



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU
ASTROFÍSICA GRAVITACIONAL E FÍSICA
ESPACIAL**

**TÍTULO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA
DIDÁTICA ENVOLVENDO ASTRONOMIA E QUÍMICA
PARA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA)**

**Autor: THIAGO FRAGA ALEXANDRE
Orientador(a): Professora Dra. Vanessa Carvalho de
Andrade**

**Brasília-DF
2022**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU
ASTROFÍSICA GRAVITACIONAL E FÍSICA ESPACIAL

**TÍTULO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA
ENVOLVENDO ASTRONOMIA E QUÍMICA PARA
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA)**

THIAGO FRAGA ALEXANDRE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu da Universidade de Brasília no curso de Astrofísica Gravitacional e Física Espacial (AGFE), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Física.

Orientadora:
Profa. Dra. Vanessa Carvalho de Andrade



Brasília-DF
2022

**TÍTULO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO
ASTRONOMIA E QUÍMICA PARA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA)**

Por: Thiago Fraga Alexandre

Comissão avaliadora composta por:

Vanessa Carvalho de Andrade	Instituto de Física – UnB	Orientadora
Galina Gulis	Mestrado Nacional Profissional em Física – Instituto de Física – UnB	Examinadora
Nadja Simão Magalhães	Universidade Federal de São Paulo	Examinadora

BRASÍLIA – DF

2022

*“A vida não é fácil para nenhum de nós.
Temos que ter persistência e, acima de tudo,
confiança em nós mesmos.”
(Marie Curie)*

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço aos meus irmãos Diego e Pablo que sempre se mostraram interessados nas minhas caminhadas pelo mundo da Educação.

Agradeço aos colegas de curso que sempre foram muito solícitos e respeitosos comigo, sabendo que eu era o único químico da turma, parablenizo todos: Fernando, Gilson, Ricardo, Luiz, Marcus, Petrus, Sidney e Taric pela caminhada com caráter coletivo. Sempre com muita parceria.

Em especial, agradeço ao Ricardo e ao Petrus por todo incentivo, por toda colaboração, pelos ensinamentos, pela paciência, pelas palavras que colaboraram para que eu chegasse até essa etapa. Certamente, vocês fizeram a diferença nesse curso.

Aos professores do curso deixo o meu muito obrigado. Todos os ensinamentos ao longo dessa jornada, foram essenciais e seguramente estão fazendo a diferença em minhas aulas e em minha vida.

De maneira especial, agradeço a minha orientadora e professora Vanessa. Primeiramente, por ter aceitado participar da minha orientação. Sem dúvida foi um desafio para a senhora. Todos os seus ensinamentos e todas as suas orientações foram de um ressignificado singular para minha formação como educador. Suas ponderações sobre o Ensino de Ciências são exemplares.

Agradeço as minhas filhas, Maria Flor e Yasmim, por entenderam a minha ausência em diversas noites ao longo do curso. E destaque que em algumas noites dormiram no meu colo ouvindo as aulas. Espero que a minha dedicação sirva de incentivo aos estudos.

Agradeço e dedico este trabalho aos meus pais, Ivanildo e Elaine, que sempre me incentivaram e me ajudaram na minha formação como homem e educador. Seus exemplos diários tornaram meus objetivos possíveis.

RESUMO

Este trabalho apresenta em seu cerne dois objetivos. O primeiro deles é realizar uma revisão bibliográfica acerca de determinados assuntos abordados na Astronomia, na Cosmologia e na Química, como: a física de partículas, o surgimento dos primeiros átomos, a evolução química do Universo, a química presente nas estrelas e alguns processos que os permeiam. Acredita-se que essa revisão bibliográfica permitirá aos professores uma formação mais sólida e atualizada sobre os temas, fundamentando-os para trabalhar de maneira interdisciplinar assuntos referentes às Ciências. Diante desse contexto, foi pensada uma proposta de transposição didática dos assuntos, com apresentação de uma sequência didática. Inicialmente, a proposição deverá ser aplicada na Educação de Jovens e Adultos (EJA). Contudo, poderá ser adequada para os Anos Finais do Ensino Fundamental e do Novo Ensino Médio. O trabalho está baseado em abordagem qualitativa e utilizará instrumentos de coletas de dados. Os estudantes antes da realização da sequência didática responderão um questionário para sondar os conhecimentos prévios sobre alguns assuntos e, após a sequência didática, outro questionário será aplicado a fim de verificar se ocorreu a compreensão dos conceitos abordados. Observações dos estudantes a partir da análise dos assuntos discutidos ao longo das aulas, também serão feitas. Conjetura-se que a sequência didática sugerida neste trabalho permitirá aos estudantes da EJA uma contribuição no seu letramento científico, tendo em vista a formação de um cidadão reflexivo e crítico. E que a partir das 6 aulas os estudantes possam ter ampliado seus conhecimentos sobre Ciências, contribuindo para a leitura de alguns fenômenos que ocorreram e ocorrem no Universo que os rodeia.

Palavras-chave: Astronomia, Química, Sequência Didática.

ABSTRACT

This work has at its core two objectives. The first one is to carry out a bibliographic review on certain subjects addressed in Astronomy, Cosmology and Chemistry, such as: particle physics, the emergence of the first atoms, the chemical evolution of the Universe, the chemistry present in the stars and some processes that permeate them. It is believed that this bibliographic review will allow teachers to have a more solid and updated training on the themes, basing them to work in an interdisciplinary way on subjects related to Science. Given this context, a proposal for a didactic transposition of the subjects was thought, with the presentation of a didactic sequence. Initially, the proposition should be applied in Youth and Adult Education (EJA). However, it may be suitable for the Final Years of Middle School and New High School. The work is based on a qualitative approach and will use data collection instruments. Before carrying out the didactic sequence, students will answer a questionnaire to probe their previous knowledge about some subjects and, after the didactic sequence, another questionnaire will be applied in order to verify if the understanding of the concepts covered has occurred. Observations of the students from the analysis of the subjects discussed during the classes will also be made. It is conjectured that the didactic sequence suggested in this work will allow EJA students to contribute to their scientific literacy, with a view to the formation of a reflective and critical citizen. And that from the 6th class onwards, students can have expanded their knowledge of Science, contributing to the reading of some phenomena that have occurred and occur in the Universe that surrounds them.

Keywords: Astronomy, Chemistry, Didactic Sequence.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. A INTERDICIPLINARIEDADE ENTRE ASTRONOMIA E QUÍMICA	15
2. O NOVO ENSINO MÉDIO	19
3. AS GRANDES CIÊNCIAS.....	22
4. FÍSICA DE PARTÍCULAS.....	25
5. OS PRIMEIROS ÁTOMOS.....	34
6. A EVOLUÇÃO QUÍMICA DO UNIVERSO	37
7. A QUÍMICA PRESENTE NAS ESTRELAS.....	39
8. A ESPECTROSCOPIA DAS ESTRELAS E A QUÍMICA	50
9. SEQUÊNCIA DIDÁTICA	54
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
11. REFERÊNCIAS.....	67
12. APÊNDICE	71
12.1PRÉ-TESTE	71
12.2PÓS AULAS	73

INTRODUÇÃO

Em um país desigual socialmente como o Brasil, é inegável que vários jovens e adultos apresentem em sua vida acadêmica trajetórias escolares interrompidas. Os casos de interrupção no processo de escolarização são provocadas por rupturas, frustrações e não aprendizados. Esses motivos são gerados pela precariedade do contexto social, familiar e pelo fracasso escolar.

É nesse contexto, que a Educação de Jovens e Adultos (EJA) tem como proposta repensar maneiras de mobilizar os estudantes para retornarem o seu percurso educativo, sempre que possível integrando áreas do trabalho, saúde, tecnologia, sustentabilidade, cultura e lazer na perspectiva intersetorial e de formação integral dos cidadãos.

Vale ressaltar que a Educação de Jovens e Adultos é uma modalidade da Educação Básica que destinada aos jovens e adultos que estão presentes no mercado de trabalho, com empregabilidade ou não, que procuram iniciar ou continuar trilhando seu caminho na educação.

A Educação de Jovens e Adultos é uma modalidade com características singulares, que exige uma organização diferenciada do trabalho pedagógico, valorizando seus sujeitos e proporcionando a construção de saberes com uma formação de um ser crítico, político, intelectual e criativo.

Para que essa situação ocorra é necessário que se aplique o princípio da equidade, entendendo que os jovens e adultos que pertencem a essa modalidade precisam receber um tratamento igualitário de formação e restabelecer a igualdade de direitos e de oportunidades face ao direito à educação.

Conforme a resolução da CNE/CEB Nº 1, de 5 de julho de 2000:

Art. 4º As Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio estabelecidas e vigentes na Resolução CNE/CEB 3/9 se estendem para a modalidade de Educação de Jovens e Adultos no ensino médio.

Art. 5º Os componentes curriculares consequentes ao modelo pedagógico próprio da educação de jovens e adultos e expressos nas propostas pedagógicas das unidades educacionais obedecerão aos

princípios, aos objetivos e às diretrizes curriculares tais como formulados no Parecer CNE/CEB 11/2000, que acompanha a presente Resolução, nos pareceres CNE/CEB 4/98, CNE/CEB 15/98 e CNE/CEB 16/99, suas respectivas resoluções e as orientações próprias dos sistemas de ensino.

Parágrafo único. Como modalidade destas etapas da Educação Básica, a identidade própria da Educação de Jovens e Adultos considerará as situações, os perfis dos estudantes, as faixas etárias e se pautará pelos princípios de equidade, diferença e proporcionalidade na apropriação e contextualização das diretrizes curriculares nacionais e na proposição de um modelo pedagógico próprio, de modo a assegurar:

I - quanto à equidade, a distribuição específica dos componentes curriculares a fim de propiciar um patamar igualitário de formação e restabelecer a igualdade de direitos e de oportunidades face ao direito à educação.

A realidade do ensino noturno público no Brasil apresenta peculiaridades, há problemas de ordem estrutural e educacional. O alto índice de evasão escolar na modalidade EJA é um fator que assola habitualmente as escolas. A falta de recursos pedagógicos, a ausência de professores frequentes e o cansaço diários após várias horas de trabalho contribuem para esse fator ser recorrente ao longo dos anos.

Refletir sobre o contexto da modalidade EJA precisa ser uma prática pedagógica diária. E propor uma reconstrução de uma própria prática pedagógica, passou a ser necessária para contribuir para a diminuição da evasão dos estudantes e propiciar um nível igualitário de formação, para estimular o processo de ensino aprendizagem.

O ensino de Ciências ministrado na EJA, representado pelos componentes curriculares de Biologia, de Química e de Física; é alvo de críticas por se apresentar quase de maneira expositiva e fundamentada na transmissão de conhecimento, enfatizando a memorização de conteúdo sem relação com o seu cotidiano. Esse contexto provoca falta de estímulo dos estudantes ao longo de seu percurso na educação.

De acordo com COSTA (2012) a Educação de Jovens e Adultos visa encurtar a distância entre incluídos e excluídos das novas formas de conhecimentos que são

indispensáveis para o mundo do trabalho, trazendo para os bancos das instituições de educação formal aqueles que não cursaram este nível de escolaridade na idade apropriada.

Para que os professores possam estimular a continuidade dos estudantes na EJA, é importante investir no letramento científico, pode ser um caminho para alcançar a melhora significativa nos processos de aprendizagem dos nossos estudantes e que eles se tornem mais estimulados a finalizar a sua Educação Básica. E para que isso aconteça são necessários professores dispostos a repensar suas práticas diárias, que busquem contextualizar os mais diversos conceitos, relacionando-os sempre à vida real dos nossos estudantes.

O letramento científico é importante para entendermos o impacto da Ciência no nosso cotidiano, para que possamos fazer escolhas. Ou seja, o letramento científico ajuda em tomadas de decisões diárias, possibilitando compreender aquilo que é nos comunicado, refletir sobre as informações que nós já temos, contribuindo para que o cidadão se torne pleno de suas escolhas e atitudes frente a desafios tecnológicos e de saúde.

O trabalho realizado por BRANCO, ZANATTA e AGASHIMA (2020) discute que por meio de letramento científico é possível lutar contra a desigualdade, a injustiça e a exclusão enquanto o acesso à Educação, que é direito inalienável do humano. O letramento científico defende o conhecimento mínimo a todos, possibilitando-lhes condições para participar de decisões, opinar, apresentar soluções para problemas sociais e que todos tenham conhecimento e saibam utilizá-los para compreender sua realidade.

Desde 1988 a Constituição Brasileira evidencia que a educação é dever do Estado e da família e direitos de todos, seja de um estudante do ensino regular ou da Educação de Jovens e Adultos. A discursão é antiga, como fomentar a educação de qualidade na Educação Básica. Como promover ao estudante não somente uma preparação para o ensino superior, mas assegurar-lhe uma formação de qualidade para que ele possa exercer a sua cidadania, meios para progredir no seu trabalho e em seus estudos. “No contexto da sociedade moderna, são exigidos do cidadão apenas o domínio da leitura e da escrita, ou o conhecimento geral das áreas de ciência e humanidades. Para o cidadão moderno é necessário, também, o conhecimento específico das disciplinas científicas do nível médio.” (SANTOS E SCHNETZLER, 2000. p. 46)

Para OSTERMANN e MOREIRA (2001) há uma tendência nacional e internacional de atualizar os currículos de Física. Contudo percebe-se que os trabalhos publicados não encaram a questão sob a ótica do ensino, ou seja, os professores da Educação Básica não procuram atualizar as suas aulas.

Assim, com o objetivo de ampliar os conhecimentos dos estudantes sobre os aspectos relacionados à Astronomia e à Química, o referido trabalho propõe uma sequência didática sobre aspectos relacionados às duas ciências. Procura, assim, contribuir com a formação dos estudantes para que possam realizar uma leitura mais emponderada do universo que os rodeia.

Para que essa formação ocorra entende-se que a Astronomia como Ciência pode contribuir para a formação do estudante. Segundo FILHO e SARAIVA (2014) a Astronomia tem provocado interesse na humanidade vários séculos antes de Cristo, havendo registros astronômicos muito antigos que datam de aproximadamente 3000 a.C. e se devem aos chineses, babilônios, assírios e egípcios. Além disso, a Astronomia é uma Ciência que permite a partir da origem do Universo explicar o surgimento da matéria e seus constituintes, que por sua vez, a formação de cometas, asteroides, planetas anões, planetas, estrelas entre outros aspectos.

SASSERON (2015) entende que os temas e as situações envolvendo as ciências devam ser analisados à luz dos conhecimentos científicos, sejam estes conceitos ou aspectos do próprio fazer científico. E a Astronomia se destaca há centenas de anos com seu fazer pela Ciência. A busca incessante em procurar responder os questionamentos relacionados ao universo permite o fazer o científico. Esse contexto valida a indicação da Astronomia como uma das ciências da natureza presentes no currículo da Educação Básica.

Nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio DCNEM/2018, podemos destacar o terceiro termo que cita o estudo em Astronomia.

III – ciências da natureza e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos em contextos sociais e de trabalho, organizando arranjos curriculares que permitam estudos em astronomia, metrologia, física geral, clássica, molecular, quântica e mecânica, instrumentação, ótica, acústica, química dos produtos naturais, análise de fenômenos físicos e químicos, meteorologia e climatologia, microbiologia, imunologia e

parasitologia, ecologia, nutrição, zoologia, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino;

Há vários assuntos da Astronomia que são abordados pela Física Moderna e Contemporânea, e vários estudos indicam a importância e urgência de inserção desses assuntos em sala de aula. “Inserir e desenvolver temas da Física Moderna na Educação Básica não se trata, sob nosso ponto de vista, apenas de acrescentar um novo tópico, fenômenos, leis, princípios ao já extenso conjunto de conteúdo. Mas de possibilitar a compreensão de questões atuais relevantes, solucionar ou discutir problemas reais e até mesmo de se posicionar.” (VALENTE, 2009, p.15)

Diante desse contexto, a sequência didática proposta pelo presente trabalho busca trabalhar com objetivos específicos como:

- O letramento científico dos estudantes a partir de conceitos da Astronomia e da Química.
- Apresentar a importância da ciência como principal geradora de novas ideias e tecnologias.
- Despertar um possível interesse por Astronomia em alunos da Educação Básica.

A partir dessas prerrogativas é importante reconhecer as peculiaridades do ensino de Astronomia e a sua importância para o Ensino de Ciências.

Com base nesse contexto, o presente trabalho indica a implementação de uma proposta de sequência didática, na qual seu conteúdo poderá ser utilizado em determinados anos ou séries da Educação Básica. Inicialmente, a sequência didática apresenta uma abordagem apropriada para o 2º ano, do 3º segmento da modalidade EJA - Educação de Jovens e Adultos, no turno noturno.

A sequência didática buscará romper com uma aprendizagem mecânica, a proposta é possibilitar interação com conceitos relevantes da Astronomia e da Química e o conhecimento que o estudante já apresenta. Para MOREIRA (1999) novas informações são aprendidas desde que conceitos relevantes estejam claros e disponíveis na estrutura do cognitivo do indivíduo e funcione de maneira a conectar-se ao novo.

Esse contexto leva o trabalho a ressaltar a importância do trabalho desenvolvido por David Ausubel, entre as décadas de 60 e 80 do século passado, sobre a teoria de aprendizagem. É de conhecimento que o conceito central da teoria

de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Para Ausubel, uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor.

Segundo MOREIRA (1999) aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Nesse sentido, para que o processo de ancoragem ocorra ao longo da sequência didática, ao iniciar cada aula proposta; haverá no início sempre perguntas-problema a serem respondidas, pelos estudantes por meio de levantamento de hipótese e, em seguida, pelo escopo da aula com auxílio do professor pesquisador.

A sequência de didática iniciará com a seguinte pergunta-problema:

“Qual é a origem dos elementos químicos, considerando que a matéria observável é constituída de átomos?”

Outras questões também serão proferidas ao longo da sequência didática, para que haja motivação e um teor investigativo, como:

Em algum momento de sua vida, você já se perguntou de que as “coisas” são constituídas? Ou melhor, em alguma circunstância você se deparou com: Qual a composição das substâncias e dos materiais, seja de origem mineral ou animal?

Esse texto apresenta a proposição de uma sequência didática para ser aplicada na modalidade EJA, seguida da importância do letramento científico para os estudantes da Educação Básica. Os capítulos 2 e 3 fazem referência à possibilidade de trabalhar a Astronomia e a Química de forma interdisciplinar na Educação Básica, em especial no Novo Ensino Médio. Os Parâmetros Curriculares Nacionais indicam que o Ensino de Ciências deve desenvolver a interdisciplinaridade, sendo um pressuposto da área. E que deve promover situações significativas na vivência dos estudantes, integrando assuntos e temas transversais.

O capítulo 4 discorre sobre as grandes Ciências como a Astronomia, a Cosmologia e a Química. Posteriormente, no capítulo 5 e 6 há uma breve revisão teórica da Física de Partículas e o surgimento dos primeiros átomos. Os capítulos 7 e 8 são dedicados à química presente no universo, destacando-se a composição das estrelas. O capítulo 9 discute a importância da espectroscopia como método para

entender a composição das estrelas. E, finalmente, são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

Espera-se que a sequência didática (está localizada no apêndice) possibilite a outros professores uma prática nova em suas aulas e que incentive a criação de novas atividades para seus estudantes.

1. A INTERDISCIPLINARIEDADE ENTRE ASTRONOMIA E QUÍMICA

A Astronomia de forma secular acompanha concomitantemente o desenvolvimento do ser humano; ela entrelaça-se com a própria evolução do conhecimento humano e a compreensão dos fenômenos presentes a partir da atmosfera. Certamente, é um motivo que explica a universalidade e o caráter interdisciplinar da Astronomia. Conforme SALCIDE e PRATA (2011) a interdisciplinaridade da Astronomia demonstra uma importância significativa não somente no estudo de componentes curriculares como História, Geografia, Antropologia e Física, mas como Química. Para os dois pesquisadores, o estudo da Astronomia se faz cada vez mais necessário, pois tem potencial de proporcionar momentos ricos para interdisciplinaridade, principalmente com a Física e a Química.

Para VILELA E MENDES (2003) a interdisciplinaridade trata-se de uma interação entre disciplinas distintas com um objetivo comum. Buscando explorar e ampliar conceitos de um determinado assunto ou tema. Essas disciplinas são diferentes, mas vão dialogar em busca de uma interdependência construindo e auxiliando um novo conhecimento.

Para os estudiosos a Astronomia pode ser utilizada como eixo norteador para que o professor obtenha a atenção dos estudantes, pois é um tema rico e atraente para eles.

Contudo, sabe-se que a Astronomia é uma Ciência pouco explorada principalmente no Ensino Médio. As Ciências da Natureza correspondem à divisão da área em três componentes curriculares: Biologia, Física e Química. Praticamente as áreas de conhecimento de Astronomia estão contidas no componente curricular, se restringindo a uma organização que corresponde às razões conceituais e aplicações matemáticas. Entretanto, JUNIOR, ANDRADE, DANTAS e GOMES (2017)

consideram que os eixos contidos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) evidenciam que as diversas Ciências da Natureza precisam lançar seus múltiplos e complementares olhares para os fenômenos e propiciem aos estudantes da Educação Básica um diálogo inteligente com o mundo à nossa volta. Refletindo que os componentes curriculares de Ciências devem possibilitar a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, envolvendo discussões de temas transversais, nesse aspecto, se faz necessário à integração entre conhecimentos abordados nos vários componentes curriculares da área.

HORVATH e BRETONES (2020) apresentam a importância da interdisciplinaridade entre a Astronomia e a Química, em seu trabalho sobre o Estudo interdisciplinar da síntese da origem dos elementos químicos e seu papel na formação e estrutura da Terra. Os pesquisadores identificaram que os conteúdos sobre a origem dos elementos são introduzidos em pouquíssimos currículos na maioria dos países. E que a relação entre a origem dos elementos e a origem do sistema solar e o desenvolvimento da estrutura e a composição da Terra praticamente não são mencionados. Os pesquisadores perceberam que componentes curriculares como Ciências ou Química, que poderiam abordar a relação “cósmica” entre a origem dos elementos e a formação de átomos, substâncias e materiais praticamente não realizam esse papel. Esse contexto, demonstra a falta de interdisciplinaridade e reforça a divisão entre as Ciências da Natureza (Biologia, Química e Física) que já estão consolidadas desde o século passado. A divisão da área de Ciências na Educação Básica impede uma visão mais ampla do conhecimento científico e proporciona uma fragmentação da percepção dos estudantes, promovendo uma visão abreviada dos fenômenos que ocorrem no mundo e fora dele, não fomentando uma compreensão ampla e com interlocuções entre áreas, mas sim a segmentação de assuntos em pastas; como arquivos em disco rígido.

Para melhor compreensão do estudante sobre os fenômenos do universo ou do nosso planeta, é importante evitar a separação das áreas de conhecimento e procurar interfaces entre essas ciências. A Astronomia possibilita esse trabalho interdisciplinar. “Uma interface chamada Astroquímica tem sido abordada por muitos anos, envolvendo um grande número de fenômenos relacionados a moléculas espaciais e muitos outros problemas.” (HORVATH e BRETONES, 2020, p.2)

A Química é uma ciência que habitualmente é trabalhada de forma muito específica e sem interlocução com outras ciências. Um dos motivos desse contexto é

a formação do licenciado em Química. Segundo MOZENA e OSTERMANN (2014) os professores não foram educados sob o paradigma interdisciplinar e não foram preparados para esse trabalho.

A Química como ciência apresenta sua epistemologia e suas particularidades conceituais. É uma ciência que afirma que os materiais correspondem à soma de substâncias. Enquanto, as substâncias são constituídas, na maioria das vezes, pela combinação de átomos de diferentes elementos químicos (como a água – H_2O) ou do mesmo elemento químico (o gás hidrogênio, H_2), ou, ainda, em alguns poucos casos, por átomos isolados de alguns elementos químicos (como o gás hélio, He).

Desse contexto, que aparentemente parece ser intrínseco à ciência Química, fica evidente a resposta a um questionamento que algumas pessoas, às vezes, se fazem: O que a Astronomia tem a ver com a Química?

A primeira estuda a origem e a evolução do universo como um todo, em particular a natureza dos imensos astros do cosmos. A segunda tem em seu cerne o estudo da composição, das propriedades e das reações relacionadas às estruturas microscópicas que pertencem à matéria. As duas ciências parecem opostas. Entretanto, segundo MÓL e SANTOS (2013), essas duas ciências estão intimamente ligadas. Não dá para entender o Universo sem estudar as partículas da matéria. Afinal, o Universo é formado por matéria e toda matéria é formada por átomos.

Os átomos são as unidades fundamentais da matéria, ideia que surgiu com filósofos gregos Leucipo e Demócrito, no século V a.C. .Antes do nascimento de Jesus Cristo havia uma corrente de filósofos atomistas que acreditava que o mundo físico seria constituído por partículas extremamente pequenas, inclusive com tamanhos e formatos dos mais distintos; essas unidades fundamentais foram denominadas de átomos. Para esses filósofos os átomos eram a real essência das coisas, não sofreriam modificações e não seriam destruídos ou forjados.

Até hoje não conseguimos ver um átomo, é uma unidade incrivelmente pequena que compõe a matéria. Contudo os átomos estão presentes em nosso corpo, em todos os objetos ao nosso redor e nos corpos celestes que compõe o universo. Segundo HEWITT (2015), um átomo é tantas vezes menor do que você quanto uma estrela média é maior do que você. Uma maneira adequada de expressar este fato é dizer que estamos situados entre os átomos e as estrelas. Outra maneira de enunciar a pequenez dos átomos é dizer: o diâmetro de um átomo está para o diâmetro de uma

maçã assim como o diâmetro de uma maçã está para o diâmetro da Terra. O número de átomos na maçã e de maçãs dentro da Terra são de mesma ordem de grandeza.

As “coisas” que estão ao nosso redor são constituídas de átomos isolados ou combinados entre si. Conhece-se hoje 118 tipos de átomos. Cada tipo de átomo é denominado elemento químico. Elemento químico é um tipo de átomo caracterizado por determinado número atômico. Logo, substâncias e materiais são formados por elementos químicos. Os elementos químicos estão inseridos em uma determinada organização desde 1869, a tabela periódica. Antes disso, muitas tentativas de organização procuraram estabelecer ordens, mas não apresentaram sucesso. A tabela periódica atual sem dúvida é uma importante ferramenta de consulta para cientistas, em especial os químicos, para organizar os elementos químicos e estabelecer relações de propriedades entre eles. Mas aonde os átomos de elementos químicos são formados? Quando foram formados?

Desses questionamentos, surge a possibilidade de perceber que Ciências como a Astronomia e a Química apresentam objetos de estudo em comum, como os átomos. Segundo BRITO (2017), para o modelo cosmológico padrão, os elementos químicos da Tabela Periódica são fundamentais porque correspondem a cerca de 5% de tudo o que conseguimos “medir” no Universo, ou seja, a matéria bariônica, também denominada de matéria luminosa. 95% da composição do Universo é ainda desconhecida, dividida em matéria escura (27%) e energia escura (68%) que, apesar de ambas carregarem o termo “escura”, elas têm natureza diferentes.

A Química procura estudar como a matéria se mantém unida, sobre como se combinam os átomos para formar moléculas, e sobre como estas se combinam para formar a variedade da matéria que nos cerca.

Sendo assim, há a possibilidade do professor de Química integrar em suas aulas assuntos de Astronomia. Avaliando essa circunstância, esse trabalho apresentará uma sequência de aulas que proporcionará ao estudante relacionar aspectos das duas áreas da Ciência, como: a teoria do Bing Bang, a constituição das estrelas, as supernovas, os átomos, os elementos químicos e os processos termonucleares.

2. O NOVO ENSINO MÉDIO

Em 2017 a lei nº 13.415/2017 modificou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional promovendo uma alteração na estrutura do Ensino Médio. Entre as novidades apresentadas pela lei, há uma ampliação no tempo mínimo do estudante na escola de 800 horas para 1.000 horas anuais, além de uma nova organização curricular, com um caráter mais flexível, que contemple uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Esta nova organização do currículo deverá oportunizar um espectro maior de possibilidades de escolhas aos estudantes, na forma de itinerários formativos.

Segundo o novo Ensino Médio os itinerários formativos podem apresentar-se no currículo do estudante de várias formas, como: conjunto de disciplinas, projetos, oficinas, núcleos de estudo, entre outras situações de trabalho, em que os estudantes poderão escolher, dentro de sua grade curricular.

Os itinerários formativos poderão relacionar-se às áreas de conhecimento, à formação técnica e profissional. Ou seja, os itinerários formativos servirão para um aprofundamento em sua área de escolha acadêmica. Com a reforma do Ensino Médio a escola poderá oferecer até cinco itinerários formativos, relacionados à Matemática e suas Tecnologias, às Linguagens e suas Tecnologias, às Ciências da Natureza e suas Tecnologias e às Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e à formação técnica e profissional (FTP). Há possibilidade de o estudante escolher duas ou mais áreas do conhecimento ou da FTP. Os tipos de itinerários podem ser diferentes conforme o contexto no qual a escola está inserida e de acordo com as necessidades e interesses dos estudantes. As escolas têm autonomia nas escolhas dos itinerários.

Segundo a reforma do Ensino Médio de 2017, os itinerários devem seguir uma determinada organização. Eles são compostos de quatro eixos estruturantes:

- Investigação científica: o aluno trabalha a capacidade de investigar a realidade por meio da realização de uma pesquisa científica.
- Processos criativos: os estudantes realizam projetos criativos, utilizando e integrando diferentes linguagens, manifestações sensoriais, vivências artísticas, culturais, midiáticas e científicas.

- Mediação e intervenção sociocultural: busca-se promover o envolvimento dos alunos com a vida pública, engajando-os em projetos de intervenção sociocultural e ambiental para gerar transformações positivas na comunidade.
- Empreendedorismo: amplia-se a capacidade do estudante de utilizar conhecimentos de diferentes áreas para empreender em projetos pessoais ou relacionados ao seu projeto de vida.

Entende-se que a partir da reforma o estudante terá uma educação de qualidade e as escolas apresentarão um contexto maior da realidade dos estudantes, considerando sua contemporaneidade.

Os itinerários formativos podem ser estruturados na mobilização de competências e habilidades de diferentes áreas do conhecimento ou da FTP, compondo os itinerários integrados seguindo 5 termos das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio DCNEM/2018. Destacamos o terceiro termo que cita o estudo em Astronomia.

III – ciências da natureza e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos em contextos sociais e de trabalho, organizando arranjos curriculares que permitam estudos em astronomia, metrologia, física geral, clássica, molecular, quântica e mecânica, instrumentação, ótica, acústica, química dos produtos naturais, análise de fenômenos físicos e químicos, meteorologia e climatologia, microbiologia, imunologia e parasitologia, ecologia, nutrição, zoologia, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino;

Segundo KEPLER e SARAIVA (2014) a Astronomia tem provocado interesse na humanidade vários séculos antes de Cristo, havendo registros astronômicos muito antigos que datam de aproximadamente 3000 a.C. e se devem aos chineses, babilônios, assírios e egípcios.

O novo Ensino Médio busca abranger o contato dos estudantes com uma Ciência que permite, a partir da origem do Universo, explicar o surgimento da matéria e seus constituintes que possibilitam a formação de cometas, asteroides, planetas anões, planetas, estrelas e provavelmente os buracos negros. Assim, será de grande importância para a formação de um estudante a oferta de uma oficina ou itinerário formativo que possa compor seu Ensino Médio, que ele possa aprender conceitos

relacionados à Astronomia, propiciando uma capacidade de ler, escrever e opinar sobre o tema que permeia a sua origem e os avanços da sociedade.

Logo, o produto desse trabalho também pode ser utilizado como uma maneira de possibilitar aos estudantes do novo Ensino Médio uma oficina ou um itinerário caracterizado pelo eixo estruturante, investigação científica. Esse eixo que colaborará com alfabetização científica dos estudantes estabelecendo relações do cotidiano com a Ciência de maneira geral e promovendo enriquecimento e aprofundamento do saber a respeito do nosso Universo.

3. AS GRANDES CIÊNCIAS

A Astronomia sem dúvida é uma das ciências mais remotas da humanidade, muitos estudiosos a consideram como sendo a mais antiga. A humanidade questiona a natureza do universo muito antes do nascimento de Cristo. Acompanhando os questionamentos sobre os aspectos do universo, o homem também utilizou de suas percepções e observações dos componentes do universo para estabelecer relações. Desde os períodos da pré-história, quando o ser humano vivia em pequenos grupos nômades, já era necessário, por exemplo, se adaptar à alternância do período claro-escuro (o dia e a noite) e à mudança das estações. Logo, a percepção do Sol e da Lua foi ganhando uma importância significativa nesses contextos.

Há também os registros astronômicos realizados por civilizações, como a chinesa, a babilônica, a assíria e a egípcia, que chegam a datar aproximadamente 3000 a.C. “Naquela época, os astros eram estudados com objetivos práticos, como medir a passagem do tempo (fazer calendários) para prever a melhor época para o plantio e a colheita, ou com objetivos mais relacionados à astrologia, como fazer previsões do futuro” (FILHO e SARAIVA, 2014. P. 27). Esses marcadores históricos permitem indicar o quanto a Astronomia já permeava o cotidiano da humanidade.

Para PERUZZO et al (2014) a Física surgiu junto com a Astronomia, principalmente, após os trabalhos de Copérnico, Galileu e Newton. Após os estudos desses três cientistas a Física como ciência seguiu sua própria trajetória. No entanto, PERUZZO et al (2014) destacam que nos últimos séculos os conhecimentos da Física colaboraram nos estudos dos astros. E nesse contexto, surge a Astrofísica, que é um ramo da Astronomia.

A Astrofísica estuda os objetos e as estruturas que formam o Universo em que vivemos. Assim, podemos destacar que a Astrofísica estuda o meio ambiente em que a Terra está inserida.

Portanto, assim como é importante conhecer os rios, as montanhas, os vales e o clima que nos cercam, também é muito importante conhecer as estrelas, planetas, galáxias e cometas. Por isso, realizar pesquisas em Astrofísica significa também conhecer o nosso meio ambiente. É conveniente lembrar que o meio ambiente é o conjunto dos fatores externos que podem influir na vida biológica, social ou

cultural de um indivíduo ou grupo; o espaço externo à Terra é um dos fatores que influenciam diretamente a vida na Terra. Portanto, devemos conhecê-lo da melhor forma possível. (MIRANDA, 2018, apostila INPE p. 12-3)

A partir do século XVIII a Astronomia evoluiu muito e de forma quantitativa. Os estudos desenvolvidos no século XIX, propiciaram uma noção real de que o universo existe além do nosso sistema solar e começa a surgir uma ciência nova que é a Cosmologia, tornando-se uma ciência “individual”, somente no século XX. A Cosmologia é a ciência que estuda a origem, estrutura e evolução do universo. Apresenta como objetivo entender como o universo se formou, por que ele tem a forma que hoje observamos e qual será o seu destino no futuro. E podemos destacar que é uma ciência multidisciplinar. A Química pode ser inserida como uma espécie de “ferramenta” no desenvolvimento da Cosmologia, já que é uma ciência que contribui no estudo da composição da matéria no meio interestelar.

Todas as ciências citadas anteriormente, como Astronomia, Astrofísica, Cosmologia, Física e a Química possibilitam a humanidade identificar, entender e relacionar fenômenos que se apresentam da atmosfera do nosso planeta até o limiar da expansão do nosso universo. O desenvolvimento do estudo dessas ciências é de altíssima relevância para humanidade. Esse é um pequeno benefício, considerando todo conhecimento gerado pela astronomia e seus subprodutos tecnológicos, como choque de cometas e asteroides com a Terra; a desmistificação de credences negacionistas e sem fundamento científico que, infelizmente, persistem até os dias de hoje, como acreditarem que o planeta é plano. Há também o benefício de entender como a matéria é formada, para compreensão dos componentes do universo. E evidentemente, tentar responder um dos maiores e mais profundos questionamentos do ser humano, que é o de compreender o universo em que vive e saber mais sobre esse meio ambiente que envolve o planeta Terra.

Os estudos dessas ciências apresentam claramente benefícios à humanidade. Há um ramo, em particular, que se apresenta na Astrofísica e na Cosmologia, a Física de Partículas, que procura entender como a matéria é formada. Essa área de estudo pode possibilitar inúmeras respostas, como a identificação da composição intrínseca da matéria e a dinâmica de seus constituintes.

A Física de Partículas também é denominada a física de altas energias. Segundo DORSCH e GUIO, o objeto dessa área de estudo é a matéria em seu nível mais elementar, precedendo a formação de estruturas compostas mais complexas. Ou seja, é o estudo dos constituintes fundamentais da matéria e de suas interações mútuas.

Para a realização do estudo de Física de Partículas é necessário construir aceleradores de partículas de altíssimas energias.

“Infelizmente, isso não é tão simples assim, já que envolve sérios problemas tecnológicos e financeiros. No entanto, o universo está repleto de regiões onde há energia suficiente para acelerar partículas a velocidades altíssimas. Pela observação dessas regiões e dos fenômenos que lá ocorrem, pode-se aprender muito sobre as coisas que acontecem aqui na Terra.” (MIRANDA, 2018, apostila INPE p. 12 -4).

4. FÍSICA DE PARTÍCULAS

Para entender a composição da matéria é necessário muito estudo, dedicação e um pouco de imaginação. Até pouco tempo atrás, a unidade fundamental da matéria, o átomo apresentava uma composição relativamente simples; seu núcleo e sua eletrosfera eram constituídos somente de elétrons, prótons e nêutrons. Atualmente, sabe-se que sua composição vai muito além de três partículas, a partir dos conhecimentos adquiridos nos últimos 100 anos, possibilitados pela Física Quântica, o átomo se tornou muito mais complexo.

Segundo ATKINS (2012), ao explorar a composição do átomo, cientistas no início do século XX esperavam somente utilizar a mecânica clássica, isto é, as leis de movimento propostas por Newton, no século XVII, para descrever a estrutura dos átomos. Afinal, a mecânica clássica tinha obtido enorme sucesso na descrição do movimento de objetos visíveis. Contudo, ficou evidente que a mecânica clássica não obtinha êxito quando aplicada ao comportamento dos elétrons dos átomos. Nesse sentido, novas leis foram desenvolvidas e passaram a ser conhecidas como Mecânica Quântica.

No início do século XX acreditava-se que a matéria era formada por quatro partículas elementares: o próton, o nêutron, o elétron e o fóton. Inclusive, vale destacar nesse momento, tendo esse trabalho o propósito de alcançar um determinado público (docentes e discentes) da Educação Básica, que a maioria dos livros didáticos de Ciências da Natureza não faz referência ao fóton como partícula.

Até a metade do século XX, uma parte das partículas conhecidas eram erroneamente consideradas elementares. Para ABDALLA (2006) a classificação das partículas em elementares, não chega ser uma tarefa impossível:

Apesar de as partículas elementares serem objetos complexos, dadas a quantidade e a variedade de suas interações, o critério que define elementar não é difícil, é até bastante intuitivo: toda aquela que tem um único constituinte é considerada elementar. No entanto, do ponto de vista experimental e teórico, o conceito não é tão simples assim; há grandes dificuldades quanto aos limites intrínsecos à observação, e há também dificuldades na concepção dos modelos

teóricos que descrevem o comportamento da matéria. (ABDALLA, 2006, p. 26)

John Dalton estabeleceu por volta de 1807 que o átomo era uma espécie de esfera maciça e indestrutível. Inclusive, Dalton utilizou essa caracterização da constituição da matéria em seus estudos sobre a natureza das reações químicas. Até o final do século XIX o átomo era considerado uma unidade fundamental indivisível da matéria.

Contudo, em 1897 ocorreu o rompimento dessa ideia. A primeira evidência experimental da estrutura interna dos átomos foi realizada por Joseph John Thomson. Em uma experiência com raios catódicos, ele observou a divisibilidade do átomo. Thomson descobriu, assim, o elétron: a primeira partícula elementar a ter suas características identificadas.

Thomson investigava os raios catódicos, que são feixes emitidos quando uma grande diferença de alta voltagem é aplicada entre dois metais, denominados eletrodos, em um tubo de vidro sob uma baixa pressão. Thomson mostrou que os raios catódicos são fluxos de partículas negativas. “Elas vêm do interior dos átomos que compõem o eletrodo com carga negativa, chamado de catodo. Thomson descobriu que as partículas carregadas, que depois foram chamadas de “elétrons”, eram as mesmas, independentemente do metal usado no catodo. Ele concluiu que elas faziam parte de todos os átomos.” (ATKINS, 2021, p. 128)

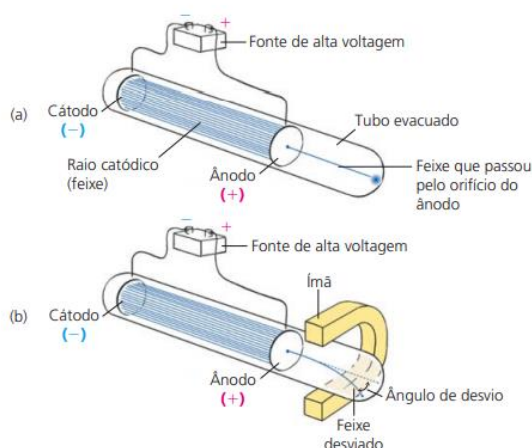


Figura 1 – (a) Um tubo de raios catódicos simples. O pequeno orifício do ânodo permite a passagem de um feixe estreito que incide na extremidade do tubo, produzindo ali uma pequena mancha luminosa no vidro. (b) O raio catódico é desviado pelo campo magnético

Fonte: HEWITT, 2015, p. 605.

E foi nesse momento da história da ciência que começa a Física de Partículas de fato, introduzindo a primeira partícula elementar, protagonista da Eletrodinâmica Quântica: o elétron.

A segunda partícula elementar descoberta foi o fóton (γ). Antes mesmo da descoberta do elétron, por volta de 1888, os físicos vinham estudando um determinado fenômeno, a partir de certos metais iluminados por luz intensa. Eles observaram que estes metais iluminados emitiam partículas carregadas negativamente. E esse fenômeno foi denominado como efeito fotoelétrico. Em 1905, Einstein explicou o efeito fotoelétrico apresentando a luz formada por partículas elementares às quais hoje chamamos de fótons.

Em 1930, após muitos estudos, surgiu uma proposta para a terceira partícula elementar, o neutrino do elétron (ν_e). Pauli propõe a existência de uma partícula leve, neutra e que interage fracamente com a matéria, sendo difícil de ser detectada. Somente em 1953 ocorreu o primeiro registro. A proposta do neutrino do elétron veio como uma possível explicação para falha da conservação de energia nas medidas do chamado decaimento β .

A descoberta da quarta partícula elementar possibilitou a Carl David Anderson o prêmio Nobel de física. Contudo, foi Paul Dirac, tentando associar a relatividade com a mecânica quântica, que previu a existência de uma antipartícula para o elétron, o pósitron, descoberto experimentalmente em 1932. Carl, estudando a trajetória de partículas e uma espécie de câmara de nuvem (chamada de câmara de Wilson) submetida a um campo magnético, percebeu que partículas com mesma massa dos elétrons descreviam trajetórias no sentido oposto ao dos elétrons. As câmaras de nuvens apresentam em seu interior um vapor supersaturado que forma “gotas” ao longo da trajetória das partículas. Quando essas partículas estão carregadas e atravessam o meio material, perdem energia ionizando os átomos presentes. É este processo de ionização que fundamenta a maioria das técnicas de detecção das partículas.

O pósitron é representado por $\bar{e}$ ou e^+ e tem carga elétrica positiva. Para que se possa produzir um pósitron, o processo mais comum é por meio da produção de pares de partículas. Um fóton de alta energia, entra em contato, ou seja, choca-se contra um núcleo atômico pesado criando um elétron e um pósitron:

$$\gamma \rightarrow e + e^+ \quad (4 - 1)$$

Esse momento pode ser considerado um marco no estudo da composição da matéria. “E aqui começa a busca pela antimatéria. Na verdade, o termo antimatéria pode gerar confusão porque a antipartícula é uma partícula tão real quanto a sua partícula correspondente: ambas têm a mesma massa, o mesmo momento angular de spin, mas a carga elétrica apresenta sinal oposto.” (ABDALLA, 2006, p. 59)

Vale ressaltar que as décadas de 30 e 40 do século passado foram muito importantes para o descobrimento de determinadas partículas elementares. Segundo ABDALLA (2006), vários físicos estudaram os raios cósmicos e alguns desses cientistas perceberam que determinadas partículas viajavam facilmente pela atmosfera, penetravam em placas de chumbo e até podiam ser detectadas em minas profundas. Dentre essas partículas destaca-se o múon (μ).

O múon μ , foi descoberto cinco anos após o surgimento do pósitron, por Carl. É considerada uma partícula instável. Ou seja, uma partícula que apresenta um decaimento. No caso particular do múon, o seu decaimento se dá em:

$$\mu \rightarrow e + \nu_e + \bar{\nu}_\mu \quad (4 - 2)$$

O múon foi a primeira partícula elementar instável a ser estudada. Os cientistas verificam que o múon é aproximadamente 207 vezes maior que o elétron. Contudo, ambos têm a mesma carga elétrica, seu spin é $\frac{1}{2}$ como do elétron, e não é afetado pela força nuclear forte. As forças que interagem são a eletromagnética e a nuclear fraca.

O spin foi citado como uma propriedade semelhante entre o elétron e múon. O spin é um dos números quânticos característicos das partículas elementares e está relacionado a uma propriedade de movimento de rotação essencial à partícula. Por exemplo, de acordo com física quântica o elétron apresenta dois estados de spin:

Representados pelas setas $\uparrow$ (para cima) e $\downarrow$ (para baixo) ou pelas letras gregas α (alfa) e β (beta). Pode-se imaginar o elétron girando no sentido anti-horário a uma dada velocidade (o estado $\uparrow$) ou no sentido horário, exatamente na mesma velocidade (o estado $\downarrow$). Esses dois estados de spin são distinguidos por um quarto número quântico, o

número quântico magnético de spin, m_s . Este número quântico só pode assumir dois valores: $+1/2$ indica um elétron $\uparrow$ e $-1/2$ indica um elétron $\downarrow$. (ATTIKINS, 2012, p. 156)

De acordo com as simetrias, o spin de uma partícula é a resposta da partícula às transformações de espaço – tempo. O spin de uma partícula somente é revelado quando submetido a ação de um campo magnético externo ao qual a partícula se encontra.

O spin é uma das propriedades encontradas nas partículas elementares. Além do spin sabe-se que as partículas elementares podem apresentar massa, carga, charme, cor e estranheza. De acordo com ABDALLA (2006), é como se uma partícula elementar apresentasse características como: peso, altura, cor de olhos e da pele etc.

A física de partículas elementares aborda não somente sobre os constituintes fundamentais da matéria, mas também sobre o modo como essas partículas interagem entre si.

Segundo o conhecimento científico há quatro forças ou interações que regem o universo. Elas são denominadas eletromagnética, gravitacional, fraca e forte.

A primeira força se manifesta por meio de partículas elementares que apresentam cargas elétricas ou momento magnético. Que dependendo dos sinais das cargas das partículas pode ocorrer repulsão ou atração. Segundo PERUZZO et al (2014), nota-se que essencialmente as forças do nosso mundo macroscópico são manifestações das forças eletromagnéticas, quando examinadas com maior profundidade, excetuando-se a força gravitacional.

Há comparações entre as forças das quatro interações que regem o universo. Segundo PERUZZO et al (2014) a força nuclear forte é aproximadamente 137 vezes mais forte do que a força eletromagnética e é considerada a mais forte dentre as quatro. Para calcular a intensidade da força, normalmente leva-se em consideração os valores relativos às constantes de acoplamento que multiplicam a parte variável da função energia potencial. Para a força eletromagnética, temos:

$$U(r) = -\frac{ke^2}{r} \quad (4-3)$$

onde a energia potencial elétrica (U) entre duas cargas elementares é inversamente proporcional à distância entre elas r . O k é a constante eletrostática e e a carga elementar. Para tornar adimensional o fator que multiplica a parte $1/r$ que é variável, dividimos $U(r)$ por $\hbar c$ (onde $\hbar$ é a constante de Planck e o c é a velocidade da luz) e obtemos a energia potencial (em 1/m):

$$U(r) = -\frac{ke^2}{\hbar} \frac{1}{r} \quad (4-4)$$

Logo podemos obter

$$\alpha = -\frac{ke^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137} \quad (4-5)$$

assim é denominada constante da estrutura fina. É importante salientar que o fóton é quem carrega a força eletromagnética e apresenta um tempo de interação da ordem de aproximadamente 10^{-18}s .

A força forte é a interação mais intensa das quatro forças fundamentais da natureza. É a força responsável por manter um núcleo de um átomo estável, apesar de existir uma enorme força de repulsão eletrostática entre os prótons. O núcleo de um átomo pode ser formado por prótons e nêutrons. Essas partículas não são consideradas elementares, pois apresentam mais de um constituinte. Prótons e nêutrons são constituídos por quarks, os quais são mantidos coesos pela força forte. A força forte manifesta-se a curtas distâncias da ordem de 10^{-15}m e o tempo de interação é curtíssimo, da ordem de 10^{-23}s . A força forte é mediada por uma partícula denominada glúon. Há nove glúons previstos, partículas sem massa, eletricamente neutras e de spin 1. Segundo ABDALLA (2006), os físicos indicam que os glúons medeiam a força forte e carregam cor e anticor. A cor é uma espécie de carga que origina a força forte, da mesma forma que a carga elétrica é fonte de interação eletromagnética.

Os quarks são partículas elementares, que apresentam spin $\frac{1}{2}$ e forma os nêutrons e prótons. O próton é formado por dois quarks u e um quark d . O nêutron é formado por um quark u e dois quarks d . Para PERUZZO et al (2014), no modelo original os quarks apresentam três tipos ou sabores diferentes: u (up), d (down) e s (strange ou estranho). A carga elétrica dos quarks é fracionária, sendo a do u igual a

$2e/3$ e a do d e s igual a $-1e/3$. Atualmente, é conhecido que há seis tipos de (sabores) de quarks up, down, estranho, charme, botton e top.

Dentre as forças fundamentais do universo temos a interação fraca. Uma força muito interessante, porque diferente das outras três forças: ela provoca a instabilidade de certos núcleos atômicos. É uma força de curto alcance (10^{-18}m) e intensidade que é aproximadamente de 10^{-5} da interação forte e seu tempo de duração fica na ordem de 10^{-16}s a 10^{-10}s . Contudo, é responsável pela maior parte dos processos de desintegração radioativa. Destaca-se que a força fraca é mediada por três bósons: W^+ , W^- e Z^0 .

Responsável pela atração significativa entre corpos macroscópicos como planetas e estrelas, a força gravitacional é a força com a intensidade mais fraca das forças fundamentais, apresentando intensidade cerca de 10^{-38} da interação forte e podendo ser desconsiderada na interação entre partículas. A força gravitacional foi a primeira das interações a ser estudada e foi formulada pelo físico inglês Issac Newton, na segunda metade do século XVII. Essa força tem alcance infinito, contudo, sua intensidade é dada por:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (4-6)$$

onde G é a constante gravitacional de valor $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, m_1 e m_2 as massas dos corpos e r a distância entre eles.

À medida que as décadas avançaram ao longo do século XX, várias partículas, elementares ou não, foram sendo descobertas. Até a década de 1950 uma parte significativa das partículas conhecidas tinham sua descoberta atrelada a trabalhos realizados em laboratórios sem o uso de aceleradores de partículas. A partir de 50 com avanço da tecnologia de acelerados, um número espantoso de partículas foi descoberto. Assim, surge a necessidade de classificá-las. Segundo ABDALLA (2006) foi necessário formular uma classificação das partículas como fez o químico russo Dmitri Mendeleev, em 1872, com a tabela dos elementos químicos que organizou, mesmo sem conhecer suas estruturas atômicas.

Para PERUZZO et al (2014) a ciência sempre procurou encontrar uma única teoria que ajudasse a explicar todos os fenômenos da natureza, desde a constituição das partículas até as forças que as relacionam e que regem o universo.

Entre 1950 e 1970 várias teorias apareceram na tentativa de explicar a constituição da matéria e as interações microscópicas, mas só conseguiam entender um pequeno grupo de fenômenos. Contudo, no início da década de 1970 destacou-se a teoria do Modelo Padrão.

“O Modelo Padrão nada mais é que uma teoria, certamente das melhores que se tem atualmente. É uma teoria que especifica as partículas básicas da natureza e explica como elas interagem. Tudo o que acontece no universo (exceto os fenômenos gravitacionais) resulta da atuação das partículas do modelo padrão interagindo de acordo com suas regras e equações.” (PERUZZO et al, 2014, p. 228)

Para ABDALLA E NETO (2005), o Modelo Padrão descreve as partículas elementares e suas interações. Segundo esse modelo, a matéria é constituída por léptons (o elétron, o múon, o tau e seus respectivos neutrinos), quarks (up, down, estranho, charme, bottom e o top) e ainda partículas que intermedeiam as iterações da natureza, o fóton, Z^0 , W^+ e W^- . Ou seja, toda a matéria de que se conhece é constituída por três tipos de partículas elementares: léptons, quarks e intermediadoras. Há a possibilidade de organizar as partículas elementares de acordo com as suas propriedades, promovendo a figura a seguir. As propriedades referidas são massa, carga elétrica, spin, entre outras.

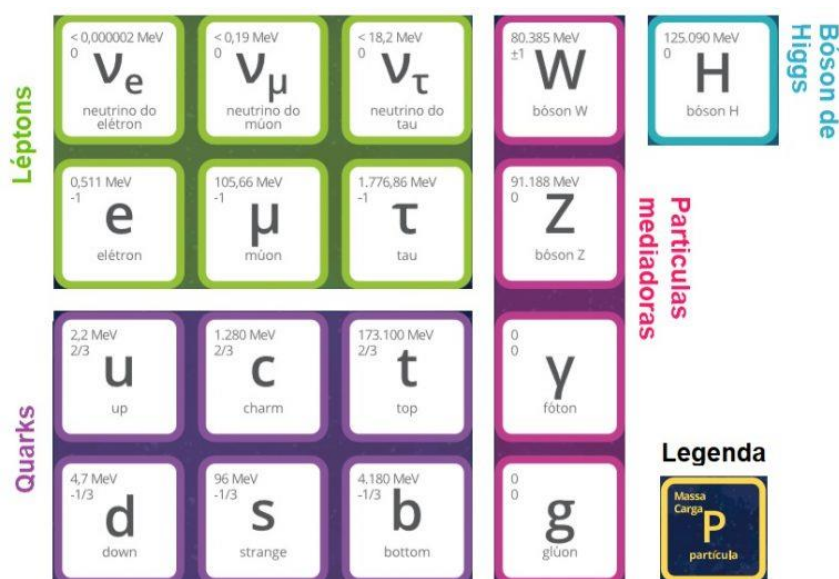


Figura 1: Partículas elementares

Fonte: Disponível em <https://propg.ufabc.edu.br/mnpf-sites/neutrinos/index.php/situando/modelo-padrao/> Acessado em 5 jan. 2022.

O bóson de Higgs é uma partícula prevista teoricamente, em 1964, pelo físico escocês Peter Higgs e usada, posteriormente, por Steven Weinberg (1967) e Abdus Salam (1968) para explicar o mecanismo de criação de massa para os bósons, os bósons W e Z. Havia na teoria eletrofraca, formulada em 1962 por Sheldon Glashow, um paradoxo envolvendo as partículas W e Z. Somente em 2012 cientistas indicaram a existência do bóson de Higgs.

O Modelo Padrão das Partículas Elementares é uma tentativa de construir uma teoria que represente o funcionamento do universo. Ou seja, houve um grande esforço dos físicos em promover o Modelo Padrão e a física de partículas para buscar responder questionamentos intrínsecos da matéria, como também promover respostas desde a origem do universo, ao Big Bang.

MOREIRA em 2009 apresenta uma figura, com uma visão esquemática simplificada do Modelo Padrão.



Fonte: O Modelo Padrão da Física de Partículas
Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p. 4. 2009.

5. OS PRIMEIROS ÁTOMOS

Para SARAIVA e FILHO (2014) o Big Bang originou não somente a matéria e a radiação, como permitiu a mensuração do espaço e do tempo. A partir daí temos o início do Universo observável. Desde então, o Universo está em expansão e não influencia no tamanho das galáxias e nem nos acúmulos de galáxias, que são mantidos coesos pela gravidade. Para esses pesquisadores o espaço entre eles simplesmente aumenta, como no assar de um bolo com passas, crescendo com fermento no forno.

Ao longo do século XX vários modelos para o universo surgiram. Em 1917, Einstein foi guiado pela sua intuição física e pela sua preconcepção a respeito do universo, ao propor o primeiro modelo cosmológico relativista. Para Einstein, o universo apresentava-se como uma estrutura estática em grande escala. As ideias de um universo dinâmico em grande escala, tanto teóricas quanto observacionais, só surgiram com o universo de Willen De Sitter. De Sitter apresentou um modelo de universo em que a velocidade de afastamento de objetos espalhados de maneira aleatória aumenta com a distância entre eles. Porém era um modelo de universo sem matéria, o que é inaceitável. Além de estático, o universo para Einstein deveria ser certamente finito. Isto evita desconfortáveis condições de contorno nos limites do universo, fosse ele infinito.

Para obter determinado universo, Einstein foi obrigado a introduzir uma componente repulsiva em suas equações de campo. Ele acrescentou um termo adicional do campo da métrica, multiplicado pela constante cosmológica Λ .

A partir de 1923 cientistas como Alexander Friedmann e Georges Lemaître propuseram o afastamento de galáxias em seus modelos de universo. Segundo SARAIVA e FILHO (2014), o conjunto de soluções elaboradas por esses dois cientistas para a relatividade geral descreve um universo em expansão, e eles são chamados os pais da Cosmologia.

O modelo cosmológico proposto por esses cientistas mais as observações realizadas por Hubble (estudos sobre a velocidade e o distanciamento de galáxias) indicavam um universo em expansão. Contudo, esse modelo não caiu nas graças da comunidade científica nos anos seguintes que foram divulgados. Inclusive a cosmologia foi deixada de lado por muitos anos, retornando somente após a década

de 60. No entanto, George Gamow, aplicando conhecimentos da física nuclear, estudou o Big Bang e, segundo ele, em determinado momento do universo as condições eram próximas às condições atuais encontradas nos núcleos estelares. E sua teoria sobre o Big Bang descreve um início de universo com uma densidade enorme e uma temperatura extrema. Para Gamow à medida que o universo se expandia, a densidade de matéria, a densidade de radiação e a temperatura decresceram.

Como o universo em determinado momento começou a expandir-se e resfriar-se, WUENSCHÉ (2017) destaca que até 0,01 segundos a temperatura era altíssima com formação e aniquilação ininterrupta de pares de partículas elementares. Essa ocasião era denominada como a “fase hadrônica”, quando o plasma de quarks e glúons transformaram-se em “hádrons” após a temperatura cair para valores abaixo de 1 bilhão de graus K. Nessa fase, as reações nucleares e a produção e aniquilação de pares diminuíram até cessarem, tendo como resultado elétrons, prótons e nêutrons, constituintes da matéria. Partículas como os fótons e os neutrinos também restaram. Assim, podemos indicar que a composição do Universo hoje inclui hádrons (prótons e nêutrons), léptons (elétrons e neutrinos), radiação e duas componentes desconhecidas, a Matéria Escura e a Energia Escura, que constituem a maior parte dessa composição.

Atualmente o Modelo Cosmológico Padrão (MCP) é o modelo mais aceito pelos cientistas para explicar o universo. Esse modelo baseia-se no princípio cosmológico, que assume o universo homogêneo e isotrópico. Segundo o MCP, o universo foi criado há aproximadamente 13,8 bilhões de anos, a partir de um estado de densidade, temperatura e pressão extremamente altas. Enquanto o universo se expandia, a densidade e a temperatura média do plasma primordial diminuíram significativamente. Esse contexto, permitiu que elétrons e prótons pudessem dar origem aos primeiros átomos de hidrogênio.

Considerando um universo espacialmente homogêneo e isotrópico, a relação entre a densidade energética $\epsilon(t)$, a pressão $P(t)$ e o fator de escala $a(t)$ é dada pela Equação de Friedmann, observada a seguir.

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3c^2} \epsilon - \frac{kc^2}{R_0^2 a^2} \quad (5-1)$$

a equação do fluido

$$\dot{\mathcal{E}} + 3 \frac{\dot{a}}{a} (\mathcal{E} + P) = 0 \quad (5-2)$$

a equação do estado

$$P = w \mathcal{E}, \quad (5-3)$$

Compreender a evolução do universo é entender diferentes componentes com diferentes equações de estado. Para isso, é necessário analisar diferentes componentes quando o universo está em expansão.

6. A EVOLUÇÃO QUÍMICA DO UNIVERSO

Para PERUZZO et al (2014) após ser criado no Big Bang, o universo se expandiu e, conseqüentemente, começou a esfriar. Esses processos de expansão e resfriamento ocorreram ao longo de determinadas eras, denominadas: Era Planck, Era da Grande Unificação, Era Hadrônica, Era Leptônica, Era da Nucleossíntese e Era da Recombinação. Essas eras procuram, assim, descrever os processos físicos que ocorreram nos primeiros 380 mil anos após o Big Bang.

Para o primeiro intervalo de tempo após o Big Bang, que compreende de 0s a 10^{-43} s, a física entende que ainda não há teoria capaz de indicar de forma segura os acontecimentos que foram promovidos nessa era denominada Planck. Alguns cientistas acreditam que inicialmente as quatro forças fundamentais estava unidas numa só força.

No período entre 10^{-43} s e 10^{-33} s ocorre a Era da Grande Unificação, que se caracteriza por originar a assimetria entre matéria e antimatéria e quando ocorre o fenômeno de inflação cósmica. Ao final dessa era o universo apresentava uma temperatura próxima a 10^{26} K, indicando um processo de resfriamento, já que no final da Era Planck o universo apresentava uma temperatura na ordem de 10^{32} K. Para PERUZZO et al (2014) foi nessa era que as forças fundamentais se separaram em dois tipos: a interação forte e a interação eletrofraca (força nuclear fraca e força eletromagnética).

Após a Era da Grande Unificação o universo passa pela Era Hadrônica, que abrange um intervalo de 10^{-35} s e 10^{-4} s. Ao longo desse período apresentou uma temperatura entre 10^{27} K e 10^{12} K. E essa condição permitiu a criação de píons, núcleons, antinúcleons, e outros hádrons assim como de suas antipartículas. O período entre 10^{-4} s e 10^{-2} s, indica a Era Leptônica, que com uma temperatura variando entre 10^{12} K e 10^9 K, promove colisões de fótons para a produção de pares de elétron-pósitron; nessa era prótons e nêutrons continuavam a serem aniquilados com suas antipartículas. Essa era também é chamada de Partículas Leves.

Quando o universo passa pelo intervalo de 10^{-2} s e $3 \cdot 10^3$ s, com uma temperatura variando entre 10^9 K e 10^4 K há o processo de fusão entre prótons e nêutrons promovendo outros núcleos, como o deutério e o hélio. Esse contexto marca a Era da Nucleossíntese. Durante séculos o universo foi constituído de hidrogênio, núcleos de

hélio e elétrons livres. Cerca de 380.000 anos após o Big Bang na Era da Recombinação, elétrons se unem aos prótons, formando átomos nêutrons e deixando o universo transparente. Segundo PERUZZO et al (2014) nessa época é emitida a radiação de fundo. Para DAMINELI (2003) após 200 milhões de anos após o Big Bang formou-se aglomerados de matéria que acabariam por originar as galáxias e as estrelas.

Para a cosmologia a composição química, em termos de elementos químicos do universo é majoritariamente de hidrogênio e hélio, com pouca quantidade de outros elementos químicos. Se mensurarmos os bárions presentes no universo, provavelmente para a quantidade total, teremos 75 % de hidrogênio, 24 % de hélio e 1% para o restante.

Os átomos dos elementos hidrogênio e hélio foram produzidos nos três primeiros minutos após a criação do universo, num processo denominado com nucleossíntese primordial. Os primeiros trabalhos sobre esse assunto foram realizados por Gamow e colaboradores em 1948.

Após a descoberta dos ciclos de reações nucleares estelares foi possível explicar o processo de formação do hélio até o ferro. Há trabalhos que se referem sobre nucleossíntese explosiva, que ocorre em estágios finais da evolução de estrelas de grande massa ($M \gtrsim 8M_{\odot}$). Esses processos promovem, assim, a explicação para a formação de elementos massivos entre o ferro e o urânio.

É nessa totalidade, que a teoria do Big Bang consegue propor uma explicação para a formação de elementos químicos leves, com massas atômicas abaixo do átomo de carbono. Os elementos químicos que apresentam mais massa do que o carbono são produzidos em condições extremas, de grande temperatura e pressão, como encontradas em supernovas.

7. A QUÍMICA PRESENTE NAS ESTRELAS

As estrelas de forma secular impressionam e arrastam curiosos e estudiosos por causa de suas características como cor e luminosidade. Características que de certa maneira, conseguimos observar com os nossos olhos. A luminosidade está relacionada à potência irradiada e a cor está relacionada à temperatura superficial da estrela. Contudo, nós somos iludidos por nossos olhos. As estrelas apresentam muitos mais características do que as observáveis. Tanto em seu interior quanto em sua superfície há processos físicos que permitem o surgimento de átomos de elementos químicos, que compõe um organismo vivo e até planetas e seus satélites. Pode-se considerar as estrelas as grandes fornalhas que produzem os átomos de elementos químicos do universo.

Segundo SAIRAVA E FILHO (2014) as estrelas são esferas de gás ionizado e sua fonte de energia é proveniente da fusão nuclear de átomos de hidrogênio e hélio. A partir desse processo termonuclear temos a transmutação de elementos promovendo outros elementos químicos. Pode-se considerar que uma estrela é um reator termonuclear gigante impulsionado por uma força, a gravidade. A composição de uma estrela evolui à medida que energia de sua totalidade é perdida na forma de radiação e neutrinos.

Segundo COSTA e NETO (2021) as estrelas são corpos do universo que apresentam um estado de equilíbrio entre a gravidade, que tenta colapsar a estrela, e a pressão, que suporta a estrela. As estrelas apresentam um estado de equilíbrio, ou seja, são estáveis porque o resfriamento de sua superfície leva a contração e subsequente aquecimento, enquanto o superaquecimento do seu interior leva à expansão e subsequente resfriamento.

As reações nucleares são importantes para que ocorra o estado de equilíbrio de uma estrela e evidentemente, colabora para alteração de sua composição e evolução. Há possibilidade de ocorