V VANÁDIO	24 51,996 Cr CRÔMIO	25 54,938 Mn MANGANÊS	26 55,845 Fe FERRO	27 58,933 Co COBALTO	28 58,933 Ni NÍQUEL	29 63,546 Cu COBRE	30 65,38 Zn ZINCO	31 69,723 Ga GÁLIO	32 72,630 Ge GERMÂNIO	33 74,922 As ARSÊNIO	34 78,971 Se SELÊNIO	35 79,904 Br BROMO	36 83,798 Kr KRIPTONÍO
37 85,468 Rb RUBÍDIO	38 87,62 Sr ESTRÔNCIO	39 88,906 Y ÍTRIO	40 91,224 Zr ZIRCONÍO	41 93,906 Nb NÍOBIO	42 95,94 Mo MOLIBDÊNIO	43 101,07 Tc TECNÉCIO	44 101,07 Ru RUTÊNIO	45 102,91 Rh RÓDIO	46 106,42 Pd PALÁDIO	47 107,87 Ag PRATA	48 112,41 Cd CÁDMIO	49 114,82 In ÍNDIO	50 118,71 Sn ESTANHO	51 121,76 Sb ANTIMÔNIO	52 127,60 Te TELÚRIO	53 126,91 I IODO	54 131,29 Xe XENÔNIO
55 132,91 Cs CÉSIO	56 137,33 Ba BÁRIO	57-71 LANTANÍDEOS	72 178,49 Hf HÁFNIO	73 180,95 Ta TÂNTALO	74 183,04 W TUNGSTÊNIO	75 186,21 Re RÊNIO	76 186,21 Os ÓSMIO	77 188,91 Ir IRÍDIO	78 195,08 Pt PLATINA	79 196,97 Au OURO	80 200,59 Hg MERCÚRIO	81 204,39 Tl TÁLIO	82 207,2 Pb CHUMBO	83 208,98 Bi BISMUTO	84 208,98 Po PÓLONIO	85 209 At ASTATO	86 210 Rn RADÔNIO
87 Fr FRÂNCIO	88 Ra RÁDIO	89-103 ACTINÍDEOS	104 Rf RUTÊNIO	105 Db DUBNIO	106 Sg SEABÓRGIO	107 Bh BÓHRIO	108 Hs HÁSSIO	109 Mt MEITNÉRIO	110 Ds DARMSTÁDIO	111 Rg ROENTGÊNIO	112 Cn COPERNÍCIO	113 Nh NIHÔNIO	114 Fl FLERÓVIO	115 Mc MOSCÓVIO	116 Lv LIVERMÓRIO	117 Ts TENESSÓ	118 Og OGANESSÔNIO

Atenção: para saber como obter uma tabela periódica com muitas outras informações adicionais, acesse www.sbq.org.br/divulgacao

57 138,91 La LANTÂNIO	58 140,12 Ce CÉRIO	59 140,91 Pr PRASEODÍMIO	60 144,24 Nd NEODÍMIO	61 150,36 Pm PROMÉCIO	62 151,96 Sm SAMÁRIO	63 151,96 Eu EUROPIO	64 157,25 Gd GADOLÍNIO	65 158,93 Tb TÉRBIO	66 162,50 Dy DISPRÓBIO	67 164,93 Ho HÓLMIO	68 167,26 Er ERBÍO	69 168,93 Tm TÚLIO	70 173,05 Yb ITÉRBIO	71 174,97 Lu LUTÉCIO
89 Ac ACTÍNIO	90 226,04 Th TÓRIO	91 227,04 Pa PROTÁCTÍNIO	92 226,04 U URÂNIO	93 238,03 Np NEPTÚNIO	94 238,03 Pu PLUTÓNIO	95 Am AMÉRICIO	96 243,06 Cm BERKELIO	97 247,07 Bk CALIFÓRNIO	98 251,08 Cf EINSTEÍNIO	99 252,08 Es FERMIÓ	100 257,10 Fm MENDELÉVIO	101 259,10 Md NOBELÍO	102 262,10 No LAURENÇÍO	103 263,10 Lr LAURENÇÍO

www.sbq.org.br copyright © 2022 SBO fone: (11) 3032-2299

Fonte: file:///C:/Users/janes/Downloads/tabelaperiodica_SBO_15fev2022.pdf

A TP se constitui em um importante recurso didático no ensino da Química. Seu conhecimento possibilita que os estudantes compreendam as propriedades físicas e químicas não apenas dos elementos químicos como também das substâncias por eles formadas.

2.2 O ENSINO DA TABELA PERIÓDICA

A Química é responsável por inúmeros avanços em diversos campos como, por exemplo, saúde, energia e meio ambiente, proporcionando uma melhoria na qualidade de vida da sociedade. Compreendê-la, portanto, é de suma importância, pois contribui na formação de um pensamento crítico e reflexivo sobre diversos fatos do cotidiano, já que seu estudo oportuniza não apenas a compreensão dos fenômenos, como também a capacidade de interferir neles de forma a contribuir para o bem-estar de todos.

Apesar da importância da Química para a humanidade, na Educação Básica ela é uma das disciplinas que os estudantes apresentam mais dificuldades. É muito comum ouvir questionamentos como “para que eu quero estudar isso?”. Isso se deve, na maioria das vezes, porque os estudantes não conseguem estabelecer uma relação entre o conteúdo abordado e situações reais, ou seja, não enxergam aplicabilidade dos conteúdos estudados, como na TP, o que torna as aulas desmotivantes.

Nesse sentido, segundo Brito e Massoni (2019, p. 29), “nota-se que estudantes dos mais variados níveis de educação são motivados a decorar nomes e propriedades dos elementos químicos sem entender o contexto histórico de descoberta desses elementos, suas propriedades físico-químicas e origem (gênese).” À vista disso, Trassi *et al.* (2001) afirmam que compete ao professor oportunizar um ensino mais significativo da TP. Nessa perspectiva, o trabalho de Oliveira, Silva e Santos (2015) destaca a necessidade de romper com o ensino tradicional da TP, promovendo um estudo investigativo e contextualizado por meio da análise de rótulos de alimentos e materiais do cotidiano dos discentes. Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997) enfatizam a necessidade de abordar os aspectos históricos do surgimento da TP. Da mesma forma, Brito e Massoni (2019) reforçam a importância da abordagem histórica, aliada à formação dos elementos químicos.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) já preconizavam a contextualização por meio da unificação do ensino na proposta curricular do Ensino Médio quando propõe uma

formação geral em oposição à formação específica. Garrutti e Santos (2004, p.189) afirmam que “nesse processo, os conteúdos das disciplinas devem ser trabalhados de tal forma que sirvam de aporte às outras, formando uma teia de conhecimentos”. É preciso ressaltar que a interdisciplinaridade não significa extinguir as disciplinas, mas sim proporcionar um entendimento maior entre elas mediante a utilização de temáticas que estimulem o interesse do estudante, possibilitando uma construção mais efetiva do conhecimento.

Uma das formas de promover uma abordagem interdisciplinar é por meio de um ensino contextualizado. Contextualizar não se resume a uma mera exemplificação de fenômenos, mas, sim, problematizar sobre situações do dia a dia de forma que os estudantes utilizem os conhecimentos científicos para explicá-las. Pontes *et al.* (2008, p.6) afirmam que:

[...] a contextualização aproxima o estudo da química às realidades e vivências dos alunos, além de influenciar e facilitar a aprendizagem de conteúdos considerados até então difíceis, fazendo com que haja uma maior motivação para se estudar fenômenos químicos que até então estavam distantes do senso comum dos alunos.

É evidente, portanto, a necessidade de romper com o modelo tradicional de ensino e promover uma educação em Química que contribua para formação de cidadãos que sejam capazes de utilizar os conhecimentos científicos construídos para atuar e modificar a realidade ao seu redor. Conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC),

para formar esses jovens como sujeitos críticos, criativos, autônomos e responsáveis, cabe às escolas de Ensino Médio proporcionar experiências e processos que lhes garanta as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da contemporaneidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e fundamentadas. (BRASIL,2018, p.463).

A contextualização dos conteúdos pode contribuir com o processo de ensino, devendo estar associada à interdisciplinaridade. Existem diferentes entendimentos sobre o que seja o processo de contextualização, e nesse trabalho vamos adotar o que diz o PCNEM: “a contextualização é um recurso por meio do qual se busca dar um novo significado ao conhecimento escolar, possibilitando ao aluno uma aprendizagem mais significativa” (BRASIL, 1999, p. 82).

Nesse sentido, abordar conteúdos relacionados a Astronomia nas aulas de Química pode contribuir para promover um ensino contextualizado, além de que o ensino de Astronomia está estabelecido nas diretrizes tanto nos PCN (1998) como na BNCC (2018). Nos PCN a Astronomia é abordada na área de Ciências da Natureza, na sua maior parte na disciplina de

Física. Já na BNCC a temática Astronomia é ligada à disciplina de Ciências no fundamental I e II, na unidade chamada Terra e Universo.

A BNCC do Ensino Médio propõe, para garantir a continuidade à proposta do Ensino Fundamental, um aprofundamento nas seguintes temáticas: Matéria e Energia; Vida e Evolução; Terra e Universo. “Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problemas que emergem em diferentes contextos[...]” (BRASIL, 2018, p. 548).

Dentro da BNCC, cada área de conhecimento possui competências específicas. Na área de Ciências da Natureza são três competências específicas e o estudo da Astronomia é contemplado na segunda (II), pois considera que o estudante deve ser capaz de interpretar a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos, e a partir delas elaborar e executar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, defendendo decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018, p. 556).

O documento apresenta também as habilidades que devem ser desenvolvidas a partir das competências específicas da área. Analisando-as, a habilidade EM13CNT209 é a que melhor se aplica à proposta deste trabalho:

analisar a evolução estelar associando-se 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, composições e as possibilidades de existência de vida. (BRASIL, 2018, p. 556)

Embora a BNCC seja o documento norteador que estabelece as normas e diretrizes da Educação Básica a serem seguidas pelas redes de ensino e as suas instituições públicas e privadas, na prática, o ensino de Astronomia não ocorre consoante as indicações do documento (LANGHI e NARDI, 2009). Diante do exposto, fica evidente que a Astronomia é uma temática que pode ser abordada em qualquer disciplina da Área de Ciências da Natureza, proporcionando um ensino contextualizado, já que promove um diálogo entre as disciplinas, devido a sua natureza interdisciplinar, criando um ambiente propício para a construção do conhecimento.

2.3 CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA E AS PARTÍCULAS FUNDAMENTAIS

O entendimento sobre a origem e formação da matéria sempre intrigou a humanidade. A busca por essa compreensão já revelou grandes descobertas, no entanto, se considerarmos

que apenas 4% do Universo é formado pela matéria comum, visível e que, portanto, é o que realmente se conhece, nota-se que o conhecimento acerca do Universo é ínfimo diante do desconhecido, de forma que observamos apenas a ponta do iceberg (STEINER, 2006, p.245). A maior parte da matéria do Universo, 22%, corresponde a chamada matéria escura e 74% representam a energia escura, que recebem essas designações pois não emitem radiação eletromagnética, o que dificulta a percepção sobre a sua constituição.

A existência da matéria escura foi prevista em 1933, pelo astrônomo Fritz Zwicky ao perceber que a massa de aglomerados de galáxias era maior do que o esperado (SWART, 2019). Em 1960, novas medidas confirmaram a existência de uma matéria desconhecida que aumentava a massa desses aglomerados denominada matéria escura. A matéria escura assim como a matéria comum (matéria bariônica), possui gravidade, afetando assim a dinâmica das galáxias. A energia escura, ao contrário, não apresenta este efeito gravitacional e acredita-se que sua única ação seja provocar a repulsão sobre a matéria, sendo considerada a responsável pela expansão acelerada do universo (STEINER, 2006).

Dessa forma, do total de matéria e energia do Universo, apenas 4% são formadas pelos átomos. O termo foi empregado a primeira vez pelos filósofos Leucipo e Demócrito, que acreditavam que a matéria era constituída por minúsculas partículas indivisíveis. A ideia de indivisibilidade do átomo perdurou até que o físico Joseph John Thomson descobriu a primeira partícula subatômica, o elétron, em 1897. Desde então, novas partículas foram sendo descobertas. Em 1919, Ernest Rutherford descobriu que a carga positiva do núcleo atômico se devia a existência de uma partícula mais massiva que o elétron, denominada próton.

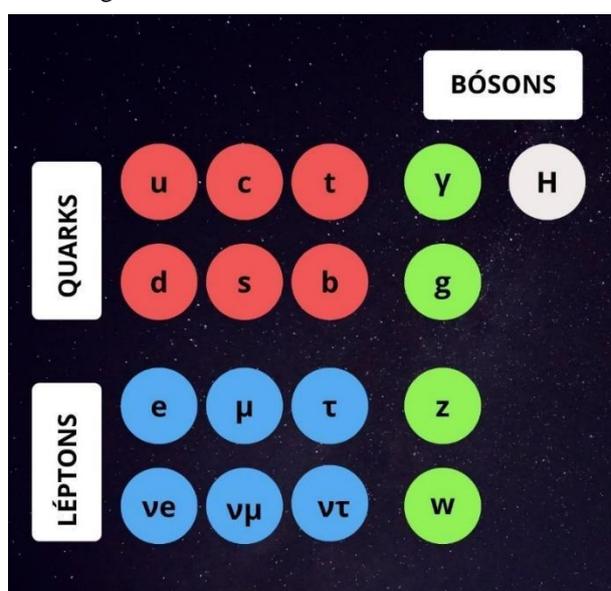
Em 1932, James Chadwick mostrou a presença de outra partícula no núcleo, ligeiramente mais massiva que os prótons e sem carga elétrica, eram os nêutrons. Nas primeiras décadas do século XX, acreditava-se na existência dessas três partículas e dos fótons. Esse cenário começou a mudar com as descobertas das primeiras antipartículas. Toda partícula tem uma antipartícula de mesma massa, mas carga de sinal oposto, associada a ela. A presença das antipartículas foi prevista por Wolfgang Pauli como uma forma de explicar a conservação de energia no decaimento beta. A primeira antipartícula descoberta foi o pósitron, em 1932 por Carl Anderson (PERUZZO, POTTKER, PRADO, 2014).

Depois das descobertas destas partículas, dentre as quais acreditava-se que os prótons e nêutrons seriam partículas indivisíveis, várias outras foram descobertas e organizadas. Em 1970 foi elaborado um modelo teórico denominado de Modelo Padrão de partículas (Figura

2.2), que engloba as partículas elementares conhecidas. Dessa maneira, se faz necessário introduzir o conceito do que é uma partícula elementar. Uma partícula elementar é aquela que não pode ser dividida em partículas menores, portanto tem um único componente (ABDALLA, 2005).

O Modelo Padrão de partículas considera três tipos de partículas elementares: *quarks*, *léptons* e *bósons*. Os *quarks* e *léptons* são classificados como férmions, possuem spin¹ semi-inteiro e correspondem ao constituinte da matéria em geral. Já os *bósons* têm spin inteiro ou nulo e constituem partículas de mediação das forças fundamentais entre os férmions (PERUZZO, POTTKER, PRADO, 2014).

Figura 2.2: Modelo Padrão de Partículas



Fonte: Do próprio Autor

Existem 6 tipos de quarks, conhecidos como sabores *up*, *down*, *charm*, *strange*, *top* e *bottom*. Cada sabor tem uma cor associada a ele. A cor é uma propriedade intrínseca dos quarks e dos glúons e está relacionada com a força forte. Ela foi introduzida em 1964 pelo físico Oscar W. Greenberg como uma maneira de explicar de que forma os quarks se agrupavam no núcleo atômico sem violar o Princípio de Exclusão de Pauli². As cores utilizadas são vermelho, azul e

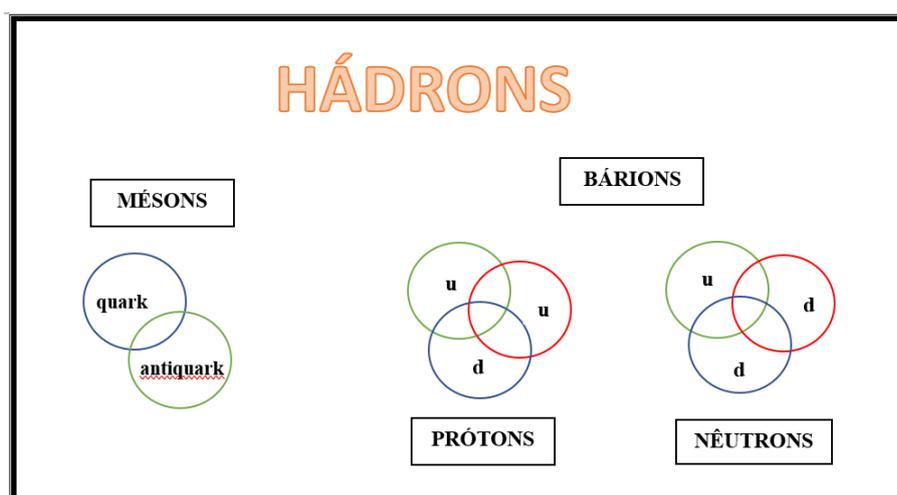
¹ Spin é uma propriedade importante das partículas subatômicas relacionada ao momento angular intrínseco delas. De maneira simplista, podemos defini-lo como as possíveis “orientações” das partículas quânticas quando submetidas a um campo magnético.

² Princípio formulado por Wolfgang Pauli e determina que partículas iguais não podem ocupar o mesmo estado quântico.

verde e estão relacionadas, na verdade, a carga de cor. Dessa forma, quarks com cores iguais se repelem e com cores diferentes se atraem (OSTERMANN, 1999).

Ao que tudo indica, partículas com a propriedade carga de cor não conseguem existir livres na natureza. Dessa forma, os quarks se agrupam, formando os hádrons que podem ser mésons ou bárions (Figura 2.3). Os mésons são formados por duplas de quarks (quark + antiquark) e os bárions por três quarks. Prótons e nêutrons são bárions formados pelos quarks *up* e *down*. Nos prótons tem-se dois quarks *up* e um *down* enquanto os nêutrons são formados por dois quarks *down* e um *up*.

Figura 2.3: Tipos de hádrons



Fonte: Adaptado de <http://www.thestargarden.co.uk/Strong-nuclear-force.html#Figure-top-23-2>

Na década de 30, o japonês Hideki Yukawa, conhecendo o poder de alcance da força forte, calculou a massa de uma nova partícula que ele acreditava ser a mediadora da força forte. Essa partícula foi denominada de *píon* (π) e, segundo Yukawa, ela existia em três variedades de carga, neutra, positiva e negativa (π^0 , π^+ e π^-). Por essa hipótese, Yukawa se tornou o primeiro japonês a receber o Nobel de Física, em 1949. Em 1948, os *píons* carregados foram descobertos e dois anos depois foi a vez dos *píons* neutros que apresentavam a mesma massa prevista por Yukawa (OSTERMAN, 1999).

A descoberta dos *píons* foi realizada pela equipe de cientistas liderada por Cecil Powell, com a participação decisiva do físico brasileiro César Lattes. O experimento foi realizado em Chacaltaya (Figura 2.4), um pico da Cordilheira dos Andes de 5421 m de altitude localizado na Bolívia. A pesquisa envolvia basicamente a exposição de câmaras de emulsões, por um ano ou mais, aos raios cósmicos. Em seguida, os materiais fotográficos eram recolhidos

e encaminhados a laboratórios no Brasil e no Japão para análise (LATTES, *et al.*, 1971). Lattes não foi agraciado com o Nobel de Física, pois em 1960 o prêmio era concedido apenas ao chefe da equipe, no caso, o inglês Cecil Powell, entretanto a descoberta do brasileiro o colocou num papel de destaque na História da Ciência.

Figura 2.4: Cesar Lattes em Chacaltaya



Fonte: <https://cosmosecontexto.org.br/cesar-lattes-a-descoberta-do-meson-%CF%80-e-a-fisica-de-particulas/>

Atualmente, sabe-se que os *píons* são mésons, pois são constituídos por dois quarks (quark + antiquark), não são partículas mediadoras da força forte e que são instáveis, portanto, possuem um tempo médio de vida curto e decaem rapidamente em outras partículas, os *múons*. Osterman (1999, p.423) afirma que “na busca pelos *píons*, os físicos descobriram uma partícula com massa $1/9$ da massa do próton”, os quais eram os *múons* que não interagem via força forte, e desta forma são considerados léptons, assim como os elétrons.

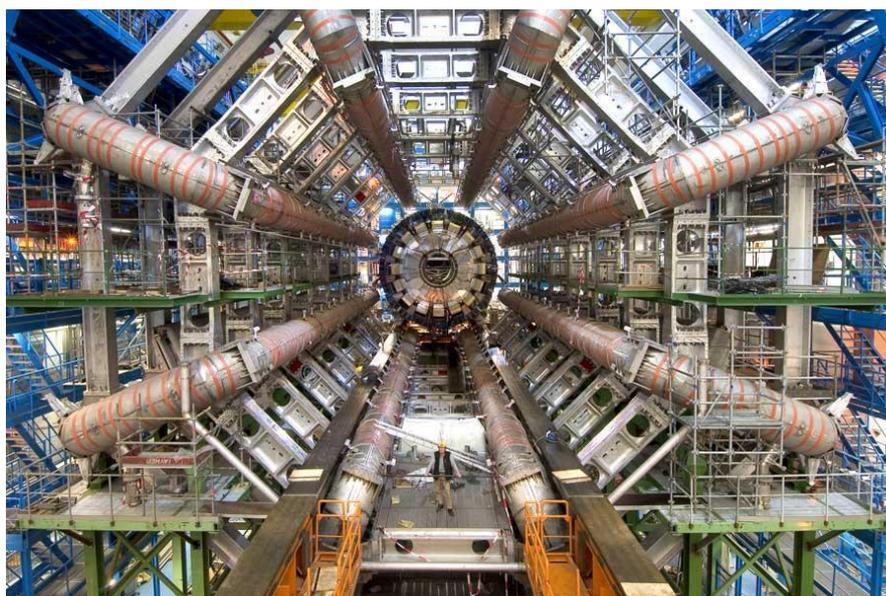
Os *léptons* possuem três gerações, a primeira corresponde às partículas mais leves, os *elétrons* e o seu *neutrino*, a segunda e a terceira geração são as mais massivas, os *múons* e *táuons* e os seus *neutrinos*, respectivamente. Os neutrinos receberam esse nome por não

possuírem carga e participarem apenas das interações dos seus respectivos homônimos. Além disto, interagem muito pouco com a matéria, sendo difíceis de serem detectados.

O terceiro grupo de partículas elementares presentes no modelo padrão, corresponde aos bósons. Os bósons são as partículas mediadoras das forças fundamentais entre os férmions. Existem quatro forças fundamentais, a força nuclear forte, a força nuclear fraca, a eletromagnética e a gravidade. A força forte atua no núcleo do atômico, mantendo-o coeso, possibilitando, assim, a existência dos elementos químicos da TP. Os bósons que atuam mediando essa força são os *glúons*, que funcionam ligando os quarks. A força nuclear fraca age sobre os léptons e os quarks e é responsável pela desintegração radioativa. Os mediadores dessa força são os bósons W^+ , W^- e Z^0 . O *fóton* é o bóson de mediação da força eletromagnética que corresponde à força de atração e repulsão ocasionada pelas cargas elétricas. A força gravitacional é a força de atração gerada devido à massa dos corpos, a sua partícula mediadora, o *gráviton*, ainda não foi detectada (VIEIRA,2005, p 44).

O bóson de Higgs teve a sua existência teorizada em 1960 por Peter Higgs, sendo descoberto em 2012 no LHC, Large Hadrons Collider ou o Grande Colisor de Hádrons (Figura 2.5). Nesta que é considerada a maior máquina do mundo, os hádrons são acelerados a velocidades próximas a da luz até se chocarem uns com os outros, revelando a diversidade de partículas constituintes da matéria. O bóson de Higgs é responsável por fornecer massa a outras partículas por meio da interação que se estabelece no campo de Higgs. A sua descoberta resolveu algumas limitações do modelo padrão. As pesquisas nos chamados aceleradores de partículas, que proporcionam um aumento crescente no conhecimento acerca da constituição da matéria, continuam e evidências recentes podem promover alterações nesse modelo.

Figura 2.5: Grande Colisor de Hádrons (LHC)



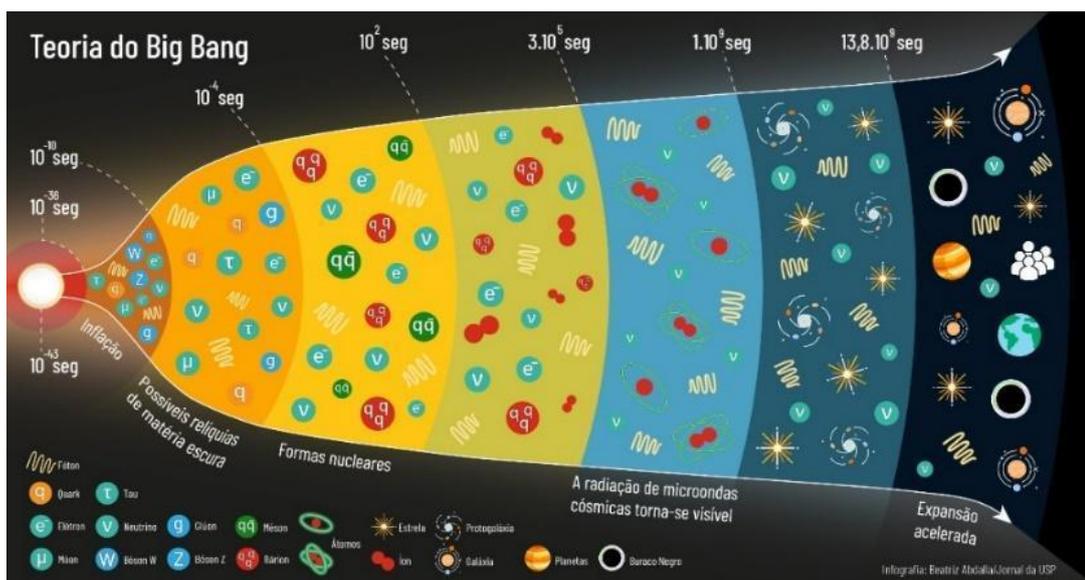
Fonte: <https://apod.nasa.gov/apod/ap080225.html>

2.4 NUCLEOSSÍNTESE PRIMORDIAL: A FORMAÇÃO DOS PRIMEIROS ELEMENTOS QUÍMICOS

De acordo com a teoria do Big Bang, proposta por George Gamow, que considerou trabalhos anteriores feitos por Georges Lemaitre, Alexander Friedmann e Howard Percy Robertson (PERUZZO, POTTKER e PRADO, 2014), as partículas elementares originaram-se há cerca de 15 bilhões de anos. Embora o termo sugira a existência de uma grande explosão, na verdade, não houve nenhum evento explosivo. A expressão foi empregada pela primeira vez, de forma sarcástica, pelo astrônomo britânico Fred Hoyle, um adepto da teoria do Universo estacionário, portanto, opositor ao Big Bang (SINGH,2014).

Segundo a teoria do Big Bang, o universo teve início a partir de um estágio extremamente quente, denso e opaco, chamado de singularidade. À medida que a expansão acontecia, a densidade e a temperatura diminuía e uma série de eventos ocorreram, culminando com a formação e evolução do Universo com as suas estruturas tal como se conhece hoje (Figura 2.6).

Figura 2.6: Representação gráfica dos eventos ocorridos no Big Bang



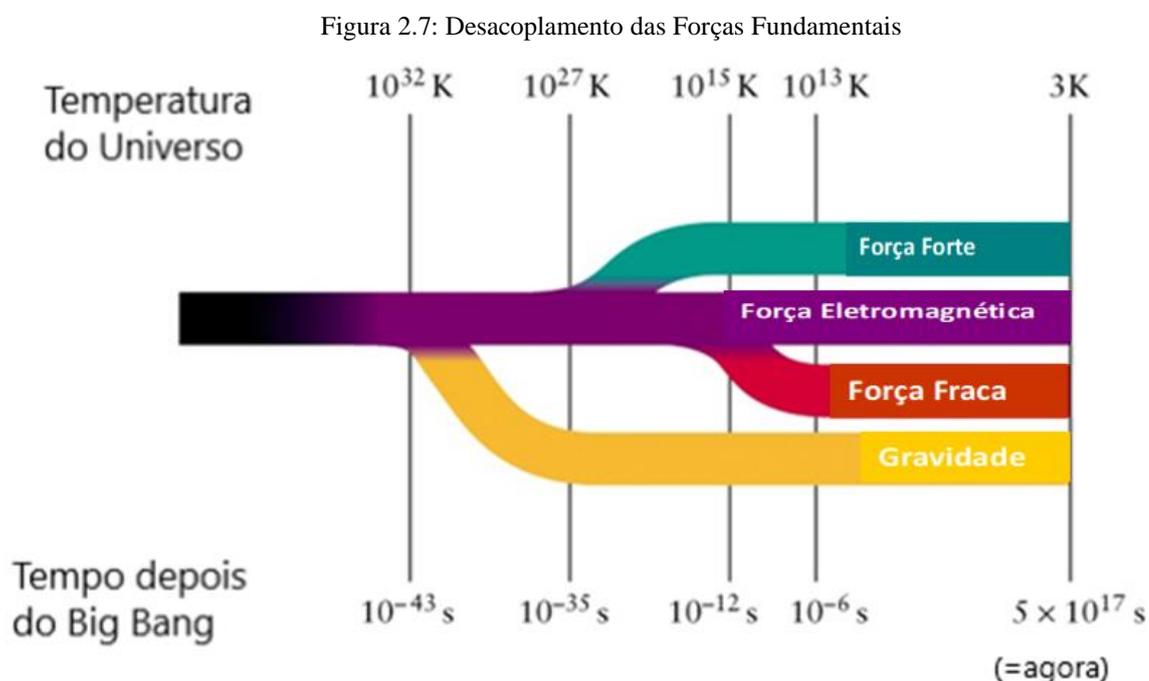
Fonte: Infografia: Beatriz Abdalla/Jornal da USP Disponível em <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/major-acelerador-de-particulas-do-mundo-passa-por-um-upgrade-o-que-vem-por-ai/>

O Big Bang é dividido em Eras que consideram o instante de tempo e a temperatura média do universo. Nessa pesquisa foi considerada a divisão em oito Eras, conforme descrito por Brito e Massoni (2019), por considerá-la mais didática principalmente para ser adotada na Educação Básica. Na primeira delas, chamada de Era de Planck, acredita-se que as quatro forças da natureza, força nuclear forte, nuclear fraca, eletromagnética e gravidade, estavam unidas e a Física, como conhecemos hoje, ainda não consegue descrever os fenômenos que aconteceram nessa fase. Ela corresponde ao intervalo de tempo de 0s a 10^{-43} s depois da origem do universo.

A Era seguinte, da Grande Unificação (GUT), é caracterizada pela separação da gravidade e a formação da força eletro nuclear, junção da força forte, fraca e eletromagnética. No final dessa Era, quando a temperatura chega aos 10^{29} K, a força forte se separa da força fraca e ocorre a inflação, momento correspondente a rápida e enorme expansão. A terceira Era, Era da Interação Eletrofraca, é marcada pela formação de partículas e suas antipartículas que se aniquilam, ou seja, são criadas e destruídas continuamente. Nesse momento atuam três forças fundamentais, a gravidade, a força forte e a eletrofraca (força fraca e eletromagnética juntas). No final dessa Era, a força eletromagnética se separa da força fraca.

No intervalo de tempo entre 10^{-10} s e 0,001s após o Big Bang ocorre a formação dos quarks que origina os prótons e nêutrons. É a Era das Partículas, essa fase é caracterizada pela atuação das quatro forças separadas (Figura 2.7). Entre 0,001s e 300s depois da origem do universo, inicia-se a fusão de prótons e nêutrons gerando os primeiros núcleos atômicos,

caracterizando a quinta Era, denominada de Era da Nucleossíntese. Os primeiros núcleos formados foram o do deutério e trítio, seguidos pelos isótopos do hélio e do lítio. Esse processo de formação dos primeiros núcleos atômicos é conhecido como nucleossíntese primordial, sendo favorecido pela diminuição da temperatura que contribuiu para a formação de núcleos a partir de prótons e nêutrons livres.



Fonte: <http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/introcosm/Notas/Cap5.pdf> (Tradução própria)

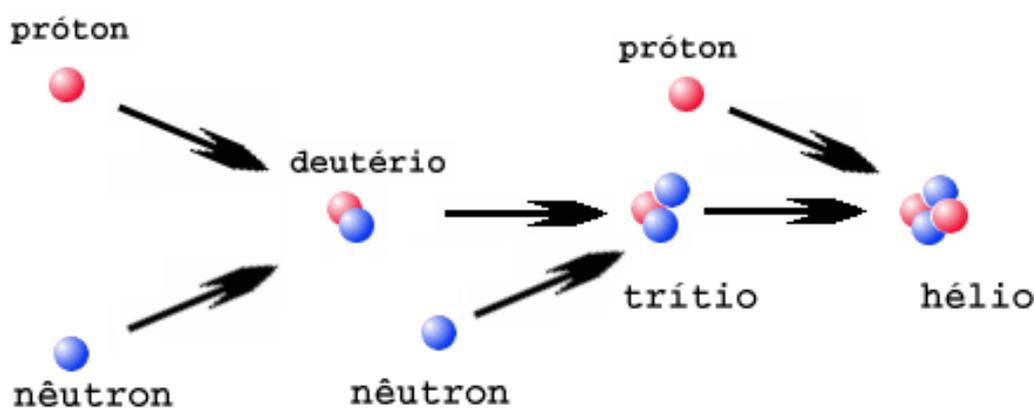
Cerca de 380.000 anos após o Big Bang, os núcleos ionizados começaram a capturar os elétrons livres originando os átomos neutros, caracterizando a Era da Recombinação. Essa captura de elétrons já acontecia antes, entretanto, a ação dos fótons arrancando os elétrons impedia que os átomos se mantivessem neutros, tornando o universo opaco. Na Era da Recombinação, com a temperatura em torno de 3000 K a junção entre a matéria e os fótons diminui possibilitando que a matéria permaneça neutra tornando o universo transparente, permitindo que os fótons viajassem pelo espaço compondo a chamada radiação cósmica de fundo.

Na Era das Grandes Estruturas, o Universo continuou com o seu processo de evolução, a gravidade venceu a expansão local e átomos, elétrons e íons começam a se juntar formando aglomerado de matéria onde mais tarde surgiram estrelas e galáxias. A última Era, Era Presente,

corresponde aos processos atuais de formação de estrelas e galáxias, com conseqüente formação dos elementos químicos naturais mais pesados.

A formação dos elementos químicos durante o Big Bang envolveu uma seqüência de reações nucleares com núcleos leves (Figura 2.8). Numa dessas reações, um próton e um nêutrons colidem formando o deutério (${}^2\text{H}$). O deutério formado colide com um nêutron formado o trítio (H^3), que por sua vez, colide com um próton formado o He^4 . Este foi apenas um exemplo de reações nucleares que aconteceu durante a nucleossíntese primordial. Em outros caminhos, o isótopo ${}^3\text{He}$ formou-se pela captura de um próton pelo deutério ou ainda pela colisão de dois núcleos de deutérios. Já o ${}^4\text{He}$ surgiu pela captura de um deutério pelo trítio ou pelas colisões entre dois núcleos de ${}^3\text{He}$.

Figura 2.8: Exemplos de reações nucleares



Fonte: <http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/intrcosm/Glossario/NucleosPrim.html>

A formação dos núcleos leves é interrompida no Li^7 , de acordo com Horvitz, Bretones e Horvath (2020) os processos de fusão nuclear pararam em razão da diminuição na densidade de prótons e nêutrons e a ausência de núcleos estáveis com massa 5 e 8, interrompendo assim o processo de nucleossíntese. De acordo com Brito e Massoni (2019, p. 106), “à medida que o Universo se resfria, os elementos mais pesados que o hélio, não podem ser produzidos”. Dessa forma, o material primordial é composto basicamente por hidrogênio e hélio.

À medida que o universo se expande, o material primordial é espalhado originando as chamadas nuvens moleculares, que nada mais são que aglomerados de gás e poeira. Sob a ação da gravidade, essas nuvens começam a rotacionar, aumentando a pressão e temperatura, que é maior na região central da nuvem e neste momento, temos a formação de uma protoestrela. A matéria continua sendo acrescida e quando a protoestrela alcança a massa mínima de, pelo

menos 10% a massa do Sol, atinge a temperatura suficiente para iniciar as reações termonucleares, nascendo assim uma estrela.

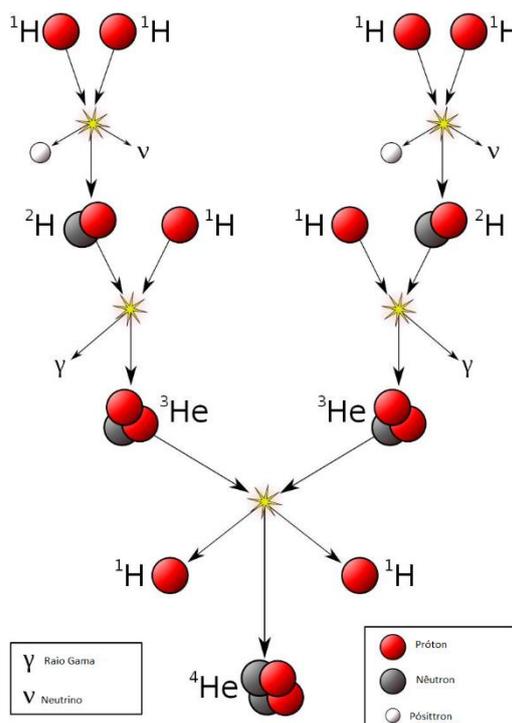
O ciclo de vida de uma estrela é turbulento com momentos de agitação e calmaria, segundo Guimarães e Hussien (2004). De acordo com os autores, a calmaria corresponde à fase na qual a energia gerada nas reações de fusão nuclear equilibra com a ação da força gravitacional. Quando todo o material nuclear é “queimado”, a gravidade promove a contração da estrela, iniciando a fase de agitação. Neste momento, à medida que a temperatura e densidade aumentam, novas “queima” de elementos são desencadeadas (GUIMARÃES E HUSSIEN, 2004).

A maior parte da sua vida, a estrela passa fundindo hidrogênio em hélio no núcleo. Essa é a fase mais longa da vida de uma estrela e é chamada de Sequência Principal. O tempo de duração dessa etapa depende da massa da estrela; estrelas mais massivas queimam rapidamente o hidrogênio do seu núcleo, portanto, ficam menos tempo na sequência principal. Já as estrelas menos massivas, passam mais tempo na sequência principal, pois queimam o hidrogênio mais lentamente. Durante todo o ciclo de atividades de uma estrela, ocorre a formação dos elementos químicos naturais mais pesados. Sendo assim, as “estrelas são os locais naturais para o Universo continuar construindo a Tabela Periódica” (HORVATH, BRETONES, HORVATH, 2020, p.8).

2.5 FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS EM ESTRELAS DE BAIXA MASSA

Em estrelas com a massa do Sol ou menor, a fusão do hidrogênio ocorre predominantemente pela cadeia próton-próton (cadeia pp). Nesta reação quatro átomos de hidrogênio (H) se fundem formando um átomo de hélio (He), pósitrons, neutrinos e radiação gama. A cadeia pp (Figura 2.9) é o mecanismo preferencial para temperaturas menores ou iguais a $2 \cdot 10^7$ K ocorrendo nas formas de pp-1, pp-2 e pp-3.

Figura 2.9: Cadeia pp



Fonte: <https://www.institutoprincipia.org/post/importante-rea%C3%A7%C3%A3o-nuclear-foi-detectada-pela-primeira-vez-no-sol> (tradução própria)

Na via pp-1, ocorre a formação do He^4 , podendo também haver a produção do Be^7 . Já na segunda, além das reações que ocorrem na primeira, tem-se também a formação do Li^7 e, na última, há produção de B^8 , convertido em Be^8 e este em He^4 . O lítio produzido na pp-2 não resiste a temperatura sendo destruído. As reações da cadeia pp são rápidas, exceto a que envolve a formação do deutério (Maciel, 2020).

Quando o hidrogênio do núcleo esgota, a estrela sofre uma contração. Sem a fusão do hidrogênio nuclear, as camadas superiores, devido a ação da gravidade, comprimem o núcleo ocasionando um aumento de temperatura e pressão, dando início ao processo de “queima” conhecido como triplo alpha. Nesse processo, três núcleos de hélio se transformam em carbono. Neste momento, as camadas externas se expandem e a estrela deixa a sequência principal, mudando a sua posição no diagrama HR para o estágio das gigantes vermelhas.

Dependendo da massa da estrela, a temperatura do núcleo continua aumentando promovendo a conversão do carbono em oxigênio, como no caso do Sol e de estrelas com 8 (oito) massas solares. Horvath (2022) enfatiza que, embora o produto principal das reações

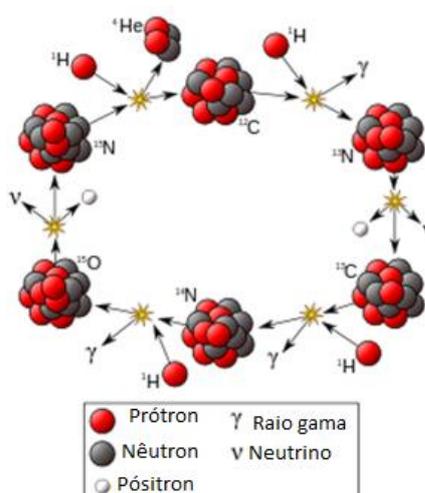
triplo- α seja o carbono, são produzidos também elementos secundários e importantes para formação da vida, como, por exemplo, o nitrogênio.

Quando a fusão do hélio acaba, a estrela seguirá caminhos evolutivos diferentes dependendo da sua massa. As estrelas com até 8 (oito) massas solares ejetarão o envelope formando as chamadas nebulosas planetárias, restando um caroço de carbono e oxigênio. Já as estrelas com massas maiores que 8 (oito) massas solares, iniciarão um novo processo de “queima” de elementos químicos.

2.6 FORMAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS EM ESTRELAS MASSIVAS

Nas estrelas massivas, os processos iniciais de “queima” do hidrogênio e triplo alpha são os mesmos que ocorrem em estrelas de baixa massa, entretanto, esses mecanismos acontecem de forma mais rápida. Além disso, em estrelas mais massivas, com massas 10 (dez) vezes a massa do Sol, cujos núcleos atingem temperaturas maiores que 2×10^7 K, a fusão de hidrogênio em hélio ocorre predominantemente pelo ciclo CNO (Figura 2.10). Neste ciclo, os núcleos de carbono, nitrogênio e oxigênio agem como catalisadores sendo totalmente recuperados no final. Para tanto, é imprescindível a disponibilidade de carbono, oriundo da nuvem interestrelar que deu origem a estrela, para que o ciclo ocorra.

Figura 2.10: Ciclo CNO

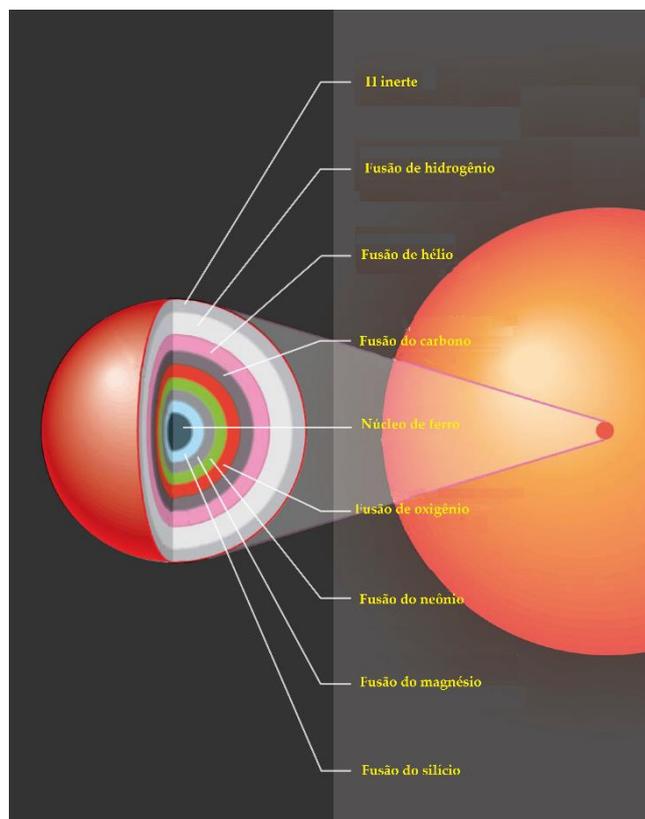


Fonte: <https://www.institutoprincipia.org/post/importante-rea%C3%A7%C3%A3o-nuclear-foi-detectada-pela-primeira-vez-no-sol> (tradução própria)

No ciclo CNO, as estrelas massivas continuam consumindo núcleos de carbono e oxigênio, formam núcleos mais pesados, como magnésio, cálcio, silício e ferro (HORVATH,

2022). Os elementos são produzidos em camadas sucessivas chamadas de estrutura de cebola (Figura 2.11), até a formação do caroço de ferro. A partir do ferro, a fusão é interrompida, pois, os núcleos com massa superior a 56 (cinquenta e seis) possuem uma energia de ligação maior. Com isso, a fusão do ferro deixa de ser exotérmica interrompendo a fusão nuclear (MACIEL, 2020).

Figura 2.11: Estrutura de cebola para estrelas de alta massa



Fonte: Horvath, 2022

Os núcleos mais pesados que o ferro, serão formados pela captura de nêutrons que pode ser de dois tipos, lenta (ou *s* de *slow*) e rápida (*r*). A captura de nêutrons lenta ocorre quando a abundância de nêutrons é baixa e funciona até a formação do núcleo de bismuto (Bi^{203}). Já a captura de nêutrons rápida, ocorre em condições extremas, como a explosão de supernova onde se observa grandes quantidades de nêutrons.

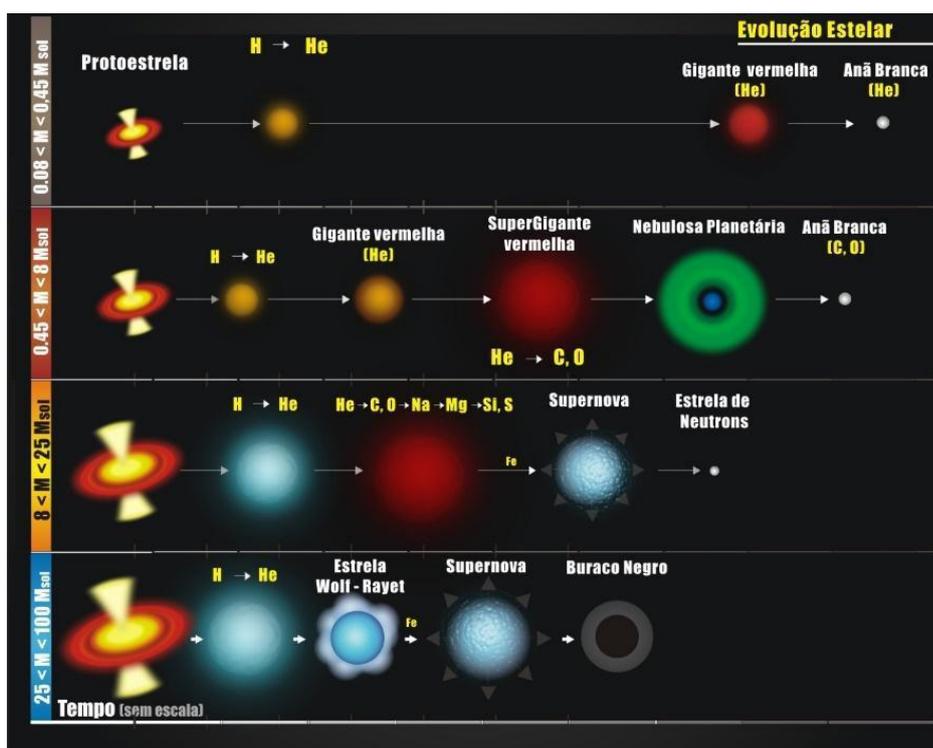
A supernova consiste no final do ciclo evolutivo de estrelas massivas. A interrupção da fusão nuclear após a formação do núcleo de ferro causa uma nova contração na estrela. O aumento da contração gravitacional ocasiona o aumento da densidade do núcleo culmina no evento explosivo durante o qual é liberado uma grande quantidade de nêutrons contribuindo assim com o processo de captura rápida. Guimarães e Hussein (2004, p.84) afirmam que “(...)

a supernova processa a alquimia de transformar ferro em ouro”, enfatizando a formação dos elementos químicos mais pesados que o ferro, na chamada nucleossíntese explosiva.

Durante a supernova os elementos químicos produzidos no interior das estrelas e aqueles formados durante o evento explosivo são espalhados no meio interestelar, esse material é reciclado para formar novos materiais promovendo um enriquecimento químico do meio interestelar. Desta forma, as estrelas atuam como importantes fábricas de elementos químicos, produzindo-os ao longo da sua vida e até mesmo durante a fase final do seu ciclo evolutivo (Figura 2.12).

O estágio final de uma estrela também depende da sua massa, se ela possuir massa menor que dez vezes a massa do Sol, ejetará a nebulosa planetária e o núcleo será uma anã branca, processo que ocorrerá com o Sol. Caso a estrela tenha massa maior que dez vezes a massa do Sol, ocorrerá a supernova, onde serão produzidos os elementos mais pesados que o ferro. O núcleo que sobra poderá originar uma estrela de nêutrons (núcleo remanescente tem massa menor do que duas ou três vezes a massa do Sol) ou um buraco negro (núcleo remanescente tem massa maior que três vezes a massa do Sol).

Figura 2.12: Ciclo evolutivo das estrelas



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>

A produção dos elementos químicos ocorre também com a participação dos raios cósmicos. Entretanto, as reações promovidas por eles diferem das descritas acima. Nas reações que ocorrem no interior das estrelas, têm-se núcleos leves que se juntam para dar origem a núcleos mais pesados. Esse processo é denominado fusão nuclear. Os raios cósmicos, ao contrário, provocam a quebra de núcleos pesados transformando-os em núcleos mais leves (MACIEL, 2004). Esse fenômeno, conhecido como *spallation* (espalação) de raios cósmicos, ocorre no meio interestelar, sendo responsável pela formação de elementos como o berílio e o boro formados na forma de isótopos instáveis durante a nucleossíntese primordial, por isso, não duram muito tempo, portanto, a existência desses elementos deve-se às reações de fissão nuclear proporcionadas pelos raios cósmicos (BRITO E MASSONI, 2019).

Os átomos estão por todos os lados, desde o aparelho celular, que se tornou tão presente na vida dos estudantes, até o próprio corpo humano é constituído por átomos. Entretanto, geralmente, nas aulas de Química do 1º ano do Ensino Médio, abordam-se apenas conceitos relacionados a sua estrutura, constituição e organização na Tabela Periódica, sem associar a sua formação. Todas essas informações podem estar reunidas na própria TP (Figura 2.13). A Tabela Periódica do Universo foi criada pela astrônoma Jennifer A. Johnson em 2019 em comemoração aos 150 anos da TP. Nela, os elementos químicos estão contextualizados em relação ao seu processo astrofísico de nucleossíntese.

Figura 2.13: Tabela Periódica do Universo

Tabela periódica
Nucleossíntese de elementos químicos

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

1 H Hidrogênio

3 Li Lítio

4 Be Berílio

11 Na Sódio

12 Mg Magnésio

19 K Potássio

20 Ca Cálcio

21 Sc Escândio

22 Ti Titânio

23 V Vanádio

24 Cr Cromo

25 Mn Manganês

26 Fe Ferro

27 Co Cobre

28 Ni Níquel

29 Cu Cúprico

30 Zn Zinco

31 Ga Gálio

32 Ge Germânio

33 As Arsênio

34 Se Selênio

35 Br Bromo

36 Kr Criptônio

37 Rb Rubídio

38 Sr Estrôncio

39 Y Ítrio

40 Zr Zircônio

41 Nb Nióbio

42 Mo Molibdênio

43 Tc Técnico

44 Ru Ródio

45 Rh Ródio

46 Pd Paládio

47 Ag Prata

48 Cd Cádmio

49 In Índio

50 Sn Estanho

51 Sb Antimônio

52 Te Telúrio

53 I Iodo

54 Xe Xenônio

55 Cs Césio

56 Ba Bário

57 a 71

72 Hf Háfnio

73 Ta Tântalo

74 W Tungstênio

75 Re Rênio

76 Os Ósmio

77 Ir Írídio

78 Pt Platina

79 Au Ouro

80 Hg Mercúrio

81 Tl Talco

82 Pb Chumbo

83 Bi Bismuto

84 Po Polônio

85 At Astatina

86 Rn Radônio

87 a 103

87 Fr Francium

88 Ra Rádio

104 Rf Rfênio

105 Db Dúrbio

106 Sg Seabórgio

107 Bh Bólio

108 Hs Hécio

109 Mt Mítio

110 Ds Dúnsio

111 Rg Rógnio

112 Cn Cúncio

113 Nh Nihônio

114 Fl Flúvio

115 Mc Moscóvio

116 Lv Lúvio

117 Ts Tenésio

118 Og Oganesson

87 La Lantânio

88 Ce Cério

89 Pr Praseodímio

90 Nd Nêodímio

91 Pm Promécio

92 Sm Samário

93 Eu Európio

94 Gd Gádo

95 Tb Térbio

96 Dy Disprósio

97 Ho Hólio

98 Er Ério

99 Tm Térmio

100 Yb Iúbio

101 Lu Lutécio

88 Ac Actínio

89 Th Tório

90 Pa Protáctio

91 U Urânio

92 Np Neptúlio

93 Pu Plútonio

94 Am Amérvico

95 Cm Cúrcio

96 Bk Berquélio

97 Cf Califórnia

98 Es Éisbergo

99 Fm Fermíbio

100 Md Mendelevíbio

101 No Nôblio

102 Lr Lawrêncio

www.tabelaperiodica.org

Licença de uso Creative Commons By-NC-SA 4.0 - Use somente para fins educacionais
Caso encontre algum erro favor avisar pelo mail tabelaperiodica@gmail.com
Versão baseada em: Flor Cingolati (Tabela própria pelo navegador) - https://nomemora.wikimedia.org/wiki/F%C3%A9blio%20Cingolati%20, pessoal: tabelaperiodica.org (CC BY-SA 3.0). Versão de 27 de dezembro 2019.

Fonte: <https://www.tabelaperiodica.org/como-surgiram-os-elementos-quimicos/>

A Figura 2.13 apresenta uma adaptação desta TP. Nela, em vermelho, estão representados os elementos produzidos durante a nucleossíntese primordial, o hidrogênio e o hélio. Em amarelo, lítio, berílio e boro, formados pela ação dos raios cósmicos. É importante destacar que durante a nucleossíntese primordial, houve a formação de lítio e, talvez, berílio, mas muito pouco. Em verde, azul e laranja, os elementos químicos produzidos nas estrelas. Em lilás os elementos artificiais e que, portanto, não tiveram origem cósmica. A compreensão da formação dos átomos possibilitará aos estudantes o entendimento acerca da evolução química do Universo que culminou com o surgimento da Vida na Terra, além de possibilitar um ensino interdisciplinar e contextualizado dos conteúdos, contribuindo para a formação científica dos estudantes.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são discutidos os aspectos metodológicos da pesquisa, desde o tipo de abordagem até a metodologia empregada para a análise dos resultados, bem como o procedimento utilizado nas ações desenvolvidas em sala de aula. Posteriormente, é feita uma apresentação dos produtos educacionais.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

As pesquisas do tipo intervenção pedagógica são definidas por Damiani *et al.* (2013) como aquelas que se propõe a planejar e desenvolver ações dinâmicas visando melhorias no processo de aprendizagem. Segundo Gil (2010, apud DAMIANI *et al.*, 2013), elas “são aplicadas, ou seja, têm como finalidade contribuir para a solução de problemas práticos. Elas se opõem às pesquisas básicas, que objetivam ampliar conhecimentos, sem preocupação com seus possíveis benefícios práticos”. Desta maneira, a pesquisa desenvolvida seguiu o método da pesquisa-intervenção, uma vez que se baseou em práticas que visam possibilitar melhorias na aprendizagem dos estudantes.

O desenvolvimento da pesquisa-intervenção envolve dois componentes metodológicos: método de intervenção e o método de avaliação da intervenção. O primeiro refere-se as práticas pedagógicas, estas devem ser planejadas de forma criativa e em consonância com a teoria escolhida para implementação da intervenção. O segundo relaciona-se aos instrumentos de coleta de dados bem como à sua análise (DAMIANI *et al.*, 2013).

Em relação aos dados e suas análises, a presente pesquisa caracteriza-se como qualitativa, pois tem um enfoque descritivo e interpretativo. Segundo Moreira (2003, p.24), “o pesquisador interpretativo narra o que fez e sua narrativa concentra-se não nos procedimentos, mas nos resultados”. Durante todo o processo, foram feitos registros das observações e dos relatos dos estudantes, bem como a coleta de materiais produzidos pelos mesmos, como, por exemplo, cartazes, caça-palavras, mapas mentais, desenhos e relatórios.

Segundo Gibbs (2009, p.17), os dados qualitativos constituem qualquer forma de comunicação humana, seja ela “escrita, auditiva ou visual; por comportamentos, simbolismos ou artefatos culturais”. Dessa forma, todo o material produzido durante as aulas e a conduta dos

estudantes compõe o conjunto de dados, cuja análise serviu como avaliação dos efeitos das intervenções.

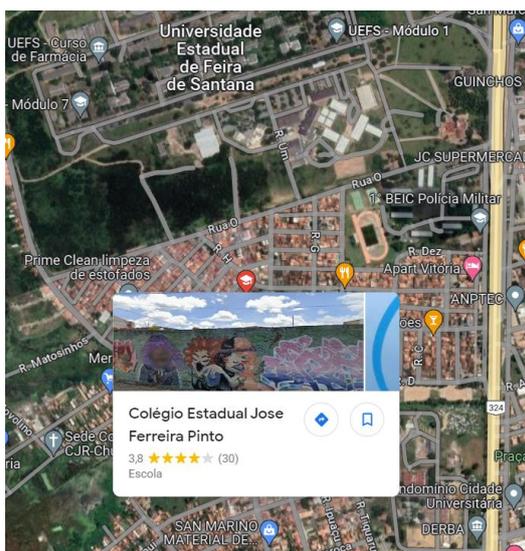
3.2 ESTRUTURAÇÃO DAS AÇÕES

3.2.1 Planejamento das Ações Iniciais

3.2.1.1 Definição do Público-alvo

A pesquisa foi desenvolvida no Colégio Estadual José Ferreira Pinto (Figura 3.1), localizada na cidade de Feira de Santana-Ba, no bairro Feira VI, ao lado da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Situada numa região periférica, a escola atende aos bairros Campo Limpo, Novo Horizonte, Matinha, Pau de Légua, Papagaio, Parque Sabiá, Parque Ipê e o distrito de Maria Quitéria. Em relação ao sistema de ensino, no colégio é ofertado o Ensino Fundamental II, do 6º ao 9º ano, e Ensino Médio, do 1º ao 3º ano, além do EJA (Educação de Jovens e Adultos) no noturno.

Figura 3.1: Localização da escola de aplicação



Fonte: Google Maps

As ações foram implementadas no 1º ano do Ensino Médio no ano letivo de 2022, inicialmente, em 5 (cinco) turmas, todas no turno vespertino. A escolha da série levou em consideração os assuntos contemplados nas intervenções. É importante destacar que os estudantes participantes da pesquisa estavam retornando ao ambiente escolar após o cenário de pandemia vivido nos anos de 2020 e 2021.

Definido o público-alvo, o próximo passo consistiu na apresentação da pesquisa, ou seja, o estudante deve estar ciente do trabalho que será desenvolvido, bem como aceitar participar das ações por meio da assinatura do termo de livre consentimento esclarecido.

3.2.1.2 Levantamento dos Conteúdos

De acordo com o objetivo da pesquisa, relacionar Química e Astronomia por meio de uma abordagem contextualizada da TP, são elencados os conteúdos abordados nas intervenções, assim como a temática utilizada na contextualização de cada um deles (Quadro 3.2). A seleção destes assuntos leva em conta o problema de pesquisa e os objetivos específicos que se pretende atingir ao longo do processo.

Desta maneira, considera-se importante abordar sobre a constituição da matéria, desde o processo de formação das partículas elementares até a organização dos elementos químicos na TP, as propriedades e informações possíveis de obter com essa ferramenta tão importante no entendimento dos processos químicos.

Quadro 3.2: Conteúdos elencados para às ações

Conteúdo de química	Contextualização
Modelos atômicos	Histórica
Partículas elementares	Aceleradores de partículas
Formação dos elementos químicos	Big Bang, Nucleossíntese primordial e estelar
Tabela Periódica	Histórica, Nucleossíntese primordial e estelar, tabela periódica do Universo

Fonte: Do próprio autor

3.2.1.3 Análise dos Livros Didáticos

A análise dos livros didáticos teve como objetivo investigar se a temática Origem dos Elementos Químicos é discutida estabelecendo relação com a Astronomia. Como afirmam Emmel e Araújo (2012, p.1): “O livro didático é um instrumento de informações a serviço do professor e dos estudantes, que se constitui muitas vezes num método/guia de ensino.”. Nesse sentido, o livro didático, na maioria das vezes, norteia o trabalho do professor e abordagem da temática nos livros pode contribuir para a sua inserção na educação básica.

3.2.1.4 Formação da Professora-pesquisadora

Em seguida, é iniciado o processo de formação da professora-pesquisadora. Para isto, fez-se, a princípio, um levantamento bibliográfico a fim de buscar materiais, como artigos científicos e livros. Além disso, houve uma série de palestras promovidas pelo professor Marildo Pereira e sua equipe, visando contribuir neste processo formativo e uma participação em live promovida pelo mesmo professor no canal do YouTube “Experimentos de Física na escola”.

O processo formativo é de suma importância tendo em vista que a professora-pesquisadora é formada em Licenciatura em Ciências Biológicas, ministra aulas de Química e aborda temas totalmente novos.

3.2.2 Organização das Intervenções

3.2.2.1 Sondagem

As intervenções têm início com a aplicação de um questionário-sondagem, composto por 10 (dez) questões objetivas. Diante do cenário pandêmico vivido nos dois anos anteriores a pesquisa e a suspensão das aulas em consequência deste fato, fez-se ainda mais necessário investigar os conhecimentos prévios dos estudantes participantes. As questões devem contemplar os principais conceitos abordados nas intervenções: constituição da matéria, TP, formação dos elementos químicos.

3.2.2.2 Planejamento das Intervenções

Sob o ponto de vista metodológico, para cada intervenção foi elaborado um plano de aula. O quadro 3.3 apresenta um resumo desses planos, contendo os objetivos, os conteúdos abordados em cada intervenção, as ações desenvolvidas e o número de aulas previsto para execução.

Quadro 3.3: Resumo dos planos de aulas das intervenções

Intervenções	Tema	Objetivos	Conteúdos	Procedimentos	Número de aulas
I	Compreendendo a constituição da matéria	<p>Identificar as partículas que formam os átomos;</p> <p>Identificar algumas características das partículas fundamentais;</p> <p>Compreender como e quais partículas se agrupam para formar prótons e nêutrons;</p> <p>Entender a formação dos núcleos atômicos;</p>	<p>Constituição da matéria</p> <p>Estrutura atômica</p> <p>Partículas elementares</p>	<p>Leitura e interpretação de texto</p> <p>Quiz</p> <p>Aplicação de kit didático</p> <p>Trabalhos sobre aceleradores de partículas</p>	7
II	Big Bang e nucleossíntese primordial: a formação dos primeiros elementos químicos.	<p>Analisar as evidências da teoria do big bang e reconhecê-la como uma das teorias acerca da origem do Universo.</p> <p>Relacionar o big bang com a formação dos átomos.</p> <p>Entender o processo de fusão nuclear e a origem dos elementos químicos.</p>	<p>Big Bang</p> <p>Formação de partículas elementares</p> <p>Fusão nuclear</p> <p>Tabela Periódica</p>	<p>Atividade Simulando a Lei de Hubble.</p> <p>Atividade “Montando um átomo” (pHet Colorado)</p> <p>Construção do painel reações nucleares</p>	4
III	E o ferro?!- Nucleossíntese Estelar e Interestelar	<p>Compreender o ciclo de vida das estrelas;</p> <p>Compreender de onde vem a fonte de energia das estrelas;</p> <p>Levantar hipóteses sobre a evolução do Sol.</p> <p>Compreender que a maioria dos elementos químicos da Tabela Periódica</p>	<p>Tabela Periódica</p> <p>Evolução Estelar</p> <p>Constituição química dos seres vivos</p>	<p>Leitura de texto</p> <p>Oficina e construção de mapa mental;</p> <p>Elaboração e apresentação de produções artísticas</p>	4

		<p>são formados no interior das estrelas.</p> <p>Relacionar a formação dos átomos com a massa das estrelas;</p> <p>Compreender como o ciclo de vida de uma estrela contribui para a formação dos elementos químicos.</p>			
--	--	--	--	--	--

Fonte: Do próprio autor

3.2.2.3 Construção dos Materiais Didáticos de Apoio

O desenvolvimento das ações foi feito por meio da utilização de slides, atividades práticas com vista a materialização e simulação dos conteúdos, leitura e interpretação de textos, revisão de conceitos, desenvolvimento de atividades artísticas e de relações interpessoais. Para tanto, foram utilizados recursos didáticos diversos (Quadro 3.4), alguns destes produzidos pela professora-pesquisadora, outros adaptados de livros e paradidáticos existentes na literatura.

Quadro 3.4: Recursos didáticos utilizados nas intervenções

Recursos Didáticos	Objetivo	Fonte
Texto “Compreendendo a constituição da matéria”	Revisar os conceitos sobre partículas elementares abordados nas aulas	Própria
Quis	Revisar de forma lúdica os conceitos sobre partículas elementares	Própria
Kit Didático	Materializar os conceitos sobre partículas elementares.	Própria
Atividade Simulando a Lei Hubble	Compreender o processo de expansão do Universo relacionando-o com o Big Bang	Mortimer, <i>et. al</i> , 2020
Simulação Montando um átomo	Consolidar os conceitos sobre o átomo e suas partículas, bem como relacionar a localização dos átomos na TP	Site pHet colorado
Texto: “Compreendendo a Evolução Estelar a partir de conceitos de Física Moderna”	Introduzir o conteúdo Evolução Estelar estimulando a curiosidade dos estudantes sobre o assunto.	Lima, 2018
Jogo Trilha Cósmica	Promover, de forma lúdica, os conceitos abordados nas intervenções	Própria

Fonte: Do próprio autor

3.2.2.4 Análise das Intervenções

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, portanto, todo material gerado a partir dela, como mapas mentais, história em quadrinhos, telas dentre outros, constituem-se em dados da pesquisa. A análise destes é feita mediante a experiência da professora-pesquisadora. Além da análise dos materiais produzidos pelos estudantes, a participação e engajamento durante as aulas, bem como as suas manifestações verbais são objetos da análise.

A fim de verificar a apropriação de conceitos é utilizado um questionário sondagem final, aplicado após implementação de todas as ações. Além disso, fez-se necessário o uso de um instrumento de avaliação das ações desenvolvidas, por meio de sua análise é possível obter informações sobre o que os estudantes acharam das intervenções e da temática abordada, sendo de extrema importância para nortear ações futuras.

Após a análise do questionário de sondagem prévia, a SD foi construída e aplicada, utilizando como referencial teórico o pesquisador Zabala (1998), segundo o qual sequências didáticas são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas. As sequências possibilitam uma abordagem ascendente de complexibilidade, visto que “é possível organizar temas e conteúdos simples e fundamentais em uma sequência didática bem estruturada antes de abordar temas mais complexos, priorizando a sucessão lógica dos conteúdos que facilitam o entendimento do aluno” (UGALDE e ROWEDER, 2020, p. 3).

3.3 OS PRODUTOS EDUCACIONAIS

Os produtos educacionais gerados por esse trabalho contam com uma sequência didática intitulada “Origem dos Elementos Químicos – Astronomia e a Tabela Periódica”; e um jogo pedagógico denominado “Trilha Cósmica”. Visando a construção ativa dos conhecimentos, proporcionada pelo ensino por problematização que, segundo Mori e Cunha (2020), motiva a participação dos estudantes, a SD foi elaborada com base nos três momentos pedagógicos (Muenchen e Delizoicov, 2014), que podem ser caracterizados da seguinte forma:

- Problematização inicial: momento em que são apresentadas questões e os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre elas.;

- Organização do conhecimento: são apresentados, sob a orientação do professor, os conhecimentos necessários para compreensão dos temas levantados na problematização inicial;
- Aplicação do conhecimento: os alunos analisam e interpretam as situações iniciais e relacionam situações que não foram levantadas inicialmente, mas que podem ser explicadas a partir do mesmo conhecimento.

A SD foi organizada em três módulos:

- I. Primeiro módulo: Compreendendo a Constituição da Matéria – Aborda o conceito de átomos, bem como os modelos atômicos e as partículas fundamentais. Nesse tema foram aplicadas estratégias como slides, vídeos, leitura de textos, *quiz* e kit didático.
- II. Segundo módulo: Big Bang e nucleossíntese primordial, a formação dos primeiros elementos químicos – Por meio de simulações e aulas expositivas e dialogadas houve a explanação sobre a Teoria do Big Bang e a formação dos primeiros átomos, bem como a história da TP e a sua organização atual.
- III. Terceiro módulo: E o ferro?!- Nucleossíntese Estelar e Interestelar – Buscou-se promover o entendimento sobre a formação do ferro e dos elementos químicos mais pesados que o ferro, além do estudo da distribuição eletrônica a partir da análise da TP. Os estudantes elaboraram mapa mental e realizaram produções artísticas, de acordo com suas habilidades.

O outro produto educacional consiste num jogo que contempla a TP a partir da Astronomia, mais especificamente da origem dos elementos químicos, configurando-se num jogo interdisciplinar. Os jogos educativos são meios facilitadores no processo de ensino-aprendizagem, visto que estimulam o desenvolvimento cognitivo, social e físico.

Segundo Vygotsky (1989, apud PINHEIRO, *et.al*, 2015): “os jogos estimulam a curiosidade, a iniciativa e a autoconfiança, aprimorando o desenvolvimento de habilidades linguísticas, mentais e de concentração e exercitam as interações sociais e trabalho em equipe.” Dessa forma, os jogos se constituem em recursos importantes que auxiliam o professor a romper com o modelo tradicional, tornando as aulas mais instigantes e divertidas, contribuindo para uma construção mais efetiva do conhecimento.

Existem vários artigos que apresentam a utilização de jogos no ensino de Química, em especial do assunto TP. Pinheiro *et al.* (2015) criou o jogo *Elementum*, com parâmetros semelhantes ao UNO, com objetivo de proporcionar uma atividade lúdica no ensino de química.

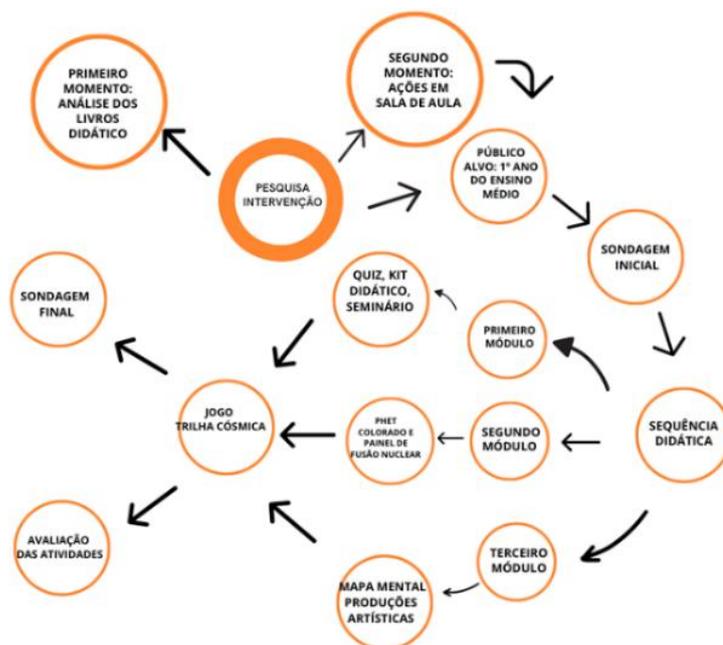
O trabalho de Oliveira *et al.* (2010) apresenta jogos voltados para o ensino da Tabela Periódica, Modelos atômicos e Distribuição eletrônica, e foram produzidos e utilizados pelos estudantes durante a oficina “Brincando com a Química”. Souza *et al.* (2018) elaboraram um jogo didático de tabuleiro sobre os elementos químicos, seus símbolos, nomes e localização.

No que tange à Astronomia, também encontramos na literatura alguns jogos que contribuem para o ensino desta Ciência: Silva e Moreira (2009), Miranda *et al.* (2016), Souza (2016), Bretones (2014). Alguns deles fazem uma relação entre Astronomia e TP, como, por exemplo, os jogos *A Conquista do Espaço, 1 contra 5 e Detetive dos Elementos Químicos* (GUEDES, 2018), *De onde eu vim?* (BRANDÃO, 2021), *Elementos Químicos, a Tabela Periódica do Universo* (SILVA, 2021) e *Supernova* (SILVA, 2022), que abordam o conteúdo sobre a origem dos elementos químicos. O jogo desenvolvido nesta pesquisa é um jogo de tabuleiro, denominado Trilha Cósmica, e configura-se como um jogo de treinamento, que visa permitir que o professor perceba as dificuldades dos estudantes, tendo em vista que:

[...] o jogo de treinamento pode ser utilizado para verificar se o aluno construiu ou não determinado conhecimento, servindo como um “termômetro” que medirá o real entendimento que o aluno obteve. Isso é um fator relevante, pois muitas vezes possuímos alunos completamente introvertidos que procuram sempre ficar na posição de seres passivos, fugindo sempre das perguntas do professor. (LARA, 2004, p. 5)

Além da SD e do jogo, houve a utilização de materiais de apoio. Um deles foi um Kit didático intitulado “Quarks: Compreendendo a Constituição da Matéria”, desenvolvido na disciplina Desenvolvimento e produção de material pedagógico (AST 304) ministrada pelo professor Marildo Pereira utilizando tampinhas de garrafa Pet, que simulam as partículas fundamentais. Um resumo de todas as etapas da pesquisa é apresentado na Figura 3.5. A sondagem- final e o questionário de avaliação foram aplicados após a execução de todas as intervenções.

Figura 3.5: Estrutura da pesquisa intervenção desenvolvida



Fonte: Do próprio Autor

4 IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES, ANÁLISE E DISCUSSÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma descrição da análise realizada em livros didáticos de Química do Ensino Médio do PNLD 2021, descrever o material elaborado, a aplicação das atividades e realizar uma discussão sobre os resultados obtidos.

4.1 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

O livro didático (LD) é um dos suportes pedagógicos que norteiam o trabalho docente, sendo utilizado pelos professores para auxiliar no processo de planejamento e construção de suas aulas. Para os estudantes, muitas vezes, o livro didático é o único meio de informação disponível em sala de aula. Segundo Ferreira (2017, p. 28), “o papel do professor é crucial neste momento, pois o professor está entre os alunos e os conteúdos apresentados nos livros didáticos”.

Nesse sentido, as pesquisas de análise de livro didático se fazem necessárias tendo em vista que podem contribuir na qualidade do trabalho docente. Considerando a relevância do LD no trabalho do professor, uma das vertentes dessa pesquisa é analisar LD de Química do Ensino Médio do PNLD 2021, especificamente o conteúdo de TP, a fim de verificar se é feita uma abordagem interdisciplinar e contextualizada na perspectiva da origem dos elementos químicos.

É importante salientar que a análise se ateve apenas a verificar a existência da contextualização do conteúdo com a Astronomia, a partir do tema origem dos elementos químicos. Este trabalho não buscou examinar a existência de possíveis erros conceituais, ficando essa análise para uma possível pesquisa futura.

O PNLD (Programa Nacional do Livro Didático) foi instituído em 1985, em um país já redemocratizado e, portanto, com diretrizes diferentes dos programas existentes anteriormente, como o INL (Instituto Nacional do Livro) e CNLD (Comissão Nacional do Livro Didático) (CASSIANO, 2007). O programa tinha como foco inicial o Ensino Fundamental público. Em 2003 foi criado o PNLEM (Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio), que visava, inicialmente, a distribuição de livros didáticos de Língua Portuguesa e Matemática para estudantes do 1º ano do Ensino Médio da região Norte e Nordeste (SANTOS, 2006). Atualmente esse programa contempla todas as disciplinas ofertadas nas três séries do Ensino Médio de todas as regiões do país.

As obras aprovadas no PNLD de 2021, devido ao Novo Ensino Médio (NEM) e a BNCC, sofreram grandes modificações. A lei do NEM foi homologada em 2017 e, com ela, foi

abandonada a visão de disciplinas isoladas, passando a existir os itinerários formativos, sendo 5, nomeados da seguinte forma:

- Linguagens e suas Tecnologias;
- Matemática e suas Tecnologias;
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias;
- Ciências Humanas e Sociais Aplicadas;
- Formação Técnica e Profissional.

O itinerário de Ciências da Natureza abrange as disciplinas Biologia, Química e Física, que passam a ser abordadas no mesmo LD, os seja, agregadas. Cada obra possui 6 volumes e a distribuição deles nas três séries do Ensino Médio fica a critério do corpo docente de cada Unidade Escolar. O NEM começou ser implantado em algumas escolas pilotos em 2020, sendo que sua implantação em território nacional começou a ocorrer de forma gradual em 2022. No PNL 2021 foram aprovadas 7 obras, cada uma com 6 livros (Quadro 4.1).

Quadro 4.1: Obras aprovadas no PNL 2021

N ^o	NOME DA COLEÇÃO	AUTORES	EDITORA/ANO
1	MULTIVERSOS - CIÊNCIAS DA NATUREZA	Wolney Candido de Melo; Rosana Maria Dell Agnolo; Leandro Pereira de Godoy	FTD S.A/2020
2	DIÁLOGO – CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	Ana Carolina Navarro dos Santos Ferraro; Vanessa Silva Michelan; Marcela Yaemi Ogo; André Luís Delvas Froes; Marissa Kimura; Rafael Aguiar da Silva; Everton Amigoni Chinellato; Kelly Cristina dos Santos; Kelly Cristina dos Santos	Moderna / 2020
3	MODERNA PLUS – CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	Laura Celloto Canto Leite; Jose Mariano Amabis; Júlio Antônio Nieri de Toledo Soares; Paulo Cesar Martins Penteado; Carlos Magno Azinaro Torres; Nicolau Gilberto Ferraro; Eduardo Leite do Canto; Gilberto Rodrigues Martho	Moderna /2020
4	SER PROTAGONISTA CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	Vera Lucia Mitiko Aoki; Rodrigo Marchiori Liegel; Joao Batista Vicentin Aguilar; Elisa Garcia Carvalho; Ana Luiza Petillo Nery; Ana Fukui; André Henrique Zamboni; Lia Monguilhott Bezerra	Edições SM LTDA/ 2020
5	MATÉRIA, ENERGIA E VIDA: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR	Danusa Munford; Luiz Gustavo Franco Silveira; Santer Alvares de Matos; Esdras Garcia Alves; Marcos Assunção Pimenta; Arjuna Casteli Panzera; Alfredo Luís Martins Lameirao Mateus; Andrea Horta Machado; Eduardo Fleury Mortimer (COLEÇÃO ANALISADA)	Scipione S.A./2020
6	CIÊNCIAS DA NATUREZA – LOPES & ROSSO	Patrícia Araújo dos Santos; Vinicius Rogerio da Rocha; Tathyana Cristina Martins Cordeiro Tumolo; Rosana Louro Ferreira Silva; Rodrigo Uchida Ichikawa; Nathalia Helena Azevedo	Moderna/2020

		Pereira; Milton Machado de Oliveira Junior; Lina Maria Almeida Silva; Juliana de Oliveira Maia; Joana Guilares de Aguiar; Ivo Bernardi de Freitas; Graciele Almeida de Oliveira; Fabio Rizzo de Aguiar; Daiane Breves Seriacopi; Carlos Mariz de Oliveira Teixeira; Bianca Trama Freitas; Artur Guazzelli Leme Silva; Maira Rosa Carnevalle; Sergio Rosso; Sonia Godoy Bueno Carvalho Lopes.	
07	CONEXÕES - CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIA	Murilo Tissoni Antunes; Vera Lucia Duarte de Novais; Hugo Carneiro Reis; Blaidi Roberto Galvão Sant'anna; Walter Spinelli; Eloci Peres Rios; Miguel Ângelo Thompson Rios	Moderna/ 2020

Fonte: Guia do PNLD Ciências da Natureza e suas tecnologias – Objeto 2, 2021

De acordo com a BNCC, as unidades temáticas correspondentes à área de Ciências da Natureza, no Ensino Fundamental, são: “Matéria e Energia”, “Vida e Evolução” e “Terra e Universo”. O Ensino Médio deve aprofundar as temáticas desenvolvidas anteriormente por meio de um ensino investigativo baseado na análise e discussão de situações-problemas.

Seguindo as orientações e unidades temáticas da BNCC, todas as obras analisadas têm capítulos que abordam conteúdos referentes à Astronomia e todas as coleções contemplam a temática “Origem dos Elementos Químicos”. No entanto, algumas coleções abordam a temática na mesma unidade do conteúdo Tabela Periódica, promovendo uma possibilidade maior de contextualização. Outras o fazem de forma fragmentada, em livros diferentes, o que pode dificultar a interpretação de uma relação entre ambos, levando a ausência de uma visão interdisciplinar do conteúdo e a Astronomia.

Na coleção MULTIVERSOS, o tema é abordado na unidade 1 do livro “*Origens*”, intitulada “Origem, formação e Observação do Universo”. Essa unidade é subdividida em 4 temas: formação e estrutura do Universo, ciclo estelar e formação dos elementos químicos, observando o Universo: reflexão da luz e observando o Universo: refração da Luz. Observa-se, portanto, que a temática em análise é abordada no tema 2, da unidade 1. Todo o conteúdo é exposto em 6 páginas e mais 1 página de exercícios que compreendem 5 questões abertas que além de explorarem o que foi trabalhado faz a relação do tema com questões como vida fora da Terra e elementos químicos essenciais à vida.

A obra, na página 21, apresenta a origem dos primeiros elementos químicos, nucleossíntese primordial, por meio do processo de fusão nuclear. Posteriormente, por meio da apresentação do ciclo de vida das estrelas, cita os elementos químicos formados durante a nucleossíntese estelar. O capítulo é finalizado com a apresentação da TP de acordo com a origem dos elementos químicos buscando relacionar os dois assuntos. No entanto, o assunto

Tabela Periódica, é abordado em outra obra da coleção, “*Multiversos – Matéria, energia e vida*”.

A coleção DIÁLOGO aborda a origem dos elementos químicos no capítulo 2, da unidade 2, da obra “*O Universo da Ciência e a Ciência do Universo*”. A explanação tem início com uma breve discussão sobre a matéria e sua constituição, a partir da qual são trabalhados conceitos fundamentais. Em seguida, na página 45, é realizada uma associação entre a formação do Universo e a teoria do Big Bang com a origem e distribuição dos elementos químicos, relacionando a expansão do Universo e a massa das estrelas com a formação dos elementos químicos, bem como a formação do sistema solar e a distribuição desses elementos nos planetas.

Todo o conteúdo é abordado em 5 páginas e mais 1 de exercícios com questões abertas e de múltiplas escolhas. A TP é abordada na mesma obra e unidade que contempla a origem dos elementos químicos, mais precisamente no capítulo 3, possibilitando estabelecer uma relação entre ambos.

A coleção MODERNA PLUS foi a coleção que mais páginas dedicou ao tema. São 13 páginas tratando o conteúdo, possibilitando uma abordagem de forma mais aprofundada. Dessa forma, observa-se um diálogo sobre distância na Astronomia, uma caracterização da Via Láctea e do Sistema Solar, citando a composição química do Sol e dos planetas, explicação do processo de fusão nuclear, apresentando equações nucleares que culminam na formação do hélio, destacando as condições de elevadas temperaturas para a ocorrência do fenômeno, caracterização da estrutura interna do Sol, seguida de uma explicação sobre a formação das estrelas a fim de evidenciar como o interior das estrelas consegue atingir altas temperaturas e iniciar a fusão, bem como uma explicação sobre classes espectrais e diagrama H-R.

Apesar de apresentar o tema de forma mais aprofundada, ele não é trabalhado no mesmo livro que aborda a Tabela Periódica. A origem dos elementos químicos é abordada no capítulo 12 do volume 6, “*Universo e Evolução*”, enquanto o conteúdo Tabela Periódica é abordado no volume 1, “*O conhecimento científico*”, o que pode contribuir para uma separação entre os conteúdos.

A coleção SER PROTAGONISTA CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS, não traz um capítulo específico sobre a TP. Nessa obra é feita uma breve menção à TP na página 67 do capítulo 1 (unidade 2) do livro “*Composição e estrutura dos corpos*”. Esse capítulo faz o estudo das ligações químicas e a imagem da Tabela Periódica aparece logo depois do texto que fala sobre a valência dos elementos, ao lado do qual, num quadro intitulado de “De olho no conceito”, é feita uma breve explicação da organização dela.

A formação dos elementos químicos é abordada no capítulo 1 (unidade 2) do livro “*Evolução, tempo e Espaço*”, a partir da descrição do ciclo de vida das estrelas durante a qual é citada a formação dos elementos químicos, evidenciando na imagem na página 67 a formação nas diferentes camadas estelares. O conteúdo aparece em apenas 2 páginas desse capítulo. No capítulo 3, página 85, do mesmo livro, aparece um quadro com os eventos que ocorreram no Big Bang, nele é citado a formação das partículas na era das partículas leves e dos primeiros núcleos atômicos na era da nucleossíntese.

A coleção MATÉRIA, ENERGIA E VIDA, trata do assunto no capítulo 2 (unidade 1) do livro “*Origens: O Universo, a Terra e a Vida*”, no tópico sobre evolução estelar. A abordagem tem início com uma breve caracterização do átomo de Ernest Rutherford seguida de uma explicação da nucleossíntese primordial, evidenciando a relação entre os elementos químicos e o Big Bang de forma bem resumida na parte final da página. A nucleossíntese estelar é retratada a partir de uma atividade que consiste na leitura e interpretação do texto *De onde vem os átomos: “Todos somos feitos do material das estrelas”*. Em seguida, é discutida a formação dos elementos mediante a explosão de supernova. A TP é vista em outro livro da coleção, “*Materiais, luz e som: modelos e propriedades*”, no capítulo 7.

A coleção CIÊNCIAS DA NATUREZA – LOPES & ROSSO aborda a temática na unidade 1, intitulada de Explorando o Universo e a Vida, dividida em 5 temas: Cosmologia, Formação dos átomos, Evolução Estelar e o Sistema Solar, A química da Vida, e Origem e Evolução da Vida na Terra. A formação dos átomos é abordada no tema 2, por meio do entendimento do processo de fusão nuclear, desde a formação dos elementos químicos mais simples até os mais pesados formados no núcleo das estrelas e nos processos de supernova e raios cósmicos. Em seguida, no mesmo livro e capítulo, ocorre a explanação do conteúdo de TP, evidenciando a conexão entre os conteúdos.

A coleção CONEXÕES não tem um capítulo específico que aborda a origem dos elementos químicos, isso é feito mediante um texto cujo título é “A origem estelar dos elementos químicos” que aparece nas páginas 106 e 107 do livro “*Universo, materiais e evolução*”. Apesar de curto, o texto discorre sobre a nucleossíntese primordial e estelar e apresenta a TP segundo a origem dos elementos químicos, buscando relacionar os conteúdos. A Tabela Periódica é abordada numa página do capítulo 1 do livro “*Matéria e energia*”.

A partir da análise realizada foi possível separar as coleções em duas categorias, aquelas que abordam a origem dos elementos químicos e TP no mesmo livro e aquelas que o fazem em livros diferentes (Quadro 4.2).

Quadro 4.2: Resumo da análise dos livros didáticos

COLEÇÕES	ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS	TABELA PERIÓDICA	MESMO LIVRO OU LIVROS DIFERENTES
MULTIVERSOS - CIÊNCIAS DA NATUREZA	SIM	SIM	DIFERENTES
DIÁLOGO - CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	SIM	SIM	MESMO
MODERNA PLUS - CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	SIM	SIM	DIFERENTES
SER PROTAGONISTA CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	SIM	SIM	DIFERENTES
MATÉRIA, ENERGIA E VIDA: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR	SIM	SIM	DIFERENTES
CIÊNCIAS DA NATUREZA - LOPES & ROSSO	SIM	SIM	MESMO
CONEXÕES - CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIA	SIM	SIM	DIFERENTES

Fonte: Do próprio Autor

Observa-se, portanto, que a temática Origem dos Elementos Químicos está presente em todas as obras aprovadas no PNL D 2021, mostrando que o tema efetivamente pode e deve ser abordado em sala de aula. O caderno de apoio do professor presente em todas as obras evidencia que essa temática possibilita uma abordagem interdisciplinar dos conteúdos, permitindo um diálogo entre a Física, a Química e a Biologia, conforme descreve a BNCC. Além disso, alguns desses cadernos de apoio recomendam que o capítulo referente à origem dos elementos seja trabalhado pelo professor de Química, possibilitando que, mesmo naquelas coleções que abordam a TP em livros diferentes, seja possível promover uma contextualização, estabelecendo uma conexão entre os temas.

É notória a inserção da Astronomia nas três disciplinas que compreendem a área de Ciências da Natureza, e não apenas na Física, isto é perceptível nos livros didáticos do NEM, que estão previstos para serem utilizados nos próximos três anos. Dessa forma, é possível

promover um ensino da TP de forma interdisciplinar e contextualizada utilizando uma temática ligada à Astronomia, podendo contribuir para uma aprendizagem mais efetiva.

4.2 APLICAÇÃO E ANÁLISE DA SONDAÇÃO INICIAL

As ações pedagógicas desenvolvidas em sala de aula tiveram início em fevereiro de 2022 com a apresentação do projeto e a entrega do termo de livre consentimento (Apêndice A). Em seguida, os estudantes responderam um questionário-sondagem inicial cujo objetivo foi verificar o conhecimento prévio dos estudantes acerca do tema. A análise das respostas possibilitou compreender qual o nível de conhecimento dos alunos norteando o desenvolvimento das ações.

Antes de apresentar o questionário e os seus resultados, faz-se necessário abordar o cenário educacional no qual os estudantes envolvidos na pesquisa estavam inseridos. Em março de 2020, devido à pandemia da Covid- 19, as aulas em todas as escolas públicas e privadas do Estado da Bahia foram suspensas. Inicialmente, pensou-se que a suspensão duraria uma semana, quinze dias no máximo, mas a situação foi se agravando e as aulas presenciais mantiveram-se suspensas durante todo o ano letivo de 2020. Toda a comunidade escolar, professores, alunos e pais, tiveram que se reinventar para tentar manter o mínimo de contato entre professores e estudantes.

O Colégio Estadual José Ferreira Pinto não diferiu, foram criadas comunidades das turmas na rede social Facebook e grupos de WhatsApp por meio dos quais os professores postavam vídeos, textos, atividades e desenvolviam trabalhos com as turmas. No entanto, nada disso foi validado pelo Governo do Estado. Em 2021, pressionados pelo Ministério Público, o Governo viu-se obrigado a instituir o ensino remoto em toda rede pública estadual, mas não deu condições para que os estudantes acompanhassem as aulas online. Portanto, sem esse suporte, a grande maioria não participou dessa modalidade de ensino, mesmo assim foram aprovados para a série subsequente. No segundo semestre de 2021, iniciamos o ensino híbrido e já no final do mesmo ano retomamos o ensino presencial, mas alguns estudantes não retornaram ao ambiente escolar.

Em janeiro de 2022, o Governo do Estado baixou mais uma portaria aprovando todos os alunos matriculados na unidade escolar, aqueles que frequentavam e aqueles que estavam afastados da escola desde 2020. Portanto, além de todas as consequências psicossociais causadas pela situação pandêmica e a suspensão das aulas presenciais, muitos alunos do ano

letivo 2022 estiveram na escola pela última vez em março de 2020, quando estavam no 8º ano do Ensino Fundamental II. Além disso, em 2022, estavam no 1º ano experimentando a implantação do Novo Ensino Médio, com redução de carga horária da maioria das disciplinas, inclusive Química, que passou a ter apenas uma aula semanal, e a inclusão de novas disciplinas, totalizando um número de 17 disciplinas.

Diante deste contexto, é imprescindível um olhar mais atento dos professores, assim como a implantação de estratégias que busquem diminuir as lacunas geradas pela suspensão das aulas e, ao mesmo tempo, empolguem os estudantes de forma que eles se vejam novamente inseridos no âmbito escolar. Desta forma, a aplicação de uma sondagem inicial tornou-se ainda mais importante para nortear o trabalho durante a pesquisa.

O questionário (Figura 4.3) consistiu em 10 (dez) perguntas abertas que os estudantes deveriam responder conforme o que lembravam, sem fazer o uso de celular ou olhar respostas do colega. As dez questões foram divididas em 4 categorias. A primeira categoria trata da constituição da matéria (questões 1,2 e 5). A segunda categoria aborda conhecimentos sobre elementos químicos (questões 3,4 e 9). A terceira categoria diz respeito aos conhecimentos sobre a TP (questões 6,10 e 8). Na quarta categoria indagou-se sobre a origem dos elementos químicos (questão 7).

Figura 4.3: Perguntas do Questionário-Sondagem inicial

SONDAGEM
CATEGORIA 1
1) Para você, o que é átomo?
2) De que são formados os átomos?
5) Qual a unidade formadora de toda matéria, seja ela viva ou não viva?
CATEGORIA 2
3) O que representa o número atômico de um átomo?
4) Qual o seu entendimento sobre elemento químico?
9) O que diferencia um elemento químico do outro?
CATEGORIA 3
6) De que forma os elementos químicos foram organizados?
10) Como está dividida a tabela periódica?
8) Cite pelo menos três elementos químicos existentes no corpo humano.
CATEGORIA 4
7) Você imagina como e onde os átomos foram formados? Se sim, explique um pouco a sua ideia.

Fonte: Do próprio Autor

O questionário foi aplicado nas cinco turmas do primeiro ano, totalizando 136 respostas (Tabela 4.4). A análise foi feita levando em consideração o número de acertos, erros e “não sei” em cada questão, bem como a interpretação das respostas dadas pelos estudantes. Apesar de serem considerados esses números, a análise não foi quantitativa, tendo em vista que não foi realizado um tratamento estatístico. Na análise buscou-se compreender os significados dos dados coletados. Os estudantes foram identificados da seguinte forma: letra E, número escolhido pela professora-pesquisadora e nome da turma, como, por exemplo, “E5A” que designa o estudante 5 da turma A.

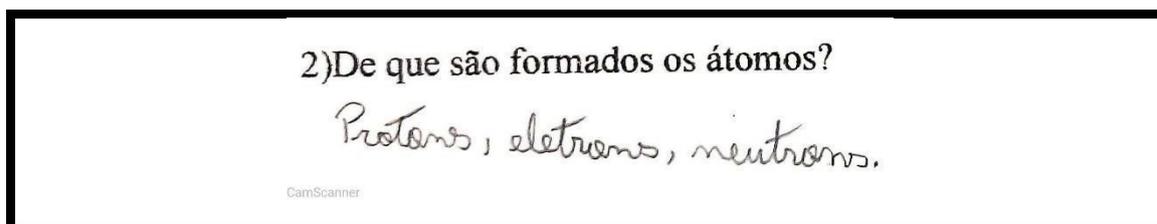
Tabela 4.4 – Quantitativo inicial de alunos que participaram da pesquisa

TURMAS	NÚMEROS DE RESPOSTAS
1º ano A	20
1º Ano B	32
1º ano C	21
1º ano D	32
1º ano E	31
Total	136

Fonte: Do próprio Autor

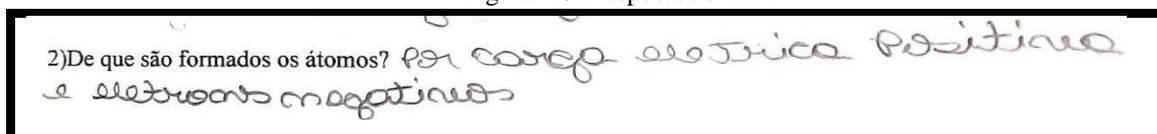
As respostas dadas às questões da categoria 1 demonstram que os alunos lembram das partículas que formam os átomos, já que 64 respostas estavam certas, destes 24 citaram as três partículas: prótons, elétrons e nêutrons (Figura 4.5) e os demais lembram de 2 ou 1 dessas partículas, algumas vezes não utilizam a terminologia correta, no entanto, fica evidente uma certa compreensão do conteúdo (Figura 4.6).

Figura 4.5: Resposta do E1A



Fonte: Do próprio Autor

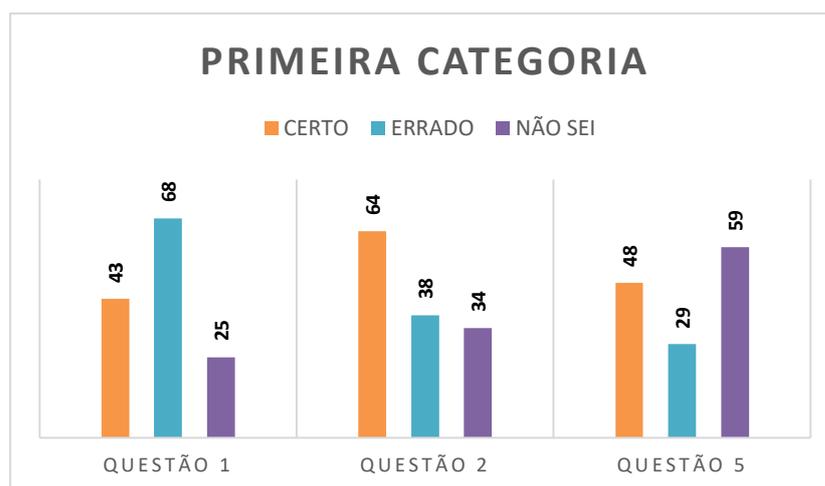
Figura 4.6: Resposta do E2A



Fonte: Do próprio Autor

Em relação às respostas dadas para as questões 1 e 5 (Figura 4.7), sobre o que é átomo e a constituição da matéria, percebeu-se uma dificuldade em definir átomos e em relacioná-los como constituintes da matéria. Apenas 43 estudantes conceituaram corretamente o átomo, 25 não souberam responder e 68 responderam errado. Ao serem questionados sobre a constituição da matéria, 59 disseram não saber, 48 responderam corretamente e 29 responderam errado à questão 5.

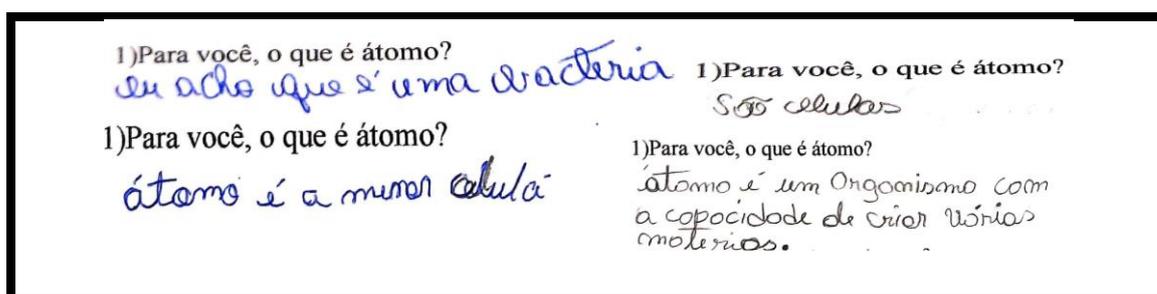
Figura 4.7 - Resultado das respostas da primeira categoria



Fonte: Do próprio Autor

Chamou a atenção a relação equivocada estabelecida entre os seres vivos e o átomo. Alguns consideram que os átomos são células e até seres vivos como as bactérias (Figura 4.8). Visando investigar o que levou ao estabelecimento dessa relação, durante as aulas, houve uma conversa com alguns desses estudantes sobre suas respostas e eles relataram que responderam de acordo com o que se lembravam do último momento de ensino presencial antes da pandemia. A maioria deles não participaram do ensino remoto, retornando apenas no final de 2021.

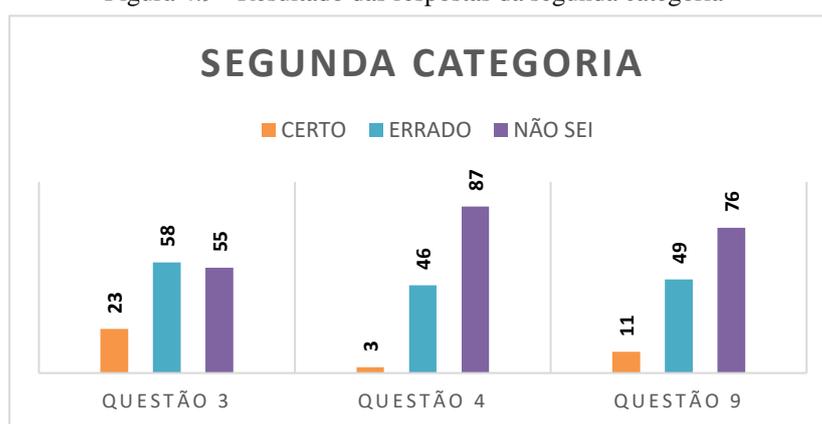
Figura 4.8: Respostas de alguns estudantes sobre o conceito de átomo



Fonte: Do próprio Autor

As questões referentes à segunda categoria objetivaram investigar o entendimento dos estudantes sobre elementos químicos, o que é, qual a diferença entre eles e o que representa o número atômico. Apesar de 23 alunos compreenderem o que representa o número atômico de um átomo, apenas 3 souberam responder o que é um elemento químico e 11 conseguiram responder como diferenciá-los, o que mostra um conhecimento fragmentado de conceitos totalmente relacionados (Figura 4.9). A grande maioria revelou um baixo conhecimento em relação aos elementos químicos, o que exigirá o uso de estratégias que busquem desenvolver habilidades relacionadas a essa parte do conteúdo.

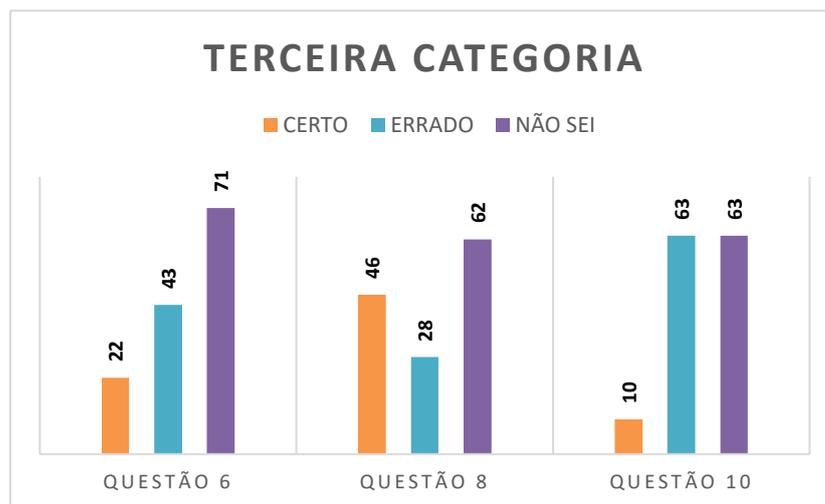
Figura 4.9 - Resultado das respostas da segunda categoria



Fonte: Do próprio Autor

Em relação a TP, analisada nas questões da terceira categoria, apenas 22 estudantes a reconhecem como uma forma de organização dos elementos químicos e 10 conseguiram explicar como a TP está dividida em colunas e períodos. Além disso, ao relacionar os elementos químicos da TP com a constituição do corpo humano, 46 conseguiram citar elementos químicos presentes no corpo humano, 28 citaram “substâncias químicas” ao invés dos elementos e 62 não souberam responder, evidenciando uma dificuldade em associar os elementos químicos com a constituição dos seres vivos, bem como de compreender como eles estão organizados na TP (Figura 4.10).

Figura 4.10 - Resultado das respostas da terceira categoria



Fonte: Do próprio Autor

A Tabela Periódica é um conteúdo imprescindível para o entendimento de vários assuntos da Química. A falta desse conhecimento pode ocasionar problemas de compreensão em diversos conteúdos da disciplina no próprio 1º ano e nas séries subsequentes.

A quarta categoria visava sondar se os estudantes apresentavam alguma compreensão sobre como os elementos químicos se originaram. Para essa pergunta (questão 7) foi considerado que não existe resposta certa ou errada. O aluno deveria responder se imaginava algo sobre como e onde os átomos surgiram e, em caso, positivo, deveriam explicar um pouco sobre sua ideia.

Dos 136 estudantes, 113 responderam que não sabiam nada sobre a origem dos átomos, alguns enfatizaram que nunca tinham pensado sobre isso (Figura 4.11), 23 responderam ter alguma ideia: uma parte relacionou ao Big Bang, ao qual se referem como uma grande explosão, outros se referiram ao momento da criação (Figura 4.12), alguns propuseram que os átomos foram formados em laboratório (Figura 4.13) e tiveram, ainda, aqueles que atrelaram essa origem aos seres vivos (Figura 4.14).

Esse resultado deixou claro que trabalhar com a origem dos elementos químicos nas aulas era algo novo para os estudantes, o que poderia contribuir para a criação de um ambiente de discussões e aulas mais dinâmicas.

Figura 4.11: Resposta do E1C

7) Você imagina como e onde os átomos foram formados? Se sim, explique um pouco a sua ideia. *Sendo bem sincero nunca parei pra pensar ou estudar sobre*

Fonte: Do próprio Autor

Figura 4.12: Resposta de alguns estudantes sobre a origem dos elementos químicos

7) Você imagina como e onde os átomos foram formados? Se sim, explique um pouco a sua ideia. *Acredito que foram formados através da fusão de outros elementos químicos. Onde suas origens podem ter sido de explosões de big bang.*

7) Você imagina como e onde os átomos foram formados? Se sim, explique um pouco a sua ideia. *R. Como vimos há algo menor que o átomo e eu acho que há coisas ainda menores que antes do Big Bang estavam presas sobre uma incrível pressão e calor até explodir e o ponto de pressão se dividiu (gravidade) e foi reunindo o material próximo que haviam se fundido pela compatibilidade (matéria) e o que não era compatível com nada virou antimatéria.*

7) Você imagina como e onde os átomos foram formados? Se sim, explique um pouco a sua ideia. *acredito que apartem da criação do mundo*

Fonte: Do próprio Autor

Figura 4.13: Respostas de alguns estudantes relacionando a origem dos elementos ao laboratório

7) Você imagina como e onde os átomos foram formados? Se sim, explique um pouco a sua ideia. *Eu acho que foi no laboratório eles devem ter formado alguns coisas por ter chegado de lá surge isso*

7) Você imagina como e onde os átomos foram formados? Se sim, explique um pouco a sua ideia. *No laboratório*

Fonte: Do próprio Autor

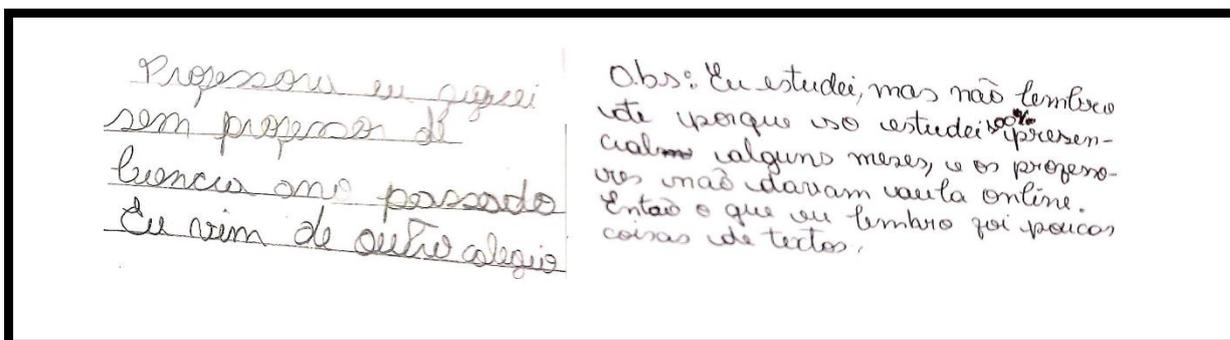
Figura 4.14: Resposta de estudante relacionando a origem dos elementos químicos aos seres vivos

7) Você imagina como e onde os átomos foram formados? Se sim, explique um pouco a sua ideia. *Sim, através de células de microrganismos que são misturadas com elementos químicos.*

Fonte: Do próprio Autor

Dos 136 estudantes que responderam ao questionário, 25 entregaram totalmente em branco ou com as respostas “não sei”, “não lembro”, ou “nunca vi isso”. Em todas as cinco turmas, houve manifestações de estudantes, escritas e/ou orais, justificando não terem respondido nenhuma questão porque não tiveram aulas de Química no ano anterior. Essa justificativa deveu-se ao fato de não terem participado de nenhum momento do ano letivo de 2021 ou, ainda, pelo fato de que não tiveram professor de ciências no ano anterior (Figura 4.15).

Figura 4.15: Relatos de alguns alunos sobre o ano letivo 2020/2021



Fonte: Dados da pesquisa

Com a análise da sondagem, observou-se que apesar de apresentarem grandes lacunas, existem algumas noções básicas que podem ser aprimoradas recorrendo-se estratégias que busquem dinamizar as aulas. Uma das estratégias empregadas foi promover um ensino interdisciplinar e contextualizado por intermédio da Astronomia e, dessa forma, possibilitar uma aprendizagem mais efetiva pelos estudantes.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

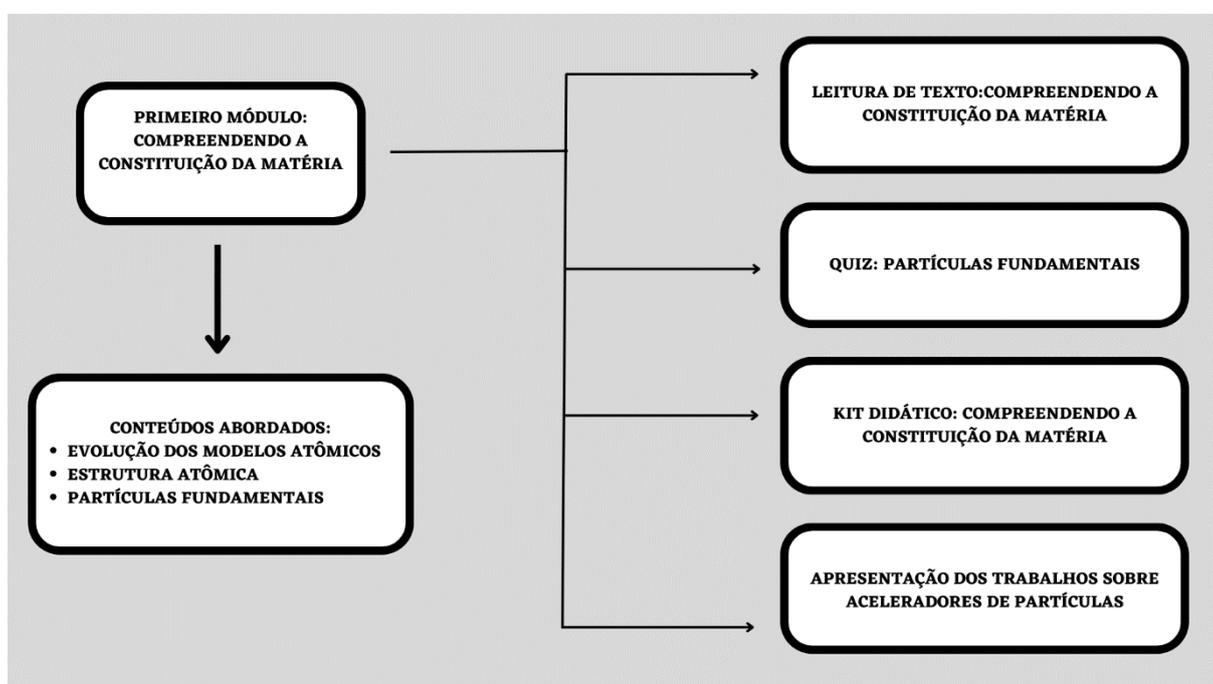
A sequência didática foi organizada e dividida em três módulos: o primeiro denominado “*Compreendendo a Constituição da Matéria*” ocorreu em 6 aulas; o segundo módulo “*Big Bang e Nucleossíntese Primordial*”, 4 aulas, e o último módulo “*E o ferro?!- Nucleossíntese Estelar e Interestelar*”, 4 aulas, totalizando 14 aulas de 50 minutos cada. Os módulos foram construídos com base nos três momentos pedagógicos.

4.3.1 Primeiro Módulo: Compreendendo a Constituição da Matéria

O primeiro módulo (Figura 4.16) foi iniciado com uma problematização em torno da organização dos seres vivos. Cada nível de organização estava representado em *cards* distribuídos com as imagens viradas para baixo na bancada do laboratório. A distribuição

chamou atenção dos alunos que ao entrarem no ambiente já questionaram o que era e se interessaram em sentar-se próximos aos *cards*. Voluntariamente, os alunos viraram os cards e começaram a discutir o que era cada um deles, em seguida, após a mediação da professora-pesquisadora, alguns alunos falaram em voz alta o que era cada imagem, tentando conceituá-las.

Figura 4.16: Estrutura do primeiro módulo



Fonte: Do próprio Autor

A seguir, foi solicitado aos estudantes que associassem as imagens e as organizassem do macro ao micro. Nesse momento, houve uma participação efetiva dos estudantes que interagiram, trabalharam em grupo e discutiram sobre o tema (Figura 4.17). Ao final, a professora-pesquisadora, a partir da ordem pré-estabelecida pelos estudantes e, considerando os conceitos abordados por eles anteriormente, fez uma análise da coerência da relação, proporcionando que os próprios estudantes verificassem possíveis erros, caso existissem.

Figura 4.17: Problematização do primeiro módulo



Fonte: Do próprio Autor

Ao atingir a dimensão do átomo, a professora-pesquisadora lançou alguns questionamentos aos estudantes: *o que são essas estruturas coloridas na imagem? como é chamada essa parte no centro do átomo? qual é o nome das partículas que estão nessa região? vocês lembram qual a carga dessas partículas? como se chama essa região externa ao núcleo? qual é o nome da partícula que está nessa região? qual é a carga dela?*

Mesmo com todas as dificuldades do ano letivo de 2020, os estudantes conseguiram lembrar os nomes das partículas, prótons, elétrons e nêutrons, reconhecendo também as cargas delas, exceto a do nêutron; eles confundiram com a do elétron e não conseguiram associar a carga ao nome da partícula. Sobre as regiões do átomo, eles souberam identificar o núcleo, mas não se lembravam da eletrosfera. Um deles, não lembrou o nome, mas falou que era nessa região que estavam as camadas eletrônicas.

O aluno E1A relacionou esse momento com o questionário de sondagem aplicado no início do ano fazendo o seguinte comentário:

E1A: *“então respondi o questionário errado, porque coloquei que o átomo era a menor porção da matéria e pelo que está aí não é, tem as partículas”*, mostrando ter compreendido sobre a divisibilidade do átomo.

Posteriormente, a professora perguntou se os estudantes acreditavam que os átomos sempre tiveram o modelo e constituição representados no *card*. Em todas as turmas, a resposta foi negativa. Então, foi solicitado que eles citassem algum modelo atômico que lembravam, no

entanto, eles disseram não recordar. Um estudante citou a ideia de Aristóteles sobre a constituição da matéria:

E1D: “*Aristóteles acreditava nos quatro elementos, não é professora?*”. A professora-pesquisadora, acolheu esse momento para falar sobre a evolução dos modelos atômicos, iniciando o uso dos slides.

A professora, então, abordou sobre os modelos atômicos, apresentando a evolução dos modelos desde a ideia dos filósofos até o modelo quântico probabilístico, enfatizando as descobertas que aconteceram e ocasionaram alterações nos modelos. Ao final, os alunos foram questionados sobre a existência de apenas três partículas: prótons, elétrons e nêutrons. Das cinco turmas, apenas uma respondeu que sim, só existem essas três. Nas demais, os alunos disseram que achavam que tinha mais, mas eles não conheciam. Um aluno citou, com dúvida, o nome de uma dessas partículas:

E2D: “*Tem mais partículas, acho que o fóton é uma partícula também*”, então foi apresentada uma imagem (Figura 4.18) com um resumo das partículas fundamentais, destacando que esse seria o assunto da próxima aula.

Figura 4.18: Partículas fundamentais



Fonte: https://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/index.php/situando/particulas_elementares/

Na terceira aula do módulo, a professora apresentou aos estudantes o modelo padrão de partículas, bem como as principais características delas. Durante a explicação houve várias manifestações sobre os termos em inglês e mesmo sendo feitas as traduções e buscando mostrar as relações entre elas, a dificuldade permaneceu. No entanto, essa reação foi esperada tendo em vista o primeiro contato com os novos termos. Apesar disso, eles participaram da aula e uma

dúvida foi comum nas cinco turmas: “*Professora, se algumas dessas partículas só existiram no momento da criação, como sabem da existência delas?*”.

Nesse instante iniciou-se uma discussão sobre os aceleradores de partículas e as turmas foram divididas em quatro equipes, duas delas ficaram com o tema “LHC” e as outras duas, “Brasil e os aceleradores de partículas” (Figura 4.19). Os temas foram sorteados, em seguida a professora orientou sobre a realização dos trabalhos. Por fim, a professora distribuiu um texto (Apêndice B) com um resumo dos assuntos trabalhados nas aulas solicitando que os estudantes fizessem a leitura, pois teriam uma atividade para desenvolver na próxima aula.

Figura 4.19: Orientações do trabalho



Fonte: Do próprio Autor

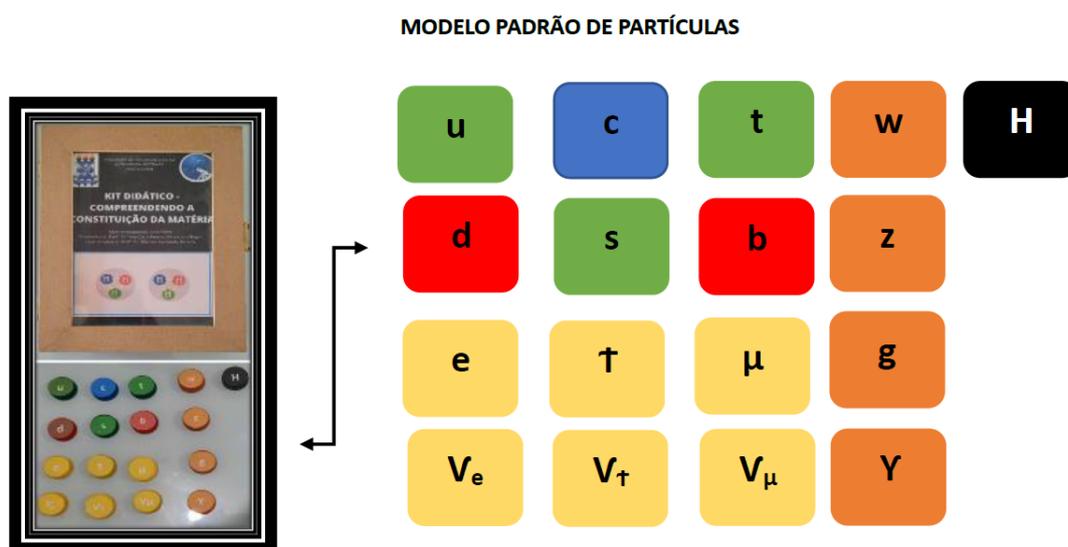
A quarta e quinta aula da primeira SD tiveram como objetivo materializar os conteúdos abordados. Inicialmente foi feita uma revisão do conteúdo de forma lúdica por meio de um *quiz*. Era importante que os estudantes tivessem feito a leitura dos textos distribuídos na aula anterior, entretanto, poucos alunos fizeram, o que dificultou um pouco a realização da atividade, demandando um tempo maior que o previsto.

Durante o *quiz* ficou nítida a dificuldade dos estudantes com a nomenclatura, no entanto, eles conseguiam lembrar conceitos relacionados aos termos. A professora reforçou a necessidade de usar cada vez mais as palavras consideradas difíceis para, assim, sanar essa

dificuldade. Foi um momento de muita interação e participação nas cinco turmas, demonstrando que as atividades lúdicas que promovem interação são recursos que motivam os discentes.

Em seguida, a professora aplicou o kit didático intitulado Quarks: Compreendendo a Constituição da Matéria (Figura 4.20). As turmas foram divididas em quatro grupos, correspondentes à quantidade de kits didáticos disponíveis. Antes de tudo, eles elogiaram muito as caixinhas, evidenciando que a apresentação do kit chamou atenção, servindo como mais um estímulo para realização da atividade.

Figura 4.20: Kit didático: “Quarks: compreendendo a constituição da matéria”



Fonte: Do próprio Autor

A professora-pesquisadora dava as orientações: solicitou primeiro a separação entre os férmions e os bósons, depois a construção de prótons e nêutrons, os isótopos do hidrogênio, átomos neutros e íons. À medida que os questionamentos eram feitos pela professora, as equipes iam manipulando as “partículas” na tentativa de construir o que foi solicitado (Figura 4.21). A metodologia empregada agradou os estudantes e a professora-pesquisadora ouviu alguns relatos positivos:

E2A: *“Poxa, hoje, só porque a aula foi boa, passou rápido.”*

E1C: *“Pró, hoje foi bom viu? Gostei.”*

Tiveram alguns comentários relacionados a compreensão do conteúdo:

E1E: *“Hoje eu entendi melhor, juntando as tampinhas.”*

E3A: “*A gente vendo e fazendo foi mais fácil.*”

Com a aplicação do kit, notou-se que os alunos interagiram de forma satisfatória. Ao manipular as tampinhas simulando as partículas, eles sentiram o conteúdo mais próximo, favorecendo a sua compreensão.

Figura 4.21: Aplicação do kit didático



Fonte: Do próprio Autor

Por fim, na sexta aula os alunos apresentaram os trabalhos atribuídos no terceiro momento da SD (Figura 4.22). Foram quatro equipes nas cinco turmas, totalizando 20 equipes, destas apenas três equipes não apresentaram os trabalhos. É importante destacar que os alunos dessas equipes, em sua maioria, correspondem àqueles que não frequentam regularmente as aulas, e, portanto, alguns nem ficaram sabendo da atividade.

Os alunos realizaram as apresentações, como é de costume, fazendo a leitura da sua parte, utilizando anotações em papezinhos, lendo do próprio cartaz ou ainda usando o celular. Eles justificam alegando que devido ao nervosismo esquecem o que estudaram. Sendo assim, a avaliação consistiu na análise do conteúdo apresentado, nos cartazes e na discussão estabelecida durante as apresentações.

Em relação ao conteúdo apresentado, as pesquisas estavam em consonância com o que foi solicitado. Os cartazes também foram bem elaborados, com imagens nítidas e que representavam muito bem a temática abordada. Mesmo não fazendo parte do critério avaliativo, é preciso enfatizar que durante as apresentações alguns alunos se destacaram pela desenvoltura,

explicando de forma bem didática usando uma linguagem simples. Outros, mesmo fazendo a leitura, se destacaram na hora das discussões, trazendo informações novas, enriquecendo esse momento e demonstrando conhecimento acerca do tema.

Figura 4.22: Apresentação dos trabalhos



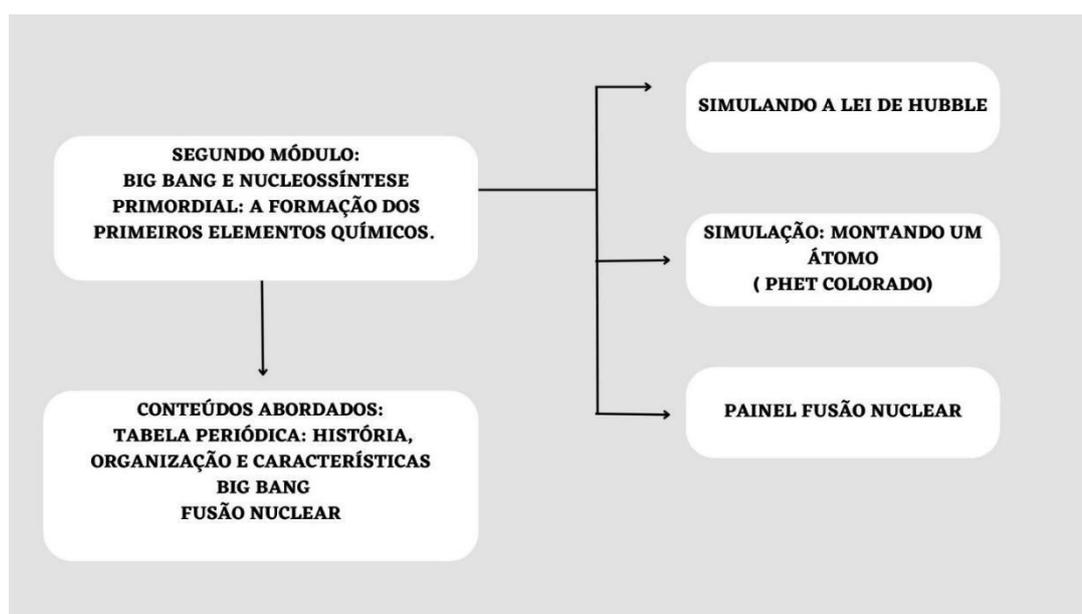
Fonte: Do próprio Autor

Além disso, alguns estudantes bem tímidos que não respondiam nem mesmo a frequência feita nas aulas, foram para frente e fizeram a leitura de suas partes, superando a timidez e receio de apresentar trabalhos. E, por fim, merece destaque também a participação de alguns estudantes que habitualmente não assistem às aulas. Esses estudantes realizaram a atividade e apresentaram o cartaz da equipe. Em seguida houve o recesso junino e no retorno, inicialmente, a professora-pesquisadora revisou os conteúdos abordados aplicando novamente o kit didático. Os estudantes conseguiram lembrar os conceitos trabalhados e utilizaram os kits com mais autonomia e confiança.

4.3.2 Segundo Módulo: Big Bang e a Nucleossíntese Primordial: a Formação dos primeiros Elementos Químicos

O segundo módulo (Figura 4.23) teve como objetivo promover a relação entre a Tabela Periódica, sua organização e propriedades, com os mecanismos de formação dos átomos. Ela teve uma duração de 4 aulas, sendo a primeira aula relativa ao momento de problematização, a segunda e a terceira, a organização do conhecimento, e a última voltada à aplicação do conhecimento.

Figura 4.23: Estrutura do segundo módulo



Fonte: Do próprio Autor

A problematização ocorreu sobre a Lei de Hubble por meio de uma atividade simulando a expansão do universo. Para sua realização as turmas foram divididas em grupos e receberam um roteiro (Figura 4.24) com orientações para o desenvolvimento da atividade. Mais uma vez é importante destacar que a participação dos estudantes em atividades desenvolvidas por eles é maior (Figura 4.25).

Figura 4.24: Roteiro da atividade “Simulando a Lei de Hubble”

ATIVIDADE SIMULANDO A LEI DE HUBBLE

MATERIAIS

- Um balão de borracha
- Um piloto
- Uma régua
- Um cronômetro

O QUE FAZER:

- Reproduza o quadro abaixo no caderno:

Distâncias	d_i	d_f	$d_f - d_i$	$v = \frac{d_f - d_i}{t}$
Distância de A a B				
Distância de A a C				
Distância de A a D				
Distância de A a E				

- Encha um pouco o balão e feche-o com os dedos. Não amarre a boca do balão.
- Com o piloto, faça cinco pequenos círculos no balão, espalhados em partes diferentes. Nomeie os círculos de A a E. Cada um desses círculos representa uma galáxia inteira e a superfície do balão representa o Universo onde elas se encontram. Escolha uma galáxia inteira para ser a sua, a Via Láctea, por exemplo a galáxia representada pelo ponto A.
- Use a régua para medir a distância entre duas galáxias. Enquanto um estudante segura o balão, o outro usa a régua para medir a distância da Via Láctea até cada uma das outras galáxias vizinhas. Anote esses valores na coluna d_i (distância inicial) do quadro.

- Assopre mais ar no interior do balão e use o cronômetro para medir quanto tempo leva para o balão encher. Anote no caderno o tempo em segundos quando você para de assoprar.
- Meça novamente todas as distâncias entre a Via Láctea e as demais galáxias. Anote os valores na coluna d_f do quadro.
- Para calcular a velocidade de afastamento das galáxias em relação a Via Láctea, você precisa da distância percorrida por elas. A distância percorrida é a diferença entre os valores das colunas d_i e d_f do quadro. Calcule os valores da distância percorrida ($d_f - d_i$) e anote-os na quarta coluna do quadro.
- Calcule a velocidade de cada galáxia, dividindo a distância $d_f - d_i$ pelo tempo medido pelo cronômetro. Anote os valores na quinta coluna.

REFLEXÃO

- Entre os passos 5 e 7, houve aumento ou redução no valor das distâncias? Isso significa que as galáxias estão se afastando ou se aproximando?
- Considere duas galáxias, uma mais próxima da Via Láctea e a outra mais distante. Elas se afastam de nossa galáxia com a mesma velocidade? Em caso negativo, qual delas se afasta com maior velocidade?

- Construa um gráfico com os dados obtidos. No eixo X (horizontal) escreva as distâncias obtidas e no eixo Y (a velocidade da galáxia). O que você observou com o gráfico?

Fonte: Mortimer, *et. al*, 2020

Figura 4.25: Momentos da atividade “Simulando a Lei de Hubble”



Fonte: Do próprio Autor

Os estudantes construíram, com os dados obtidos na simulação, um gráfico $v \times d$, velocidade versus distância (Figura 4.26). O objetivo dessa construção era possibilitar a visualização da relação estabelecida por Hubble. No entanto, a confecção do gráfico possibilitou também a relação com conteúdo abordados em outras disciplinas, como Física e Matemática, evidenciando o caráter interdisciplinar da temática. As manifestações feitas pelos

estudantes deixam claro que a compartimentalização do ensino pode ser rompida a partir de uma abordagem interdisciplinar:

E1B: *“Parece com o que a gente fez na aula de física.”*

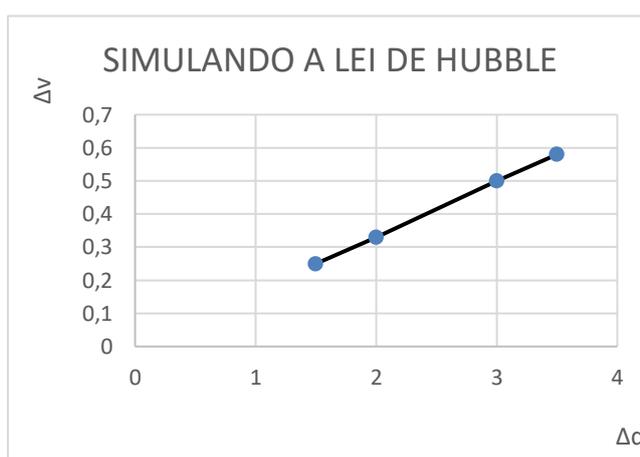
E2C: *“É do mesmo jeito que a velocidade da física.”*

Ou ainda:

E2B: *“Vixe, química também tem conta!”*

E2E: *“É aula de química ou física?”*

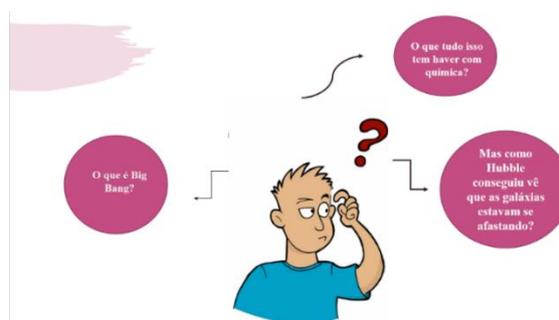
Figura 4.26: Gráfico $v \times d$



Fonte: Do próprio Autor

A aula foi finalizada com a professora utilizando manifestações dos estudantes para fazer três questionamentos representados na Figura 4.27.

Figura 4.27: Slide final



Fonte: Do próprio Autor

O objetivo desses questionamentos era despertar a curiosidade dos estudantes estimulando-os a participarem da aula seguinte e ao final foi possível ouvir deles comentários como: *“É isso que eu quero saber!”*; *“Ah, a próxima aula não vou faltar.”*

O momento de organização de conteúdos consistiu numa aula expositiva dialogada com a utilização de slides, vídeos e simulações. A aula iniciou com uma abordagem sobre a história da Tabela Periódica, desde as Tríades de Doberainer até a tabela atual. Essa abordagem histórica

é importante para que os estudantes compreendam que a TP é resultado de uma construção coletiva, bem como possibilita uma melhor compreensão do método científico.

Em seguida, a professora apresentou o modelo atual da TP, entregou uma para cada estudante explicitando como os elementos químicos estão organizados, como localizá-los e como identificar as propriedades e características que podem ser fornecidas pela TP, destacando a importância de saber utilizar essa ferramenta.

Em seguida, indagou sobre como e onde surgiram os primeiros elementos químicos. Nesse momento, alguns alunos citaram o Big Bang:

E3D: *“Durante o Big Bang.”*

E4A: *“Na criação de tudo.”*

Entretanto, a maioria afirmou não saber sobre essa origem, corroborando os resultados obtidos no questionário de sondagem aplicado no início do ano letivo. Sobre o que foi o Big Bang, os estudantes se referem ao fenômeno como uma explosão:

E3B: *“Uma explosão que criou tudo que existe.”*

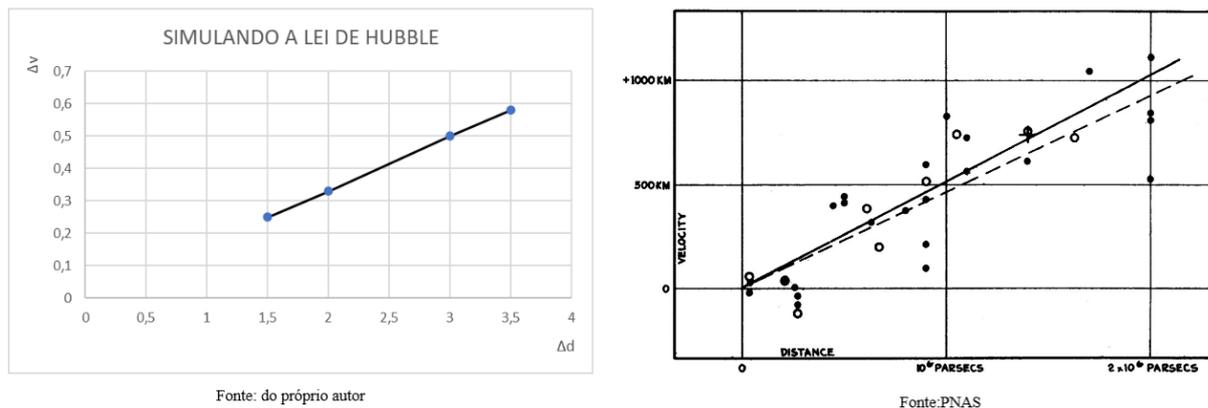
Uma pergunta específica chamou atenção da professora:

E3D: *“A senhora acredita nisso mesmo, pró?”*

A professora respondeu que sim e utilizou esse questionamento para explicar o que era o Big Bang e como se deu a origem do primeiro átomo neutro, desde a formação das primeiras partículas, passando pelos hádrons, culminando assim com a formação da matéria. Para facilitar o entendimento das reações de fusão nuclear foi feita uma analogia utilizando um vídeo com um trecho do desenho Dragon Ball Z, que simula um processo de fusão entre os personagens, além de imagens do desenho do Naruto que aborda o mesmo tema. O emprego desses desenhos teve como objetivo tentar aproximar o processo físico que estava sendo explicado de algo que fosse conhecido pelos estudantes e que despertasse o interesse deles.

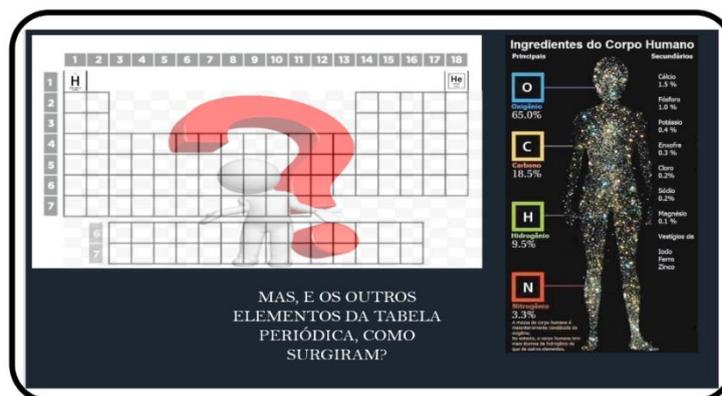
Por fim, foram apresentadas aos estudantes as evidências do Big Bang. A professora-pesquisadora, promovendo uma comparação entre os gráficos construídos na aula anterior e o gráfico da Lei de Hubble (Figura 4.28), enunciou e explicou esta Lei e outras evidências do Big Bang. Nesse instante a professora dirigiu-se a aluna E3D, que fez a pergunta no começo da aula, deixando claro que, como qualquer outra teoria científica, ela apresenta suas lacunas, entretanto, é a teoria mais aceita hoje, o que não significa que não possa ser alterada no futuro com novas descobertas.

Figura 4.28: Comparação entre os gráficos



O último slide da aula apresentava uma imagem do ser humano enfatizando os principais átomos presentes na constituição humana, promovendo assim uma relação entre a tabela periódica e o ser humano e, com base nessa relação, foi perguntado como e onde surgiram os demais elementos da tabela (Figura 4.29), que foi o tema do terceiro módulo. Os slides utilizados nas primeiras aulas desse módulo, estão disponíveis no apêndice C.

Figura 4.29: Relação entre corpo humano, tabela periódica e origem dos elementos químicos:



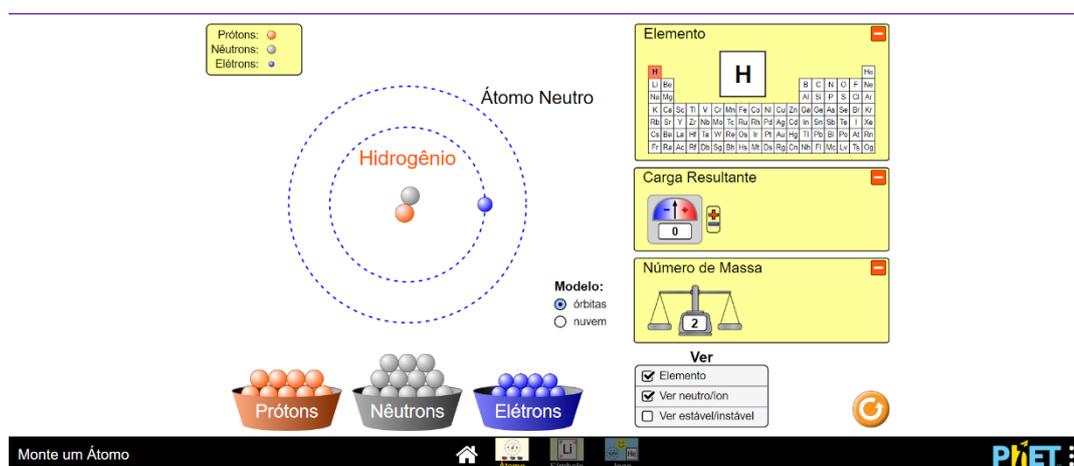
Fonte: <https://www.facebook.com/ProfQuimicando/photos/a.235055606582645/2512575435497306/?type=3>

Na terceira aula foi utilizada a simulação “Montando um átomo”, disponível no seguinte link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/build-an-atom (do site de Simulações Interativas para Ciência e Matemática – *PhET, University of Colorado Boulder*).

Essa simulação possibilita usar prótons, elétrons e nêutrons para desenhar um modelo de átomo, definir o elemento, sua massa e carga, além de mostrar como as alterações da quantidade dessas partículas interferem na massa, carga e identidade do átomo (Figura 4.30).

À medida que os estudantes alteravam o número de prótons, na TP ao lado, alterava o elemento químico representado bem como a sua posição na mesma, reforçando assim a Lei da Periodicidade segundo a qual os elementos estão organizados na TP.

Figura 4.30: Simulação “Monte um átomo”



Fonte: PhET colorado

Alguns estudantes se revezaram no uso do notebook e os demais forneciam as informações solicitadas no site (Figura 4.31). Embora seja uma geração tecnológica, a professora-pesquisadora observou que os estudantes não se sentiram à vontade para manusear o notebook, geralmente um ou dois de cada turma ficavam responsáveis por essa parte, enquanto os demais passavam as orientações. Foi uma atividade importante tendo em vista que possibilitou a consolidação dos conceitos estudados anteriormente.

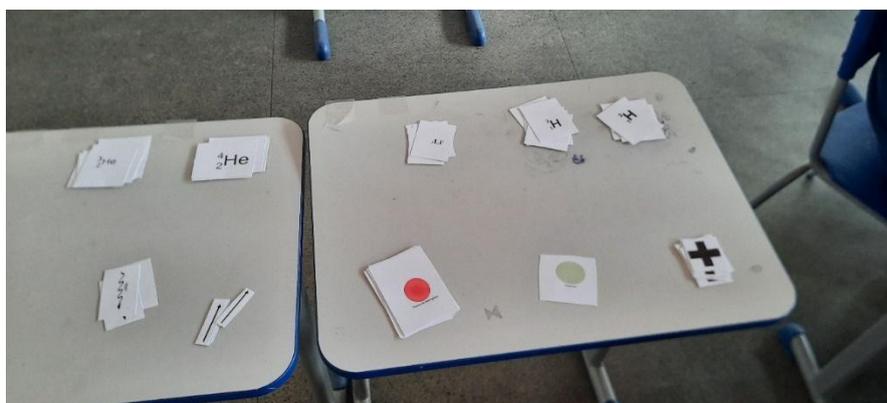
Figura 4.31: Atividade no PhET colorado



Fonte: Do próprio Autor

Na aplicação dos conhecimentos desse módulo, os estudantes montaram, na parede da sala de aula, um painel com as reações de fusão nuclear que culminaram com a formação dos primeiros elementos químicos. À medida que a professora-pesquisadora narrava as reações, os estudantes procuravam nas imagens distribuídas na mesa (Figura 4.32) os elementos ou partículas que ouviam, e com uma fita adesiva montavam a reação na parede (Figura 4.33).

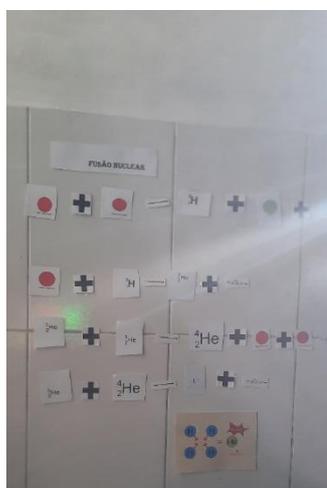
Figura 4.32: Imagens do material utilizado para a elaboração do painel



Fonte: Do próprio Autor

Com essa atividade foi possível observar se os estudantes conseguiam relacionar o nome da partícula ou do elemento ao seu símbolo, bem como orientá-los a como montar uma reação. Entretanto, o engajamento deles não foi tão nítido como nas ações desenvolvidas anteriormente.

Figura 4.33: Painel sobre fusão nuclear



Fonte: Do próprio Autor

4.3.3 Terceiro Módulo: E o Ferro?! Nucleossíntese Estelar e Interestelar

O terceiro módulo (Figura 4.34) da sequência iniciou com a leitura de um texto retirado do livro “*Compreendendo a Evolução Estelar a partir de conceitos de Física Moderna*” (LIMA, 2018), disponível em:

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dWVmcy5icnxtcC1hc3Ryb3xneDo3Y2M3OGMxMTIiNWE4MTA3>. Os trechos utilizados foram da seção 5.3 (*Nucleossíntese Estelar*) e 5.4 (*A estrela entrou em desequilíbrio. E agora?*) presentes nas páginas 53 a 61.

Foi feita uma leitura compartilhada com os estudantes e eles elaboraram uma série de perguntas que deveriam ser apresentadas na aula seguinte para o professor convidado a ministrar uma aula sobre o tema Evolução Estelar. As principais curiosidades foram sobre o futuro do Sol e o buraco negro:

E4D: “Qual o tempo médio de vida do nosso Sol?”

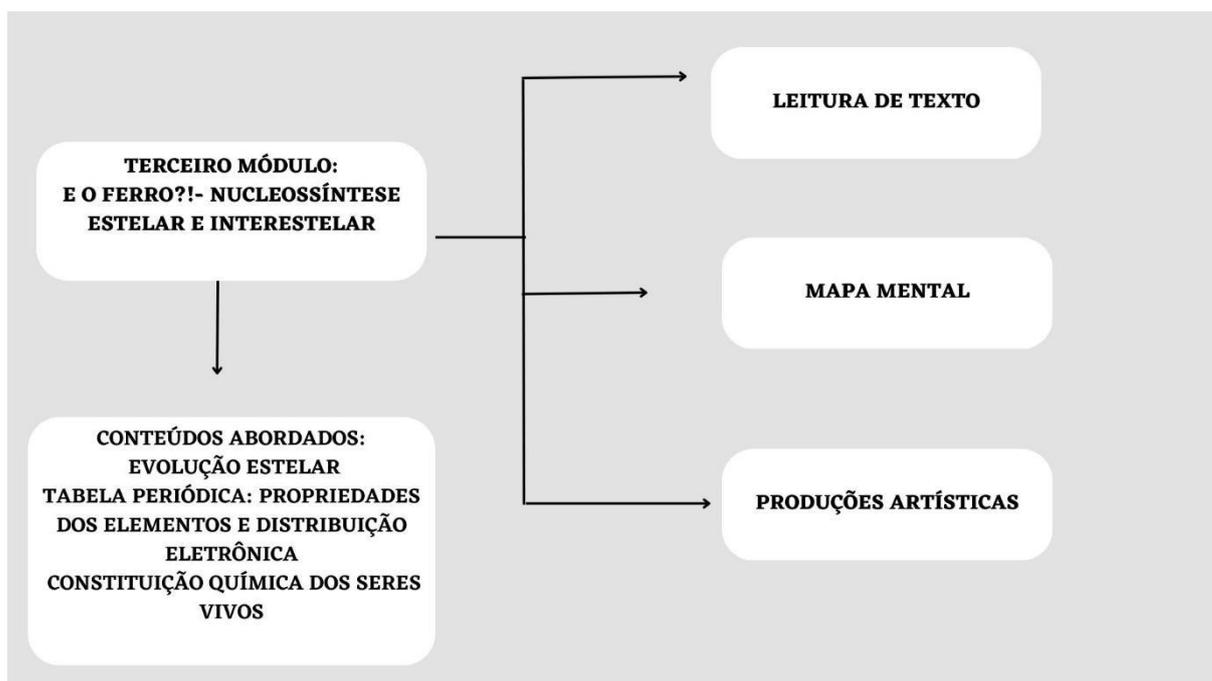
E3E: “Como surge um buraco negro?”

E4E: “Como faz para achar um buraco negro?”

E3C: “Qual será o fim do Sol?”

E5E: “Por que a denominação buraco negro? Por que o termo buraco?”

Figura 4.34: Estrutura do terceiro módulo



Fonte: Do próprio Autor

Tiveram também algumas perguntas sobre termos que não foram citados na aula e nem estavam presentes no texto, evidenciando um conhecimento acerca do tema:

E4C: “*Existe um buraco branco?*”

E5D: “*Se existir outro buraco negro próximo a Via Láctea, o que acontecerá?*”

E5A: “*O que define a cor de uma estrela?*”

A aula sobre evolução estelar foi ministrada pelo professor convidado Cledston Mario de Santa Lima (Figura 4.35), mestre em Ensino de Astronomia e professor de Física das turmas. Foram utilizados slides e, embora seja um conteúdo extenso e complicado, o convidado preparou a aula enfatizando a formação dos elementos químicos e a relação entre essa formação e o ciclo de vida das estrelas. O tema suscitou uma série de curiosidades nas turmas, além daquelas feitas na semana anterior. Ao final, a professora solicitou que os estudantes fizessem um mapa mental desse conteúdo e deu orientações sobre o que é e como deve ser elaborado.

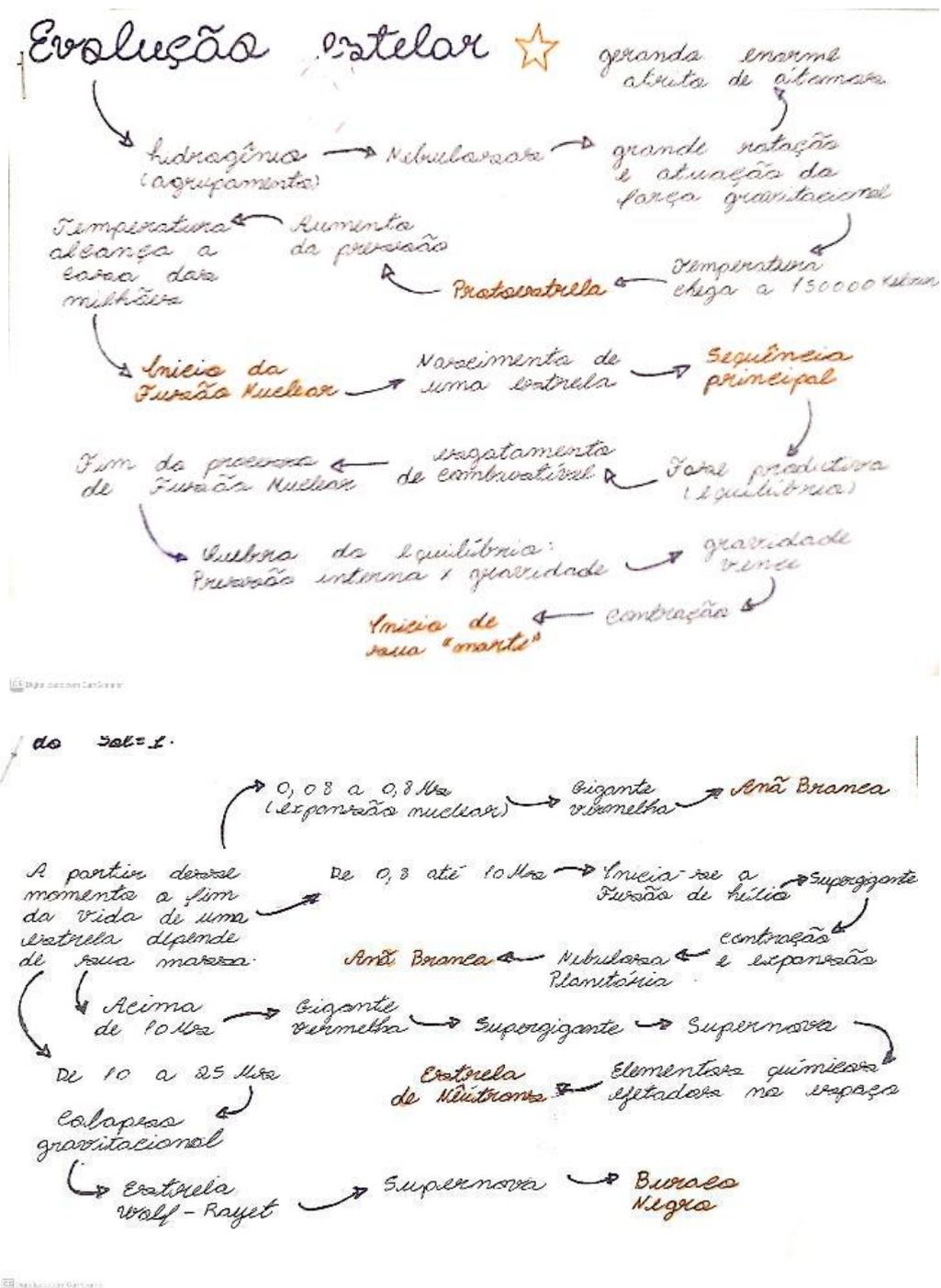
Figura 4.35: Aula sobre Evolução Estelar



Fonte: Do próprio Autor

Os mapas entregues pelos estudantes (Figuras 4.36) mostraram que eles não conheciam o recurso e que, talvez, tenha sido a primeira vez que tiveram contato. Os mapas mentais, quando bem aplicados, podem despertar o interesse dos estudantes, constituindo-se em uma ferramenta que podem auxiliá-los não apenas no processo de ensino aprendizagem como também na vida pessoal e profissional (VASCONCELOS, 2015). Ainda, segundo o autor: “[...] o sucesso na exploração desta técnica envolve treinamento e sensibilização do corpo docente acerca dos seus conceitos e, posteriormente, o treinamento dos alunos (VASCONCELOS, 2015, p.31)”. A programação inicial previa a realização de uma oficina de construção de mapa mental, mas devido ao tempo disponível, não foi possível.

Figura 4.36: Mapa mental produzido pelo E3A



Fonte: Do próprio Autor

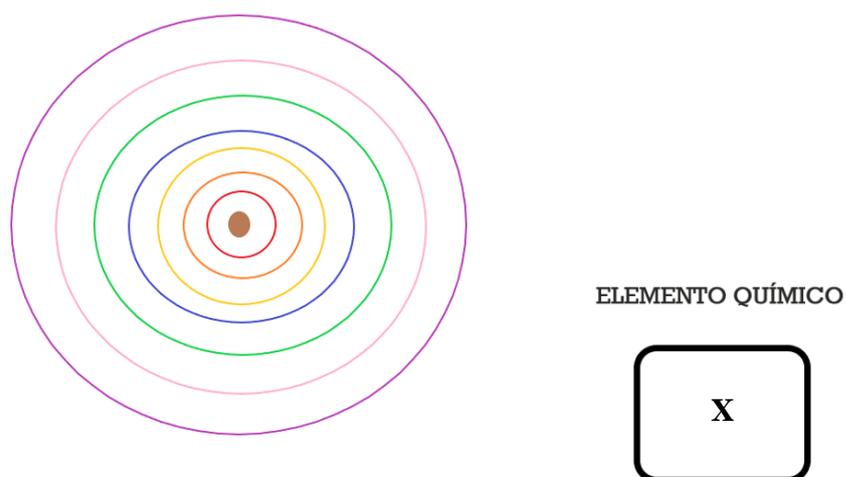
A terceira aula iniciou com a professora-pesquisadora, utilizando slides (Apêndice D) para abordar sobre distribuição eletrônica, evidenciando como utilizar a TP para identificar essa distribuição. Em seguida, estudantes receberam uma imagem que representava o modelo de átomo proposto por Niels Bohr, conforme indicado na Figura 4.37. Sabe-se que atualmente o

modelo atômico aceito é o modelo quântico probabilístico, entretanto, na educação básica utiliza-se o de Bohr, pois ele possibilita o entendimento de alguns fenômenos que acontecem com os átomos. A turma foi dividida em equipes, que receberam os nomes de alguns elementos químicos.

Eles deveriam, com o auxílio da TP entregue pela professora-pesquisadora, buscar as seguintes informações: localização; número atômico e massa atômica; classificação em metais, ametais, gases nobres e hidrogênio, destacando as principais características; e realizar a distribuição dos elétrons por camada na imagem disponibilizada, relacionando com a localização do elemento na TP. Além disso, os estudantes precisariam indicar onde os elementos são encontrados no cotidiano deles. Nesse momento a professora-pesquisadora buscou destacar o papel de alguns desses elementos químicos no corpo humano.

Figura 4.37: Atividade com a TP

ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS E TABELA PERIÓDICA



Fonte: Do próprio Autor

Os elementos escolhidos pela professora foram aqueles citados na nucleossíntese primordial e estelar: hidrogênio, hélio, cálcio, sódio, carbono, oxigênio, nitrogênio e ferro. Além de responderem de maneira satisfatória sobre localização, classificação e características dos elementos, os estudantes conseguiram localizar os elementos na TP e relacionar essa localização com o número de camadas eletrônicas e elétrons de valência, entretanto mostraram dificuldades em realizar a distribuição de elétrons por camada, bem como de compreender que esses elementos formam o próprio corpo deles.

Para concluir a aplicação da SD, os estudantes foram convidados a elaborarem uma produção artística sobre a temática Origem dos Elementos Químicos. Essas produções

poderiam ser história em quadrinhos, poemas, pinturas, conforme a habilidade de cada um, e deveriam ser feitas em grupo, no entanto, alguns estudantes fizeram individual. A grande maioria produziu histórias em quadrinhos (HQ) que descreviam o processo de nucleossíntese primordial e estelar (Figura 4.38).

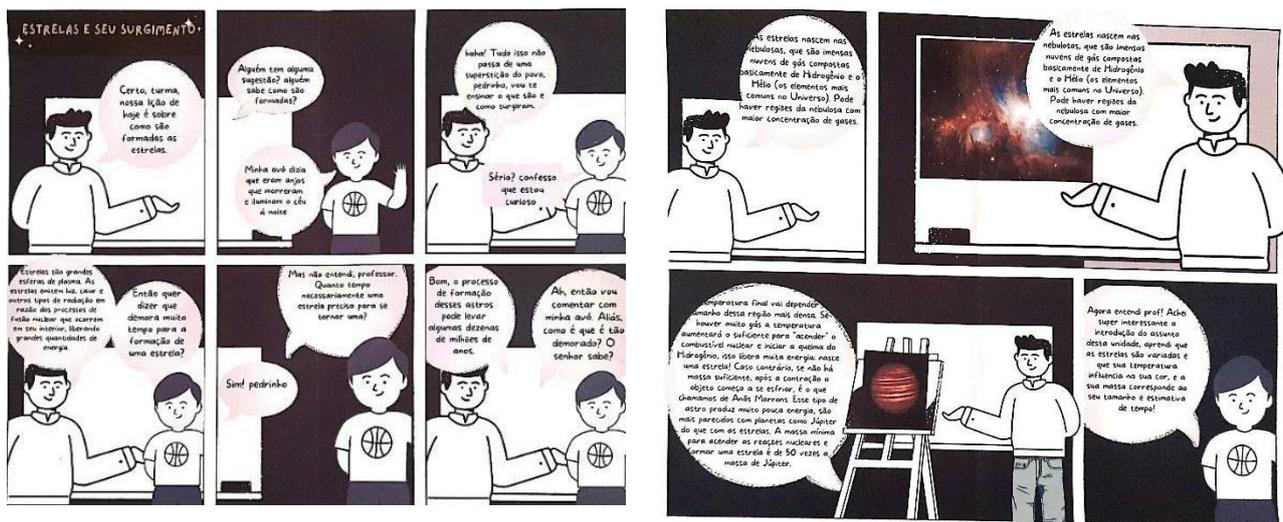
Figura 4.38: Imagens da história em quadrinhos “A escola no espaço” elaborada pela E1E



Fonte: Do próprio Autor

Na HQ “A escola no espaço” a estudante relata uma visita a um observatório, no qual os estudantes aprendem sobre os elementos formados durante o Big Bang e durante o ciclo de vida das estrelas. Nessa história a estudante retrata ainda a formação de estrelas nas nebulosas. Observa-se a compreensão da formação dos elementos mais pesados nas estrelas, assim como a noção de outros processos de formação, como a captura de nêutrons. Além disso, é importante destacar que uma das personagens é uma menina negra, o que denota uma ideia de representatividade. Algumas HQ destacavam o nascimento das estrelas, como a HQ da Figura 4.39.

Figura 4.39: Imagem da HQ “Estrelas e seu surgimento” elaborada pelo estudante EC2



Fonte: Do próprio Autor

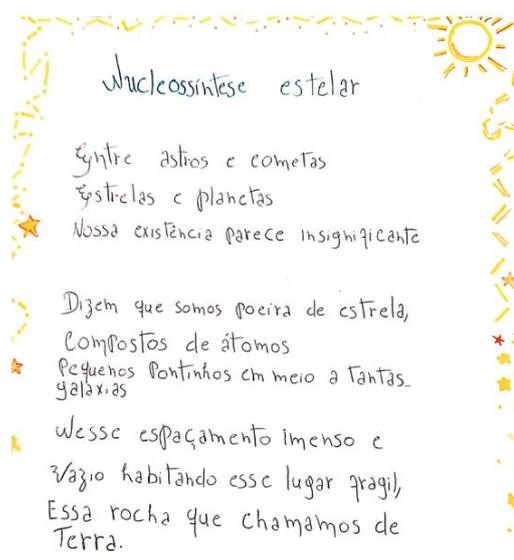
Todas as HQ produzidas pelos estudantes encontram-se no apêndice E. As histórias foram representadas na íntegra sem revisão da professora-pesquisadora, podendo, portanto, apresentar alguns erros. Além das HQ, foram produzidos alguns poemas que abordavam o Big Bang e a evolução estelar (Figura 4.40):

Figura 4.40: Poemas produzidos pelos estudantes

Poema do Big bang e Nucleossíntese primordial

Era uma vez
Um lugar sem nada
Repleto de vazio
E que do nada, se expandiu
Acabando com o vazio;

E com ele surgiu
Elementos que ninguém nunca viu;
E foi assim que uma simples explosão
Gerou esse nosso mundo...
E tudo que voce já viu.



Fonte: Do próprio Autor

Os estudantes produziram também pinturas. Duas delas chamaram a atenção pelas explicações dadas pelos estudantes para a escolha das suas representações. Uma delas afirmou

que decidiu representar uma nebulosa por ser um berçário de estrelas onde são produzidos a maioria dos elementos químicos (Figura 4.41).

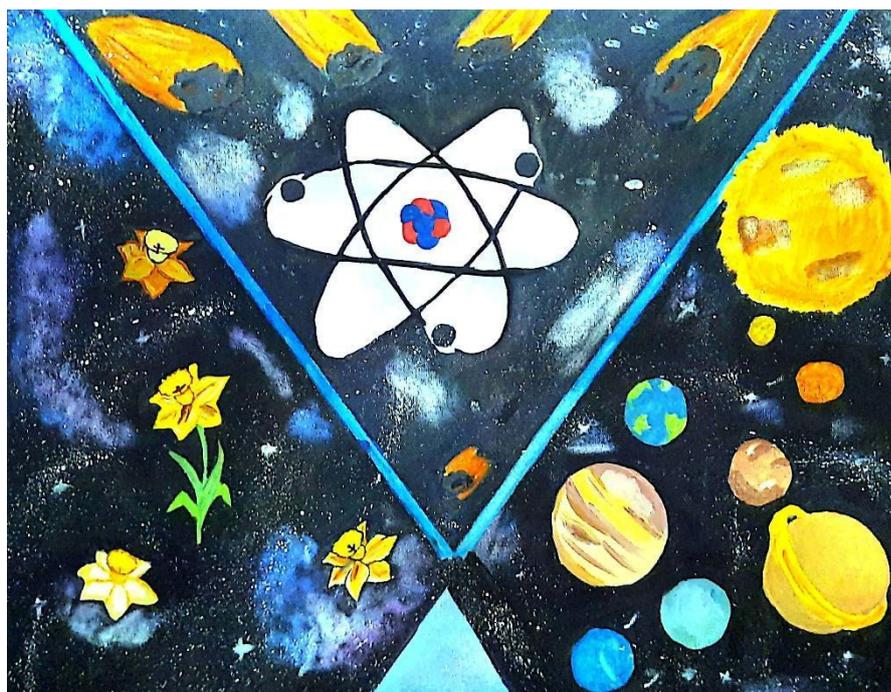
Figura 4.41: Tela representando uma nebulosa produzida pela estudante E4A



Fonte: Do próprio Autor

A outra o estudante relatou que representou um átomo, o Sistema Solar e uma flor de lótus, justificando a escolha da flor afirmando que a planta significa renascimento (Figura 4.42).

Figura 4.42: Pintura feita pela EC3



Fonte: Do próprio Autor

Após a aplicação dos três módulos da SD, a professora aplicou o jogo de tabuleiro “Trilha Cósmica” (Figura 4.43), a sondagem final e um questionário avaliativo. As turmas foram divididas em equipes e um estudante foi escolhido para ser o narrador e fazer a leitura

das regras, da história que permeava o jogo e das perguntas selecionada pelas equipes. O jogo consiste em um dos produtos educacionais gerados a partir da pesquisa e apresenta questões que englobam os conteúdos abordados na SD; enquanto recurso lúdico, o jogo visa promover a consolidação dos conteúdos.

Durante a aplicação, os estudantes participaram ativamente das aulas e em alguns momentos a professora precisou interferir pedindo silêncio e tentando acalmar os ânimos. As respostas dadas às perguntas mostraram que o assunto evolução estelar, trabalhado na última sequência, era o mais lembrado, assim como o conteúdo sobre as partículas que formam o modelo padrão. A professora ouviu alguns comentários que demonstravam a satisfação dos estudantes com o jogo:

E1A: *“Todas as aulas deveriam ser assim!”*

E2B: *“Ah pró, que jogo lindo!”*

Figura 4.43: Jogo Trilha Cósmica



Fonte: Do próprio Autor

Infelizmente, não foi possível concluir o jogo em nenhuma das quatro turmas em que foi aplicado. O tempo da aula, aliado a fatores intrínsecos da rotina diária de uma sala de aula, como o tempo para montar as equipes e ânimos exaltados durante o jogo, exigiram que a professora-pesquisadora fizesse algumas intervenções, comprometendo o tempo para a finalização do jogo. Além disso, a professora-pesquisadora observou que os momentos do jogo

destinados à elaboração de perguntas pelos estudantes, correspondentes às casas com interrogação, exigiram um tempo maior do que o previsto.

4.4 APLICAÇÃO E ANÁLISE DA SONDAGEM FINAL

Na semana seguinte, os estudantes responderam um questionário de sondagem final, cujo objetivo foi verificar se os estudantes conseguiram realizar a apropriação dos conceitos abordados na SD. A primeira sondagem, feita no início do ano letivo, evidenciou as dificuldades dos estudantes sobre a constituição da matéria, o entendimento sobre número atômico e elemento químico, bem como a organização da Tabela Periódica.

Enquanto 136 estudantes responderam ao questionário inicial, na sondagem final foram obtidas 93 respostas. Essa diferença deve-se, em primeiro lugar, ao fato de uma das turmas ter sido retirada da pesquisa, devido ao número de feriados que ocorreram no dia das aulas, inviabilizando a conclusão da segunda sequência e a aplicação da terceira. Além disso, ao longo do ano, ocorrem transferências e desistências de estudantes. O questionário-sondagem final (Figura 4.44) possuía duas questões, na primeira o aluno deveria encontrar dez palavras em um caça-palavras e em seguida tentar relacioná-las aos conceitos apresentados abaixo do caça-palavras. Na segunda questão o aluno deveria citar todas as palavras novas abordadas nas aulas que ele lembrava e poderia também colocar os conceitos, caso soubesse.

Figura 4.44: Questionário-sondagem final

ATIVIDADE DE SONDAGEM

1) No caça-palavras abaixo existem 10 palavras que usamos muito durante a abordagem do tema, tente encontrá-las. Em seguida, tenta associar as palavras que você encontrou as definições que aparecem embaixo.

SONDAGEM

As palavras deste caça palavras estão escondidas na horizontal, vertical e diagonal, sem palavras ao contrário.

```

U N T H E D K A R E P E R Í O D O S
T A B E L A P E R I Ó D I C A W S O
A T S E N Ê U T R O N S O T P R E R
O R E A L P M U G W E A C A U R E E
H R C L R R S U D I E L D S A I N N
A S F G R Ó Á G H D W O É O G S G E
R R K X E T Y C G E E O O T A Ó D D
I M Y B O O E A E R S N A R R T D M
E L E M E N T O S Q U Í M I C O S U
W I O O S S R I H F O P E W H P N E
I S E M Y A A N A Y R M O H E O B S
N Ú M E R O A T Ô M I C O S A S R O

```

 Digitalizado com CamScanner

- a) Forma de organizar os elementos químicos existentes: _____
- b) Representa o número de prótons de um átomo, sendo a sua identidade: _____
- c) Partícula atômica com carga elétrica positiva: _____
- d) Conjunto de atômico com o mesmo número atômico: _____
- e) Unidade formadora de toda matéria, seja ela viva ou não viva: _____
- f) Partícula atômica com carga negativa: _____
- g) Átomos com o mesmo número atômico: _____
- h) Linha horizontal da Tabela Periódica: _____
- i) Partícula atômica localizada no núcleo atômico que não possui carga: _____
- j) Linha vertical da Tabela periódica que reúne elementos com propriedades semelhantes: _____

2) Ao longo desse ciclo estudamos como os elementos químicos presentes na Tabela Periódica foram formados. Nesse processo, vocês tiveram a oportunidade de conhecer conceitos e fenômenos novos. Nessa questão você deve citar algumas dessas novas palavras, o máximo que você lembrar. Caso lembre o conceito, escreva o mesmo ao lado da palavra.

Fonte: Do próprio autor

Em relação à primeira questão, das 93 respostas 40 conseguiu encontrar todas as dez palavras existentes no caça-palavras, 22 acertaram todas as relações entre as palavras e seus conceitos, apenas 6 erraram todas as relações (Quadro 4.45).

A partir dessas respostas um gráfico de associação entre as palavras e seus conceitos foi elaborado, conforme representado na Figura 4.46. De acordo com o resultado obtido, conclui-se que um percentual de 62% dos estudantes acertou a partir de 5 conceitos, e é possível afirmar que houve uma apropriação dos conceitos abordados durante a aplicação da SD e do jogo.

Quadro 4.45: Dados do questionário-sondagem final

DADOS DA SONDAGEM FINAL: CAÇA-PALAVRAS E ASSOCIAÇÃO DOS CONCEITOS	
Número de estudantes que encontraram todas as palavras no caça-palavras	40
Número de estudantes que acertaram todas as associações entre as palavras e os conceitos	22
Número de estudantes que acertaram entre 5 e 10 associações	58
Número de estudantes que erraram todas as associações entre as palavras e os conceitos	6
Total de respostas obtidas	93

Fonte: Do próprio Autor

Figura 4.46: Gráfico da relação entre as palavras e os conceitos



Fonte: Do próprio autor

Em relação às novas palavras solicitadas na segunda questão do questionário, 41 estudantes deixaram em branco, 52 citaram algumas palavras e, desses, 9 apresentaram os conceitos. A palavra mais citada foi fusão nuclear, seguida de fissão nuclear e supernova (Figura 4.47). Além disso, observou-se que muitas palavras correspondiam a evolução estelar abordada no último módulo da SD, portanto mais recente na memória dos estudantes. Entretanto, houve palavras relativas ao primeiro módulo da SD, referente às partículas fundamentais, e foram poucas palavras referentes aos conteúdos específicos de Química, demonstrando que embora as dificuldades ainda existam, foi possível observar que houve uma melhor compreensão do conteúdo, principalmente no que concerne à constituição da matéria.

Figura 4.47: Nuvens de palavras



Fonte: Do próprio Autor

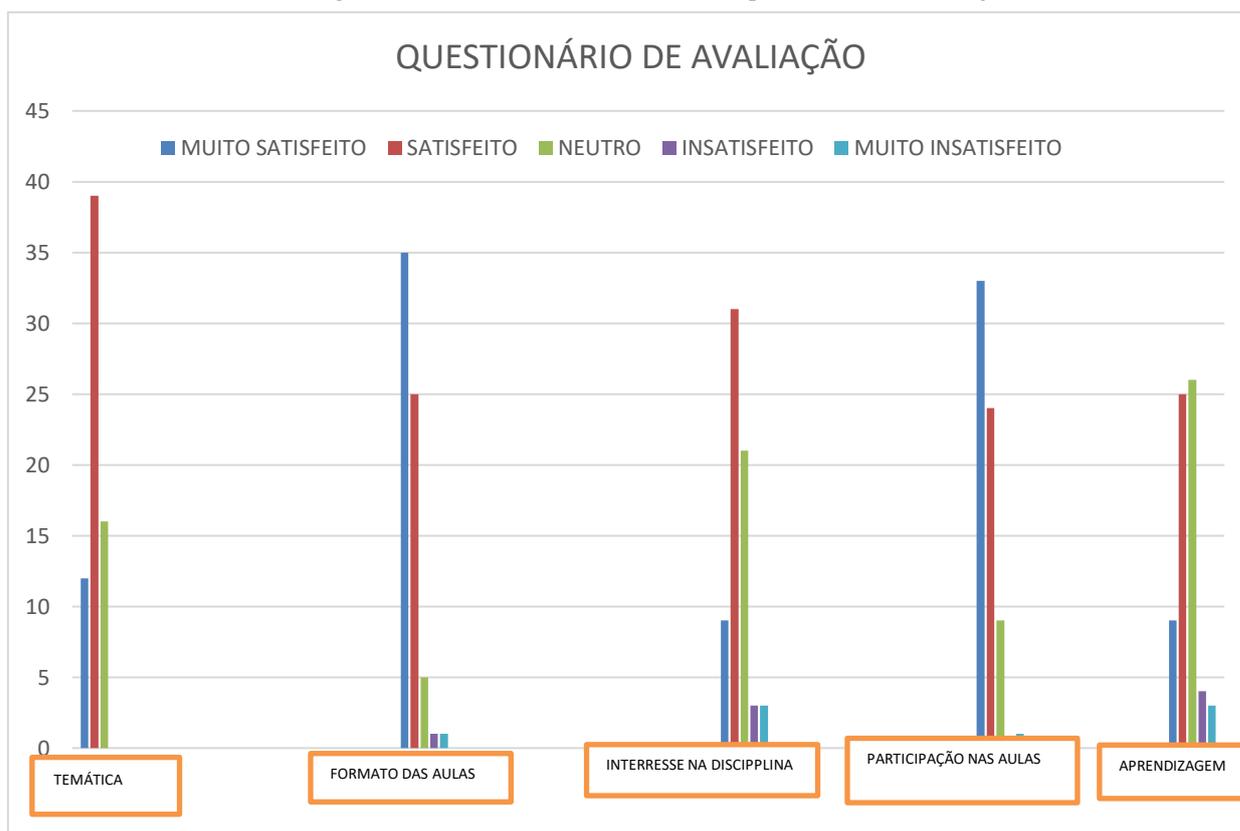
No questionário inicial, muitos estudantes disseram que um átomo era uma célula ou até mesmo uma bactéria, no final, por sua vez, não houve nenhuma resposta desse tipo. Em relação a TP, no primeiro questionário poucos alunos a reconheciam como uma forma de organizar os elementos químicos, enquanto as respostas no questionário final mostraram que os estudantes já conseguem enxergar a TP dessa forma.

4.5 APLICAÇÃO E ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Por conseguinte, os estudantes responderam um questionário de avaliação (Apêndice F). Eles avaliaram a temática abordada, as atividades e estratégias utilizadas, sua aprendizagem e puderam fazer comentários e apresentar sugestões. A professora-pesquisadora obteve 67 respostas e os alunos não precisavam se identificar.

A análise do questionário de avaliação evidenciou que os estudantes aprovaram a temática utilizada nas aulas de Química, assim como o formato delas. Além disso, os estudantes deixam claro um aumento de interesse na disciplina, sendo que 21 deles ficaram neutros nesse tópico, ou seja, não tiveram nenhum tipo de alteração relacionada a esse ponto, e 6 afirmaram estar insatisfeitos ou muito insatisfeitos em relação a esse tópico. No que diz respeito ao aumento da participação, 24 estudantes ficaram satisfeitos e 33 muito satisfeitos. Mais uma vez, comprovando as impressões da professora-pesquisadora ao verificar um maior engajamento dos alunos durante as aulas (Figura 4.48).

Figura 4.48: Gráfico com o resultado do questionário de avaliação

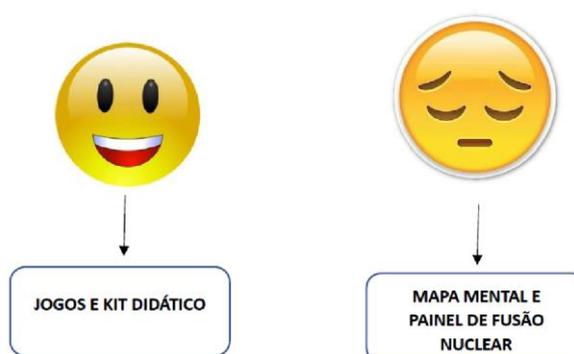


Fonte: Do próprio Autor

Quando questionados sobre a aprendizagem, apenas 3 estudantes se dizem muito satisfeitos, 25 satisfeitos e 26 neutros. Portanto, 41,8% dos estudantes demonstraram um grau de satisfação com a sua aprendizagem. Embora o número de respostas na sondagem final e na avaliação tenham sido diferentes, 93 no primeiro e 67 no segundo, observa-se que existe uma concordância entre esses resultados, já que 62% conseguiram acertar metade dos conceitos abordados na SD. A diferença entre as porcentagens pode ser explicada pela diferença no número de respostas obtidas em ambos os questionários.

A professora-pesquisadora questionou também qual(ais) a(s) atividade(s) desenvolvida(s) que mais gostaram e a que menos gostaram. A Figura 4.49 mostra que os jogos foram as atividades que mais gostaram, seguido do kit das tampinhas. Em contrapartida, as menos apreciadas foram o mapa mental e a construção do painel sobre as reações de fusão nuclear.

Figura 4.49: Atividades preferidas pelos estudantes



Fonte: Do próprio Autor

Esse resultado corrobora com as observações feitas pela professora-pesquisadora ao longo da aplicação da SD, que obteve uma participação mais efetiva em momentos lúdicos e naqueles que eles conseguem materializar o conteúdo, como, por exemplo, a utilização do kit didático. Ficou evidente também a dificuldade apresentada na elaboração dos mapas mentais que pode ter contribuído para uma aceitação baixa da atividade.

O questionário perguntou ainda se a temática deveria continuar sendo abordada nas aulas de Química e 59 estudantes afirmaram que sim. Questionados sobre quais as principais dificuldades, a mais citada foi dificuldade de concentração e memorização, seguida do entendimento do assunto. Se o estudante não consegue se concentrar nas aulas, isso afetará a compreensão dos conteúdos trabalhados. Além disso, algumas dificuldades destacadas chamaram atenção como o tempo curto das aulas, o barulho da turma e o cansaço quando a aula acontecia no último horário. Por último, os estudantes deveriam tecer comentário e/ou sugestões, a maioria sugeriu mais jogos e dinâmicas, outros falaram sobre a necessidade de uma colaboração maior da turma e mais tempo para as aulas.

A tabela 4.50 mostra um resumo de todas as ações desenvolvidas durante a pesquisa, o período em que cada uma delas foi aplicada, bem como o número de turma e estudantes envolvidos em cada momento.

Tabela 4.50: Resumo das ações desenvolvidas

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	DATA	TOTAL DE TURMAS	NÚMERO DE ALUNOS	TOTAL DE AULAS
Aulas 1 e 2 do primeiro módulo	09/05/22 a 18/05/22	5	129	10
Aula 3 do primeiro módulo	23/05/22 a 25/05/22	5	121	5
Quiz e aplicação do kit didático	30/05/22 a 07/06/22	5	126	10
Apresentação dos trabalhos sobre aceleradores de partículas	13/06/22 a 15/06/22	5	107	5
Reaplicação do kit didático	04/07/22 a 06/07/22	5	106	5
Atividade simulando a lei de Hubble	01/08/22 a 03/08/22	5	119	5
Aula sobre Tabela Periódica e nucleossíntese primordial	08/08/22 e 09/08/22	4	90	4
Simulação montando o átomo	19/09/22 e 20/09/22	4	92	4
Painel fusão nuclear	26/09/22 e 27/09/22	4	89	4
Leitura do texto sobre evolução estelar	03/10/22 e 04/10/22	4	90	4
Aula sobre Evolução Estelar	10/10/22 e 11/10/22	4	93	4
Aula sobre Tabela Periódica e Distribuição Eletrônica	17/10/22 e 18/10/22	4	88	4
Aplicação do Jogo Trilha Cósmica	07/11/22 e 08/11/22	4	90	4
Aplicação da sondagem Final	28/11/22 e 29/11/22	4	93	4
Questionário avaliativo	05/12/22 e 06/12/22	4	67	4

Total de aulas

76

Fonte: Do próprio autor

5 CONCLUSÃO

O Ensino de Química na educação básica, de modo geral, não contribui para formação de cidadãos críticos e reflexivos, conforme é preconizado nos documentos oficiais. Parte desse comportamento ocorre em decorrência de um ensino tradicional que não oportuniza contextualizações e metodologias investigativas, contribuindo para uma ausência da participação efetiva do alunado. O resultado desse cenário são altos índices de reprovação e alunos desmotivados em aprender. Nesse sentido, a presente pesquisa propôs, a partir do planejamento e aplicações de intervenções, inserir a Astronomia no ensino de Química, além do emprego de estratégias diferenciadas, a fim de motivar os estudantes durante as aulas, visando possibilitar um aumento nas participações e um maior comprometimento com suas aprendizagens.

A pesquisa foi aplicada inicialmente em 5 (cinco) turmas do 1º ano do Ensino Médio no ano letivo de 2022, entretanto durante o desenvolvimento das ações a professora-pesquisadora observou que seria inviável concluir a sequência em umas das turmas, restando apenas quatro turmas no final da pesquisa. Ao todo foram 76 (setenta e seis) aulas ministradas, das quais 72 (setenta e duas) foram realizadas pela professora-pesquisadora e 4 por um professor convidado. O período de aplicação estendeu-se de maio a dezembro.

A inserção da Astronomia foi feita por meio da abordagem da origem dos elementos químicos e possibilitou a discussão de conteúdos que, geralmente, não são trabalhos na disciplina, como, por exemplo, partículas elementares, nucleossíntese primordial e estelar. Este novo enfoque dado ao conteúdo Tabela Periódica contribuiu para uma maior participação durante as aulas, bem como uma apropriação de conceitos evidenciados a partir da análise dos dados obtidos durante o desenvolvimento das ações. A professora-pesquisadora verificou que essa participação é mais efetiva em momentos lúdicos e naqueles que eles conseguem materializar o conteúdo, como, por exemplo, a utilização do kit didático “Quarks: *Compreendendo a constituição da Matéria*”.

Além disso, foi possível constatar que houve uma apropriação dos conceitos abordados durante as aulas. Essa apropriação foi verificada não apenas na sondagem final da pesquisa como também no ano letivo atual, já que, parte dos estudantes que participaram da pesquisa no ano anterior (2022) continuam na escola, sendo alunos do 2º ano do Ensino Médio. Ao fazer alguns questionamentos sobre conceitos trabalhados no ano anterior, a professora-pesquisadora percebeu que eles conseguem lembrar sobre as partículas elementares, o processo de fusão

nuclear e evolução estelar. Além disso, ao distribuir a TP para os estudantes e questioná-los sobre localização, organização, propriedades e distribuição eletrônica, as respostas foram satisfatórias. E, em algumas atividades escritas realizadas com o uso da TP, os estudantes não demonstraram dificuldades em extrair informações da TP.

Aliado ao que foi citado, faz-se necessário destacar as produções feitas pelos estudantes, principalmente as HQ, que foram produzidas em aplicativos, mesmo não tendo sido solicitado pela professora, mostrando empenho, cuidado e capricho no desenvolvimento das atividades. Isso foi observado nos poemas e pinturas produzidas. As atividades artísticas, portanto, evidenciaram as potencialidades dos estudantes.

A elaboração e aplicação das intervenções contribuiu também para formação científica da professora-pesquisadora, já que a mesma passou por alguns momentos de formação e ao longo de toda a pesquisa fez leituras de livros e artigos científicos que proporcionaram a compreensão de conteúdos antes desconhecidos, bem como um melhor entendimento de alguns fenômenos proporcionando uma ressignificação no seu modo de abordar os conteúdos. Ademais, os resultados obtidos durante a pesquisa estimularam a professora-pesquisadora a buscar estratégias diferenciadas nas demais séries que leciona, planejando aulas mais contextualizadas e lúdicas. Além disso, as ações proporcionaram uma maior interação não apenas aluno-aluno, com o também entre professor-aluno.

Entretanto, faz-se necessário destacar alguns pontos negativos evidenciados durante o desenvolvimento da pesquisa. O ano letivo de 2022 teve uma série de características que o tornaram peculiar. Primeiro por ser um ano pós pandêmico, depois de dois anos com os estudantes praticamente parados. Além disso, ainda devido à Covid-19, muitos estudantes e professores se ausentaram pelos resultados positivos de exames ou por apresentarem sintomas gripais, o que inviabilizou a presença na escola.

Esse cenário, aliado a implantação do Novo Ensino Médio que promoveu uma redução na carga horária da disciplina, foi uma das dificuldades encontradas na execução da pesquisa. Um ensino contextualizado e práticas metodológicas que proporcionem um ambiente reflexivo, estimulando a participação e interação dos estudantes, demandam frequência regular dos estudantes e maior tempo nas aulas. Muitas vezes não foi possível começar e concluir uma atividade numa única aula, sendo necessário passar para as próximas semanas. A retomada da atividade iniciada na aula anterior ficava prejudicada devido à frequência dos estudantes, porque sempre tinha aqueles que não estavam presentes e não faziam a menor ideia do trabalho que estava sendo desenvolvido.

Em relação às atividades desenvolvidas, a professora-pesquisadora considerou a necessidade de promover algumas alterações. Uma delas é em relação à elaboração do mapa mental, tendo em vista que a sua construção não produziu o efeito desejado. Levando-se em conta a importância do mapa mental no processo de ensino-aprendizagem, torna-se fundamental a realização de uma oficina, não apenas para auxiliar os estudantes na sua construção, como também para mostrar os potenciais que esse recurso pode proporcionar em seu cotidiano escolar e fora da escola.

Ainda sobre as atividades realizadas, a aplicação do jogo Trilha Cósmica, embora tenha promovido o engajamento e a participação dos estudantes, revelou a necessidade de realizar algumas alterações no produto educacional, para ser possível concluí-lo dentro do tempo de uma aula. Para a apresentação da versão final do jogo as casas de interrogação serão retiradas e, portanto, não terá mais a pergunta elaborada pelos estudantes. Com isso, haverá uma redução no número de casas no tabuleiro. Com essas alterações, pretende-se adaptar o jogo à carga horária semanal da disciplina.

A despeito das dificuldades encontradas no desenvolvimento da pesquisa, verificou-se que relacionar a Química com a Astronomia, por meio do estudo da Origem dos Elementos Químicos, contribuiu para uma maior participação dos estudantes, dinamizando as aulas, criando um ambiente propício ao processo de construção do conhecimento. Por fim, os dois produtos educacionais elaborados, a SD e o jogo de tabuleiro poderão ser utilizados como ferramentas para auxiliar professores de Química no desenvolvimento dos temas relacionados nas suas aulas.

6 REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M.C.B. Sobre o discreto charme das partículas elementares. **Física na Escola**, v. 6, n.1,2005.
- BONATTO, A.; BARROS, C. R.; GEMELI, R. A.; LOPES, T. B.; FRISON, M. D. Interdisciplinaridade no Ambiente Escolar. *In*: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 9, 2012, Caxias do Sul.
- BRANDÃO, K. A. **Proposta de aprendizagem para o Ensino de Astronomia e Química utilizando o jogo como ferramenta didática**. 2021. Dissertação (Mestrado em Astronomia na Educação Básica) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, University of São Paulo, São Paulo, 2021.doi:10.11606/D.14.2021.tfe-20042021-155950.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura, Brasília. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio Parte III: Ciências Naturais**. Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRETONES, Paulo Sérgio (org). **Jogos para o ensino de Astronomia**. 2ª edição. Editora átomo, Campinas, SP, 2014.
- BRITO, A. A.; MASSONI, N. T. Uma Estratégia de Jogo na Educação Básica: O uso da História dos Elementos Químicos e da Tabela Periódica de Mendeleev para discutir conceitos contemporâneos. **Experiência em Ensino de Ciências**, v.14, n. 1, 2019.
- BRITO, A. A.; MASSONI, N. T. **Astrofísica para a educação básica: a origem dos elementos químicos no Universo**.1.ed.Curitiba: Appris, 2019.
- CASSIANO, C. C. F. de. **O Mercado do Livro Didático no Brasil: da criação do Programa Nacional do Livro didático (PNLD) à entrada do capital internacional espanhol (1985-2007)**.252 f. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.
- Lattes, C M.G.; Mantovani, M S.M.; Santos, C. Chacaltaya emulsion chamber experiment. **Progress of Theoretical Physics Supplement**, Volume 47, January 1971, Pages 1–125, disponível em:<https://doi.org/10.1143/PTPS.47.1>
- DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. S.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação UFPel**, n. 45, p. 57- 67,2013.
- EMMEL, R.; ARAUJO, M. C. P. Pesquisa sobre o livro didático no Brasil: contexto, caracterização e referenciais de análise no período 1999-2010. Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, IX, 2012.
- FERREIRA, S. N. A Trajetória do Livro Didático no Brasil: Um olhar sócio-histórico. **Visão Universitária**, v. 2:18-36, 2017.

GARRUTI, E.; SANTOS, S. R. A interdisciplinaridade como forma de superar a fragmentação do conhecimento. **Revista de Iniciação Científica**, FFC – campus de Marília – São Paulo, v.4, n.2, p.1-11, 2004.

GIBBS, Graham. **Análise Dados Qualitativos**. 1ª ed. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Artmed Editora S. A., 2009, 198 p.

GONZAGA, G. R.; MIRANDA, J. C.; FERREIRA, M. L. Teaching the theme periodic table in basic education. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. e97911657, 2020. DOI:10.33448/rsd-v9i1.1657. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1657>. Acesso em: 17 jul. 2023.

GUEDES, S. G. A. **O Ensino de Astronomia através de jogos e da aprendizagem baseada em equipes no 9º ano do Ensino Fundamental**. 2018. 243 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Fundação Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2018.

GUIMARÃES, V.; HUSSEIN, M. S. Nucleossíntese dos elementos e astrofísica nuclear. **REVISTA USP**, São Paulo, n.62, p. 74-87, junho/agosto 2004.

HORVATH, J. E. A Origem dos Elementos da Tabela Periódica. **Cadernos de Astronomia**. v. 3, n. 2, p. 92-100, agosto, 2022.

HORVATH, K. A.; BRETONE, P. S.; HORTVATH, J. E. Interdisciplinary study of the synthesis of the origin of the chemical elements and their role in the formation and structure of the Earth. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.42, e20200160, 2020.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da astronomia no Brasil: Educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4402 (2009).

LARA, I. C. M. de. O Jogo como estratégia de ensino de 5º a 8ª série. **In: Anais do VIII Encontro Nacional de Educação Matemática**. Universidade Federal de Pernambuco. Julho de 2004.

LEITE, B. S. O Ano Internacional da Tabela Periódica e o Ensino de Química: das cartas ao digital. **Química Nova**, v. 42, n. 6, 2019.

LIMA, A. M.; FILHO, V. B. L.; GURGEL, M. F. C. Astroquímica: Uma Abordagem Multidisciplinar para transmitir o conhecimento em Química. **In: Semana de Licenciatura: Educação Científica e Tecnológica: Formação, Pesquisa e Carreira, 7º.2010, Jataí**. Resumo expandido, p.86-88.

LIMA, C. M. S. **Compreendendo a Evolução estelar a partir de conceitos da Física Moderna**.95p.2018. Disponível em <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dWVmcY5icnxtcC1hc3Ryb3xneDo3Y2M3OGMxMTliNWE4MTA3>. Acesso em setembro de 2021.

MACIEL, W.J. Formação dos Elementos Químicos. **REVISTA USP**, São Paulo, n.62, p. 66-73, junho/agosto 2004.

MACIEL, W. J. **Fundamentos de evolução química da Galáxia**. São Paulo: IAG-USP. 2020. 310 p.

MIRANDA, J. C.; GONZAGA, G. R.; COSTA, R. C.; FREITAS, C. C. C.; CÔRTEZ, K. C. Jogos didáticos para o ensino de Astronomia no Ensino Fundamental. **Scientia Plena**, v. 12, n. 2, p. 1-11, 2016.

MORI, L.; CUNHA, M. B. da. Problematização: possibilidades para o Ensino de Química. **Revista Química Nova Escola**, Vol. 42, N° 2, p. 176-185, MAIO 2020.

MOREIRA, M. A. (2003). Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos. Actas Del PIDECE: Programa Internacional de Doctorado em Ensenanza de las Ciências, 2003.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

OLIVEIRA, F. S. de; SILVA, A. B. da.; SANTOS, J. S. A contextualização da tabela periódica para o ensino de química. **In: Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional**, 12 e 14, v. 8, n. 1, 2015.

OLIVEIRA, L. M. S.; SILVA, O. G. da; FERREIRA, U. V. S. da. Desenvolvendo Jogos didáticos para o Ensino de Química. **Holos**, v. 5, ano 26, 2010.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, 1999.

OTAVIANO, C. D. C. **Astronomia e astronáutica em uma abordagem contextualizada para o ensino de Química**. 2019. 90 f. TCC (Graduação em Química Licenciatura) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

PERUZZO, J.; POTTKER, W. E.; PRADO, T. G do. **Física Moderna e Contemporânea: das teorias quânticas e relativísticas às fronteiras da física: volume 2**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

PINHEIRO, I. A. M. de; SOUZA, A. D. M. de; MOREIRA, E. F.; BERTINI, L. M.; FERNANDES, P. R. N.; ALVES, L. A. **ELEMENTUM – Lúdico como Ferramenta Facilitadora do Processo de Ensino-Aprendizagem sobre Tabela Periódica**. **Holos**, v. 8, n. 31, p. 80-86, 2015.

PONTES, A. N.; SERRÃO, C. R. G.; FREITAS, C. K. A. de; SANTOS, D. C. P. dos; BATALHA, S. S. A. O Ensino de Química no Nível Médio: Um Olhar a Respeito da Motivação. **In: Encontro Nacional de Ensino de Química**, 14, 2008, Curitiba.

ROSENBERG, P. M.; RUSSO, P.; BLADON, G.; CHRISTENSEN, L. L. **Astronomia no dia a dia**. Tradução de André Freitas, 2018. Disponível em <https://www.iau.org/public/themes/astronomy_in_everyday_life/brazilian_portuguese/>. Acesso em agosto de 2021.

SALCIDES, P. F.; PRATA, L.A. de. Proposta de uma aula interdisciplinar de Química e Astronomia: espectroscopia. **In: Simpósio Nacional de Educação**, I.2011. Rio de Janeiro.

SANTOS, S. M. O. de. **Crerios para avaliaão de Livros Didáticos de Química para o ensino médio**. 2006. 234 f. Dissertaão (Mestrado em Ensino de Ciências) -Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, T. L. da.; MOREIRA, B. G. Jogo de Nave como ferramenta para o auxílio no ensino de Astronomia. **In: VIII Brazilian Symposium on Games and digital entertainment**. Rio de Janeiro, outubro, 2009.

SILVA, M. S. M. da. **Elementos Químicos e a Tabela Periódica abordados através da criaão de um jogo didático no contexto da Astroquímica**. Orientador: Higo de Lima Bezerra Cavalcanti. 2022. 49p. TCC (graduaão) – Licenciatura em Química, Departamento de Educaão Superior, Instituto Federal de Educaão, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Paraíba, 2022. Disponível em <https://repositorio.ifpb.edu.br/xmlui/bitstream/handle/177683/2113/TCC%20-%20MARIA%20SOLANGE%20MARTINS%20DA%20SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jun 2022.

SILVA, M. L. R. **O Sistema Solar sob a perspectiva biológica e química do planeta Terra**. Dissertaão (mestrado profissional). Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-graduaão em Astronomia, 107p. 2021.

SINGH, S. **Big Bang**. Tradutor: Jorge Luiz Calife. Rio de Janeiro: Editora Record, 2014, 499p.

SOUZA, E.C. de.; SOUZA, S. H. S. da.; BARBOSA, I. C. C. da; SILVA, A. S. dos. O lúdico como Estratégia para O ensino de Química no 1º ano do Ensino Médio. **Revista Virtual Química**, v. 10, n. 3, p. 449- 458, 2018.

SOUZA, T. L. de. **O uso de vídeo e jogos educativos como instrumento de ensino e divulgaão da Astronomia**. Dissertaão (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduaão em Astronomia, 2016.

STEINER, J. E. A Origem do Universo. **Estudos Avançados**, v. 20, n.58, 2006.

STRATHERN, P. **O Sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da Química**. Traduaão: Maria Luiz X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed, 2002.

SWART, J. de. Deciphering dark matter: The remarkable life of Fritz Zwicky. **Nature**, v.573, p. 32-33, 2019.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da Classificaão Periódica dos Elementos Químicos. **Química Nova**, v.20, n.1, 1997.

TRASSI, R. C. M.; CASTELLANI, A. M.; GONCALVES, J. E.; TOLEDO, E. A. Tabela periódica interativa: “um estímulo à compreensão”. **Acta Scientiarum**. v. 23, n. 6, p. 1335-1339. Maringá, 2001.

UGALDE, M. C. P.; ROWEDER, C. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, Edição Especial, e 099220, 2020.

VASCONCELOS, Mario Cristino Bandim. **Aplicabilidade da técnica “mapas mentais” no ensino médio**. 2015. 68 f. Monografia (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

VIEIRA, C. L. Partículas Elementares: a (des)construção da matéria pelo homem. p 32-46. **Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas**. Rio de Janeiro, 2005.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

APÊNDICE

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PARA O(A) ALUNO(A):

Você aluno(a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), de uma atividade de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Mestrado Profissional, da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

O título da Pesquisa é “**A ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS NO ESTUDO DA TABELA PERIÓDICA: UMA PROPOSTA DE CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA**” e tem como objetivo produzir o trabalho de conclusão de curso do mestrando/pesquisador Janildes Silva Pinho.

Os resultados desta pesquisa e imagem do(a) aluno(a) poderão ser publicados e/ou apresentados em encontros e congressos sobre Ensino e Astronomia. As informações obtidas por meio dos relatos (anotações, questionários ou entrevistas) serão confidenciais e asseguramos sigilo sobre sua identidade. Os dados serão publicados de forma que não seja possível a sua identificação.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento, bem como a participação nas atividades de pesquisa. Em caso de dúvida sobre a pesquisa você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável.

PARA OS PAIS OU RESPONSÁVEIS:

Após ler com atenção este documento e ser esclarecido(a) de quaisquer dúvidas, caso aceite a participação da criança ou adolescente na pesquisa, preencha o parágrafo abaixo e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

Eu, _____
 __, responsável pelo(a) aluno(a) _____

_____. nascido(a) em ____/____/____, autorizo a participação do(a) aluno(a) na pesquisa, e permito gratuitamente, Janildes Silva Pinho, responsável pela pesquisa, o uso da imagem do(a) referido(a) aluno(a), em trabalhos acadêmicos e científicos, bem como autorizo

o uso ético da publicação dos relatos provenientes deste trabalho. Declaro que recebi uma cópia do presente Termo de Consentimento. Por ser verdade, dato e assino em duas vias de igual teor.

_____ de _____ de 2022

Assinatura do responsável pelo(a) aluno(a)

Contatos: Orientador(a), coorientador e Responsável: Prof.^a Dr^a Ana Carla Peixoto Bitencourt Ragni, Prof. Dr^o Marildo Geraldête Pereira e Prof.^a Janildes Silva Pinho.

E-mails:<ana.bitencourt@uefs.br,marildouefs@gmail.com e janesbio@gmail.com> Telefone: (75) 31618289 .

Endereço: Av. Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte. CEP: 44036-900. Feira de Santana Bahia.

Assinaturas:

_____ (Orientador(a): Prof.^a Dr^a Ana Carla Peixoto Bitencourt Ragni)

_____ (Coorientador(a): Prof. Dr^o Marildo Geraldête Pereira)

_____ (Discente: Prof.^a. Janildes Silva Pinho)

APÊNDICE B: TEXTO DE CONSULTA

Colégio Estadual José Ferreira Pinto
 Disciplina : Química
 Profª: Jane Pinho
 Série: 1º ano Turma:
 Nome:

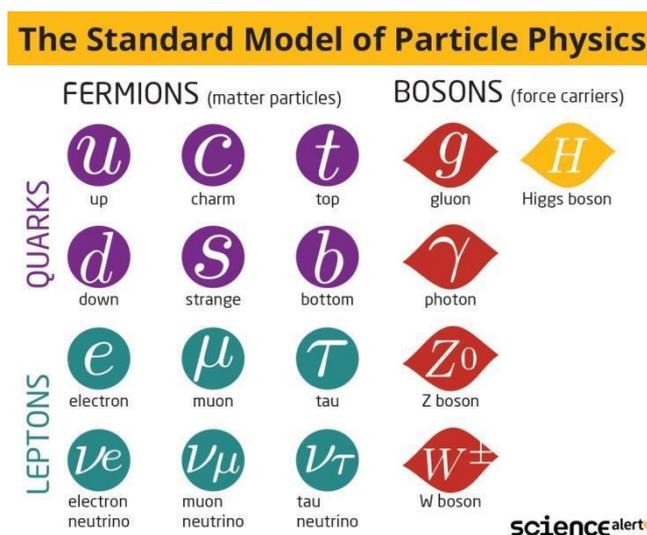
COMPREENDENDO A CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA

A constituição da matéria intriga e desperta a curiosidade há muito tempo. Na Grécia antiga, século V a. C., os filósofos já se questionavam do que eram feitas todas as coisas. Foram dois filósofos, Leucipo e Demócrito, que utilizaram pela primeira vez o termo átomo. Para eles tudo que existia era formado por minúsculas partículas indivisíveis, o átomo, dando início ao atomismo.

Os anos se passaram e avanços e descobertas científicas possibilitaram um entendimento maior sobre a matéria e sua constituição, mas o termo átomo é utilizado até hoje em homenagem aos filósofos que o empregaram pela primeira vez. Atualmente sabe-se que embora seja a unidade formadora de toda a matéria, o átomo não é indivisível. Pelo contrário, ele é formado por um conjunto de partículas, sendo as mais conhecidas os prótons, elétrons e nêutrons. Destas, prótons e nêutrons podem ainda serem divididos em partículas menores.

No mundo ultramicroscópico das partículas atômicas podemos dividi-las em duas categorias: os férmions, que são as partículas que constituem a matéria; e os bósons, que representam as partículas de mediação, estabelecendo a interação entre os férmions (Figura 1).

Figura 1: Modelo Padrão das Partículas elementares.



Fonte: Universo Racionalista

Entre os férmions têm-se os quarks e os léptons. Os quarks são em número de seis e possuem duas características próprias: a cor e o sabor. Mas não se engane! A cor, não é o tom do que o olho vê, e nem o sabor tem relação ao gosto. Mas, o que são essas características, então? Não passam de analogias para facilitar o entendimento sobre os tipos e cargas dos quarks. O sabor se refere aos tipos de quarks: up, down, charm, strange, top e bottom (Figura 2). Desses 6 sabores, apenas dois, o up e o down, fazem parte da composição dos átomos

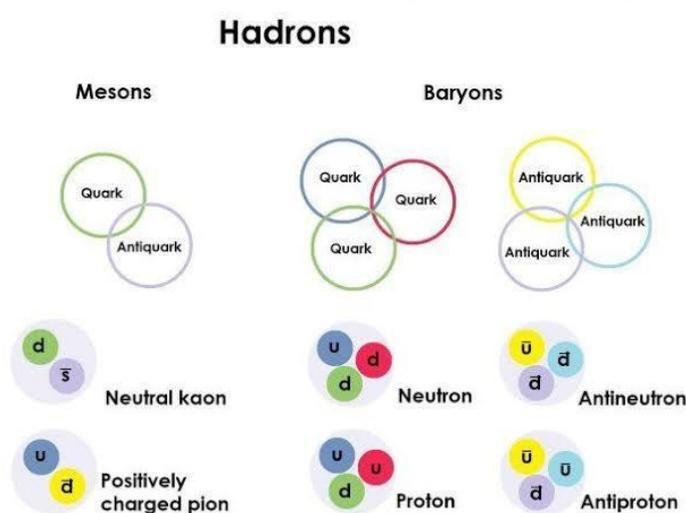
formando os prótons e nêutrons. Os demais só existiram nos primeiros momentos da criação do Universo, sendo possível recriá-los nos aceleradores de partículas.

FÉRMIONS			
QUARKS		LÉPTONS	
Up (u)	Strange (s)	Elétron (e)	Neutrino do elétron (ν_e)
Down (d)	Top (t)	Múon (μ)	Neutrino do múon (ν_μ)
Cham (c)	Bottom (b)	Tau (τ)	Neutrino do Tau (ν_τ)

Figura 2: Tipos de Férmions

A cor dos quarks, verde, vermelho e azul, está relacionada à neutralidade da cor branca resultante da mistura das outras três cores. Os quarks são partículas que permanecem juntas, interagindo, aos pares ou em trios. Esse agrupamento de quarks é chamado de hádrons, e divide-se em mésons (pares de quarks) ou bárions (trios de quarks) (Figura 3).

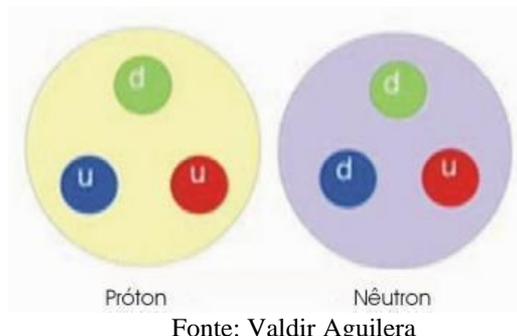
Figura 3: Diferentes tipos de Hádrons



Fonte: Helen Klus

Os prótons e nêutrons são formados por trios de quarks, portanto são hádrons do tipo bárions. Os quarks que formam os prótons e nêutrons são o up e o down, a diferença está na quantidade dessas partículas (Figura 4). Os prótons são formados por dois quarks up e um down que interagem através do glúon por meio da força nuclear forte. Já os nêutrons são formados por dois quarks down e um up. A partícula mediadora, glúon, e a força fundamental, nuclear forte, são as mesmas. Essa diferença faz com que os prótons tenham carga positiva e os nêutrons não tenham carga. Além disso, é o que justifica o fato de os nêutrons serem ligeiramente mais massivo que os prótons.

Figura 4: Estrutura interna do próton e do nêutron



Além dos quarks, o outro grupo de partículas classificado como férmions são os léptons. Também existem seis léptons, sendo o elétron o mais conhecido deles, única partícula elementar que constitui o átomo, juntamente com prótons e nêutrons.

Os bósons constituem a classe das partículas mediadoras, ou seja, aquelas que estabelecem a comunicação entre os férmions. Cada uma das quatro forças fundamentais possuem uma partícula mediadora associada: a força nuclear fraca é mediada pelos bósons W e Z; a força gravitacional, pelo gráviton; a força eletromagnética, pelos fótons; e a força nuclear forte, pelos glúons (Figura 5). O famoso bóson de Higgs é responsável por atribuir massa a outras partículas.

Forças Fundamentais	Partículas Mediadoras	Características
Força Gravitacional	Gráviton	Força atrativa que se manifesta entre os corpos que possuem massa.
Eletromagnética	Fótons	Força atrativa ou repulsiva que contemplam as forças elétricas e magnéticas.
Nuclear forte	Glúons	Força responsável por garantir a estabilidade do núcleo atômico.
Nuclear Fraca	Bósons Z e W	Responsável pela transformação de certos núcleos atômicos em outros núcleos.

Figura 5: Forças Fundamentais e suas partículas mediadoras

Atualmente a maioria das partículas fundamentais são geradas a partir da colisão entre prótons e elétrons em aceleradores de partículas. O conhecimento sobre as partículas que constituem os átomos é de fundamental importância tendo em vista que se relaciona com a formação de tudo que existe no Universo. Além disso, as pesquisas nesse campo envolvem o desenvolvimento de tecnologias cada vez mais avançadas cuja utilização traz implicações em diversos campos como, por exemplo, saúde, informática, construção civil e agricultura.

APÊNDICE D: SLIDES DA AULA SOBRE DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA

DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA E A TABELA PERIÓDICA

Profª Jane Pinho

Família ou grupo	Nº de e- na camada de valência	camada valência	Nome
IA	1	ns ¹	Metais alcalinos
IIA	2	ns ²	Metais alcalinos terrosos
IIIA	3	ns ² np ¹	Família do boro
IVA	4	ns ² np ²	Família de carbono
VA	5	ns ² np ³	Família de nitrogênio
VIA	6	ns ² np ⁴	Calcogênios
VIIA	7	ns ² np ⁵	Halogênios
VIIIA ou 0	8	ns ² np ⁶	Gases nobres

Quanto à configuração eletrônica (os blocos s, p, d, f) em relação ao subnível mais energético, o T.P. também pode ser separado em blocos.

Subnível mais energético	Classificação do elemento químico
s ou p	Representativo
d	Transição ou Transição externa
f	Transição interna

AGORA É A SUA VEZ!!!

ORDEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS E TABELA PERIÓDICA

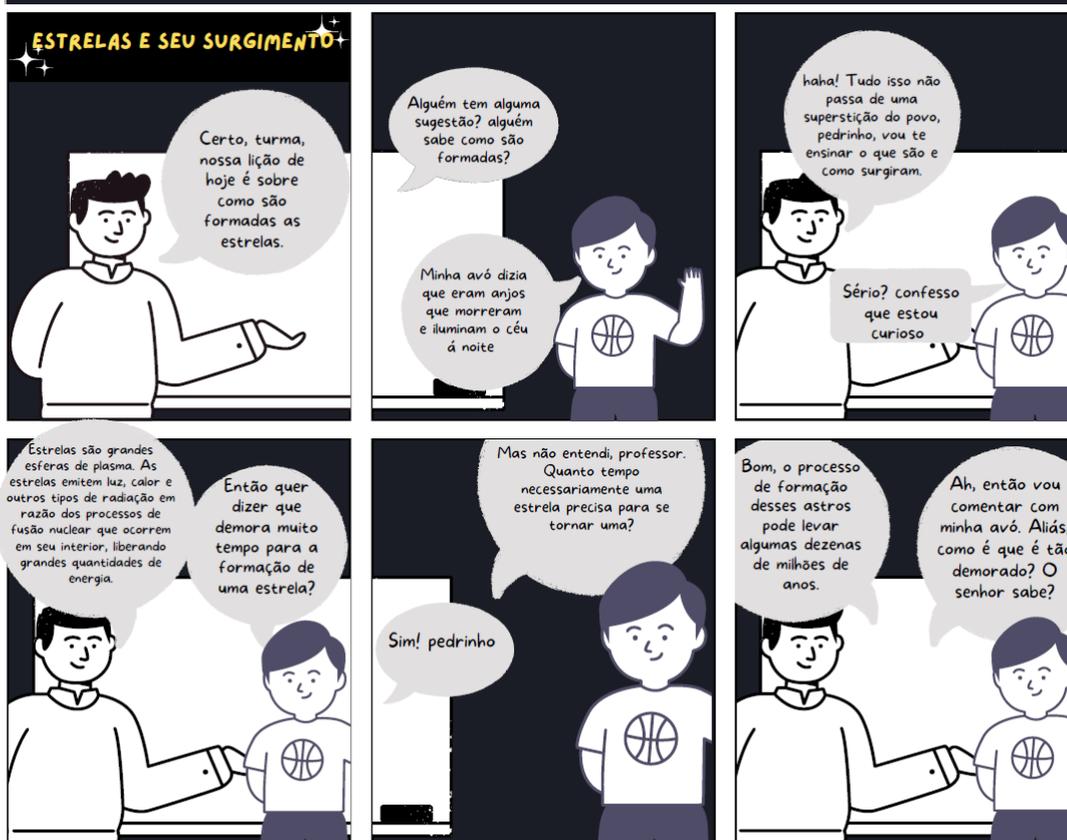
ELEMENTO QUÍMICO

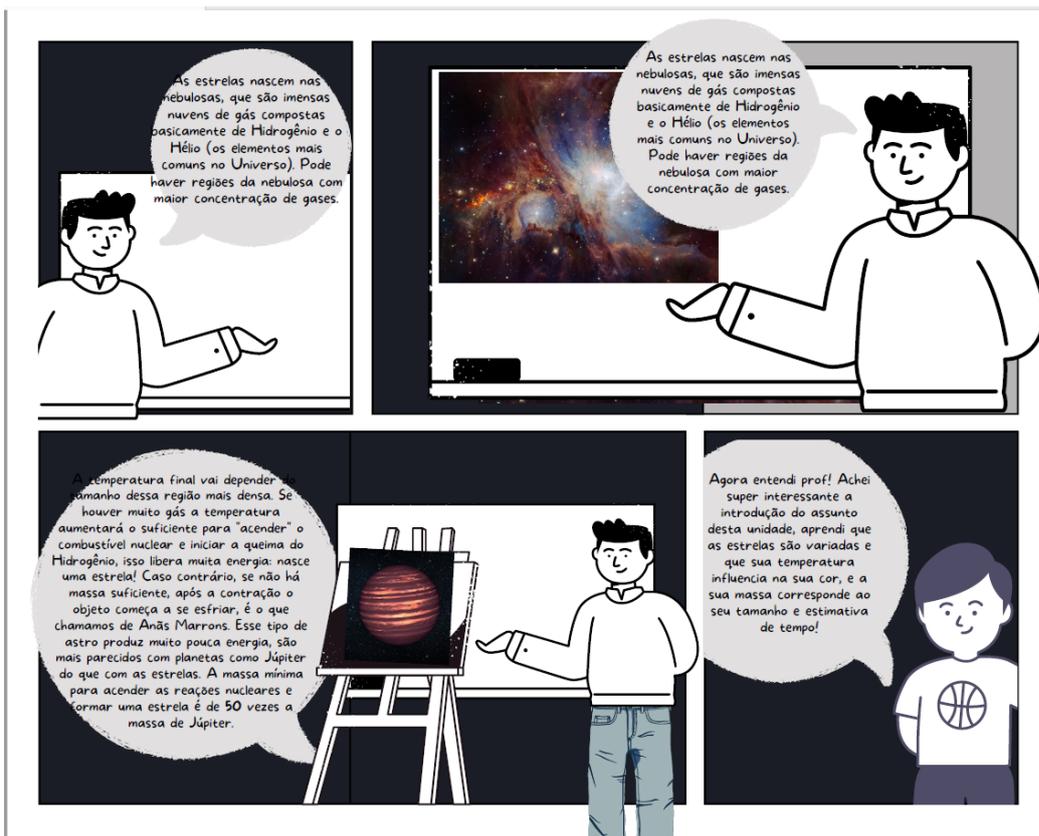
- Vamos dividir a sala em equipes;
- Cada equipe receberá 1 ou 2 crachás químicos;
- Consulte a Tabela Periódica e encontre o elemento;
- Escreva o símbolo, o número atômico e a massa atômica no quadro;
- Escreva também a localização na TP desse elemento;
- Classifique-o em metal, ametal, gás nobre ou hidrogênio, identificando seus principais características;
- Faça a distribuição dos elementos por camada e relacione com a localização da TP;
- Por fim, diga onde podemos encontrar esse elemento.

APÊNDICE E: HISTÓRIAS EM QUADRINHOS PRODUZIDAS PELOS ESTUDANTES

Quadrinho sobre estrelas

— Yuri Souza





Colégio Estadual Jose Ferreira Pinto

Big bang

O COMEÇO DE TUDO!

**Alunos: Israel Da Silva, Kauane Ferreira, Marina
Ferreira, Monaliza Teixeira, Priscila De Brito**

Turma: 1º Ano E



Na noite de 10 de dezembro de 2007, Alice observava as estrelas no céu com seu pai no interior de Minas Gerais, no quintal de sua casa.

Quando lhe surgiu uma curiosidade!



A minha filha é uma longa de história de como surgiu esse lindo universo!

pai como surgiu o universo?

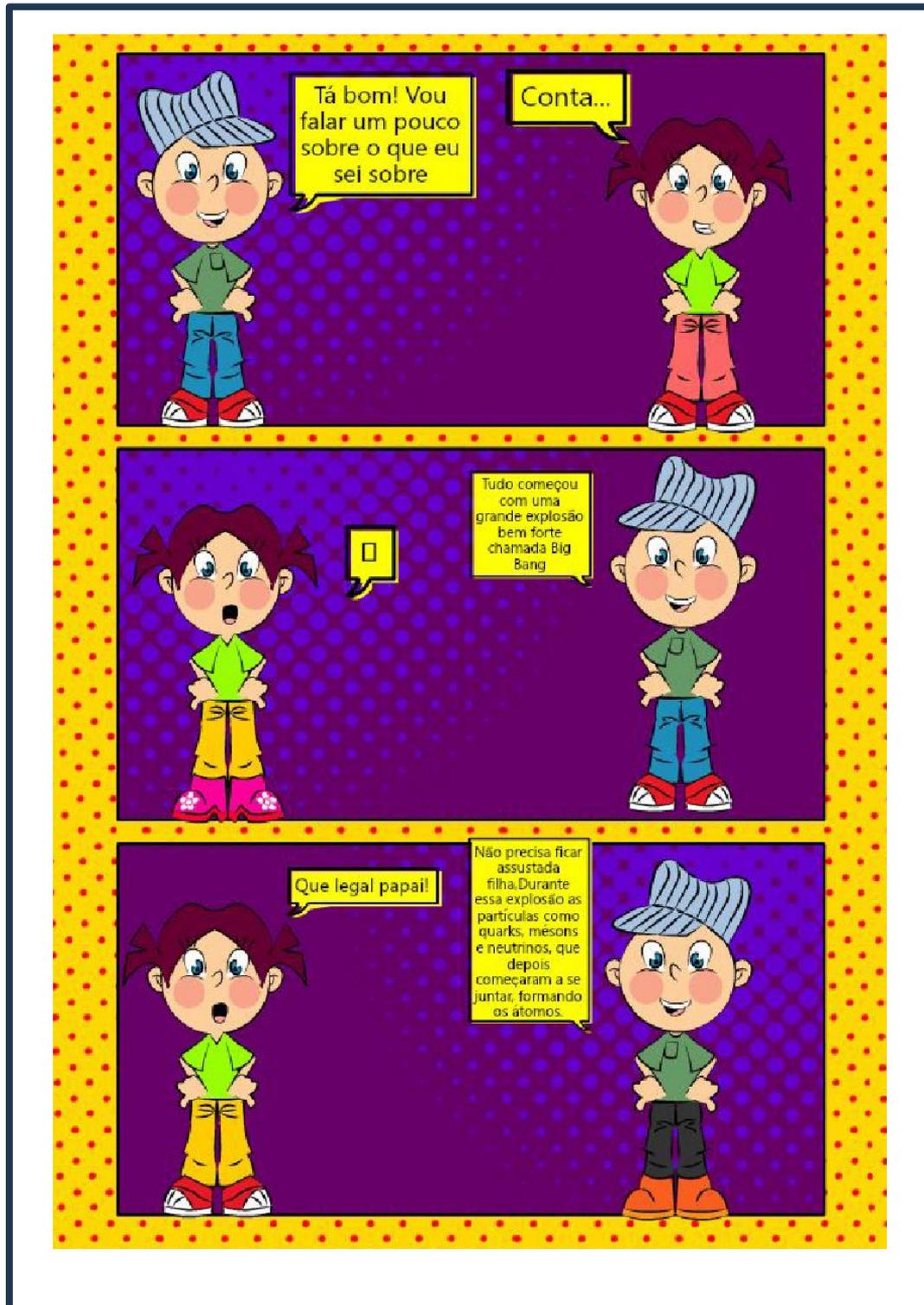


Essa curiosidade surgiu papai na escola quando a Professora Letícia perguntou como o universo surgiu? Até hoje eu tenho essa curiosidade!



Mas minha filha o porque dessa curiosidade?

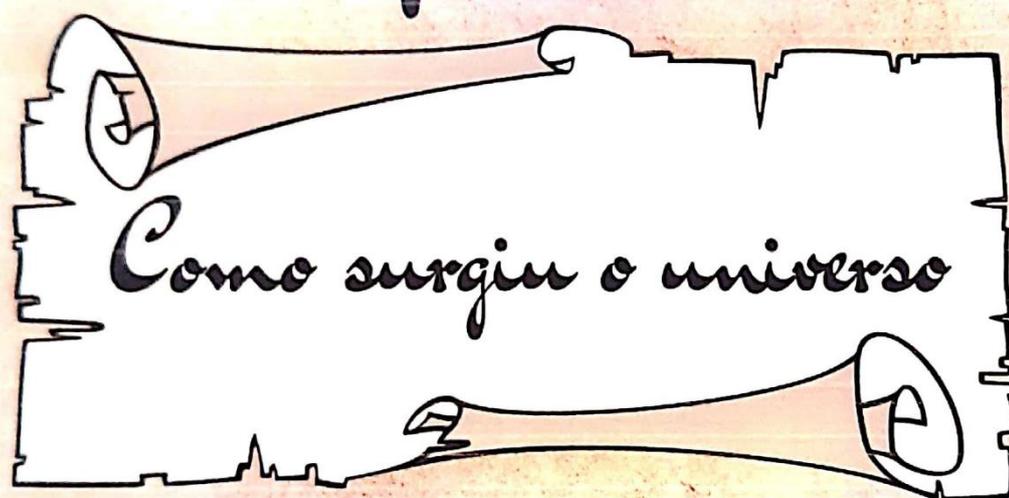






Colégio Estadual José Ferreira

Trabalho de química



Aluno:

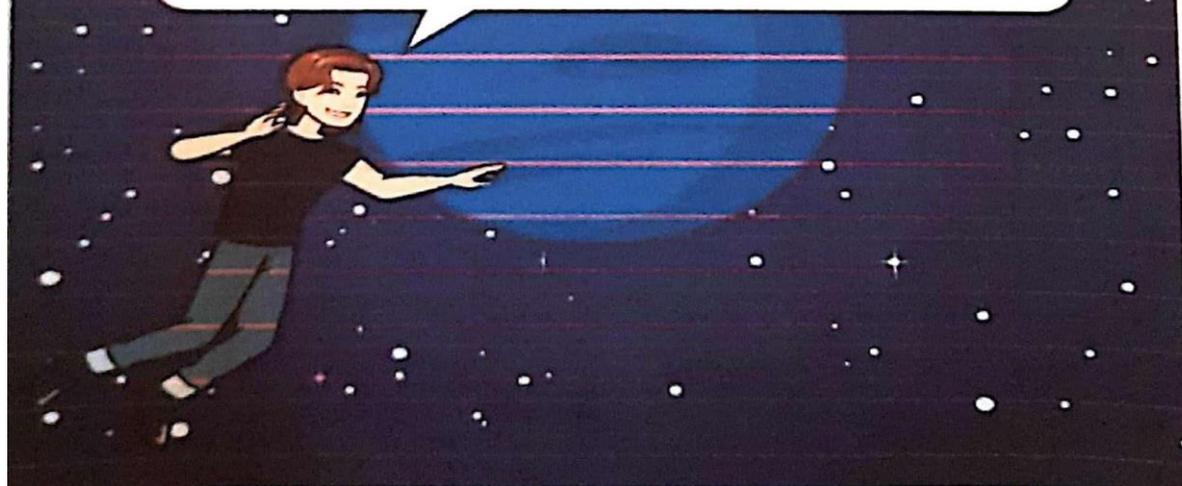
Giovanni,caua,Fernando,Jefferson,João Ma
or.

Ano:1 ano E

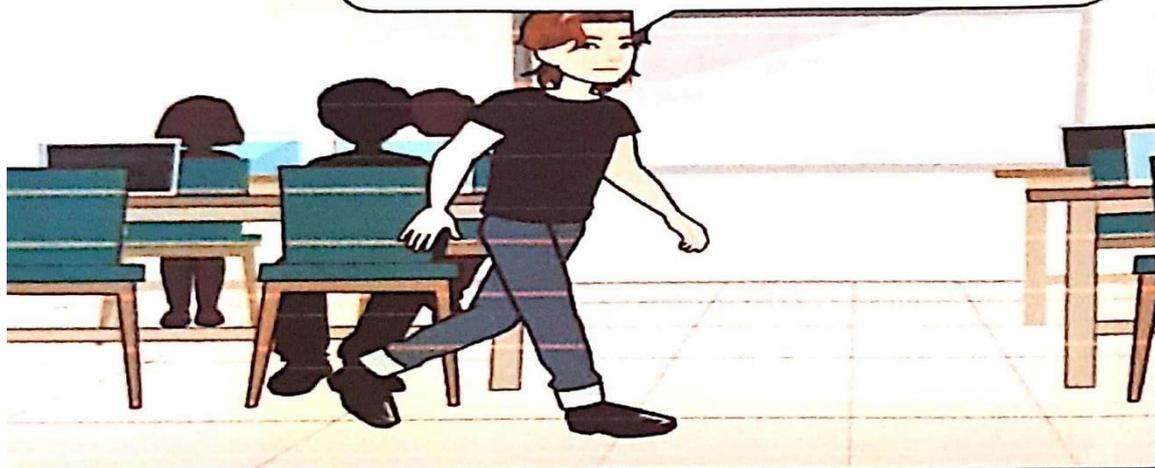
Data:21/11/22



A teoria do Big Bang é a explicação mais aceita para a origem do nosso Universo. De acordo com essa hipótese, todos os elementos conhecidos e desconhecidos que estão presentes no espaço vieram de um único ponto de altíssima temperatura e densidade infinita que era chamado então de "átomo primordial".



O termo Big Bang (“grande explosão”) teria sido cunhado no final da década de 1940, em uma análise crítica à teoria feita pelo astrônomo britânico Fred Hoyle (1915-2001).



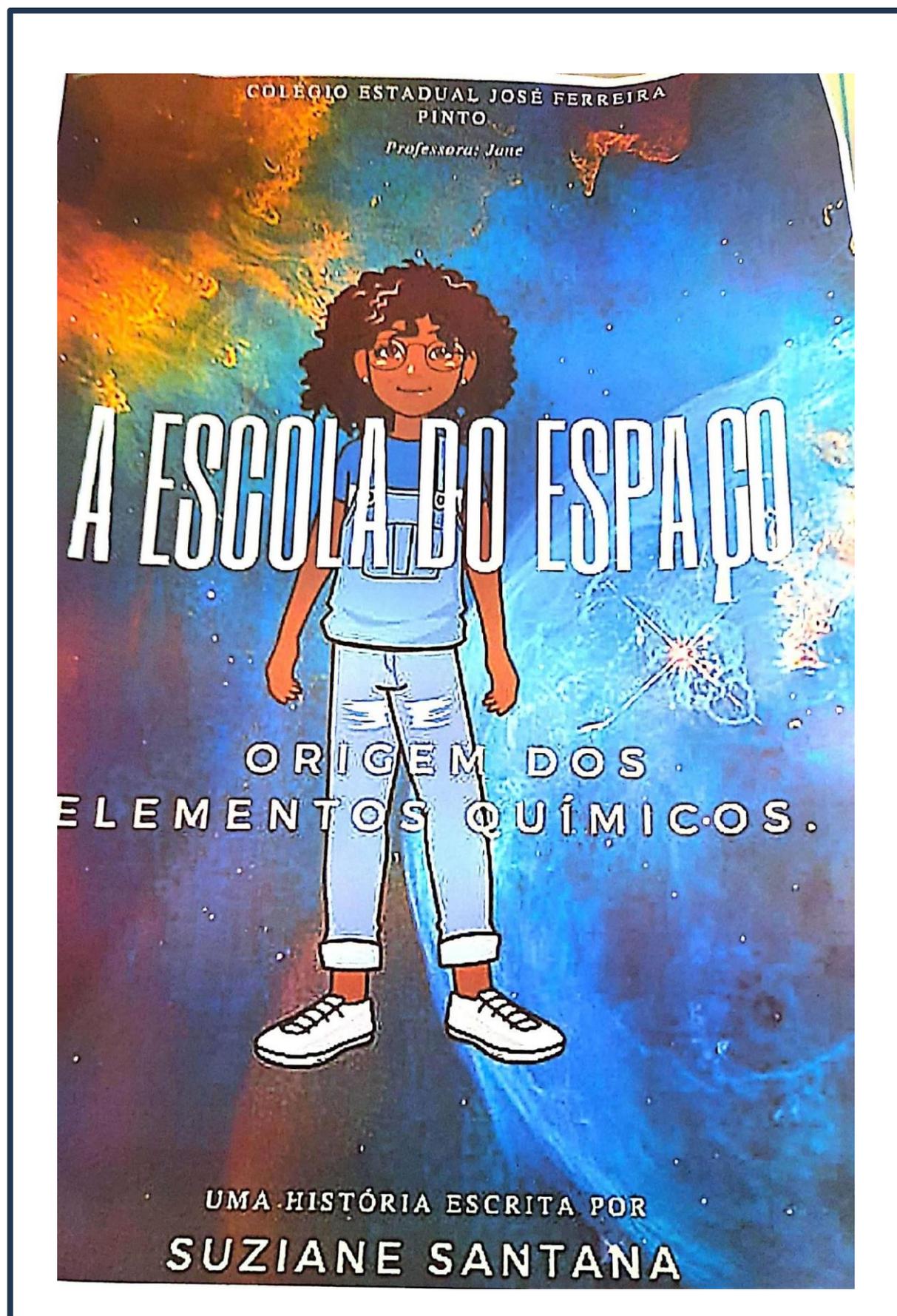
Como vimos acima, existem, de fato, algumas evidências que são capazes de atestar a teoria do Big Bang. A principal delas diz respeito à comprovação da radiação emitida pela interação das partículas que formavam o Universo pouco tempo após o início da expansão, que continua até os dias de hoje sendo transmitida pelo espaço.











Na aula de hoje vamos fazer um passeio ao observatório ...



No observatório...

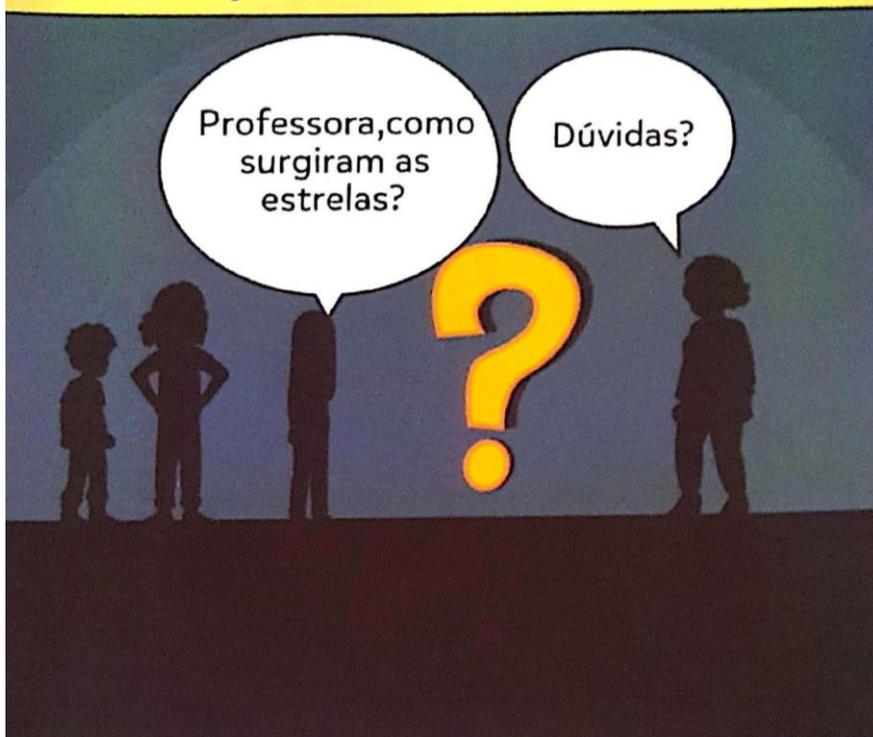
Ebaa

Olá crianças , hoje vamos estuda sobre o espaço...





Essa teoria afirma que após a explosão e a acomodação das diferentes matérias, essas se aglomeraram formando as galáxias do Universo.





APÊNDICE F: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Estamos concluindo o trabalho sobre a Origem dos Elementos Químicos. Agora chegou a hora de você avaliar o tema abordado, bem como as ações e atividades desenvolvidas nas aulas de Química. Seja bem sincero nas suas opiniões e lembre-se que não é necessário se identificar.

- 1) Você gostou de trabalhar com a temática Origem dos Elementos Químicos?

				
muito insatisfeito	insatisfeito	neutro	satisfeito	muito satisfeito
()	()	()	()	()

- 2) Você gostou de estudar um pouco de Astronomia nas aulas de Química?

				
muito insatisfeito	insatisfeito	neutro	satisfeito	muito satisfeito
()	()	()	()	()

- 3) O que você achou do formato das aulas de Química?

				
muito insatisfeito	insatisfeito	neutro	satisfeito	muito satisfeito
()	()	()	()	()

- 4) O que você achou das atividades desenvolvidas nas aulas?

				
muito insatisfeito	insatisfeito	neutro	satisfeito	muito satisfeito
()	()	()	()	()

Qual delas você mais gostou? _____

Qual deles você menos gostou? _____

- 5) A temática, Origem dos elementos químicos, contribuiu para que você se interessasse mais pela disciplina?

- 6) Você achou as aulas mais dinâmicas, contribuindo para aumentar a sua participação?

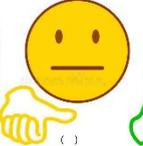
				
muito insatisfeito	insatisfeito	neutro	satisfeito	muito satisfeito
()	()	()	()	()

				
muito insatisfeito	insatisfeito	neutro	satisfeito	muito satisfeito
()	()	()	()	()

- 7) Em relação a sua aprendizagem, como você avalia o seu aprendizado?

				
muito insatisfeito	insatisfeito	neutro	satisfeito	muito satisfeito
()	()	()	()	()

8) Você acha que a professora deveria continuar abordando essa temática nas próximas turmas do 1 ano?

		
()	()	()

9) Qual a(s) maior(es) dificuldade(s) que você encontrou durante as aulas?

10) Deixe aqui seus comentários e sugestões:
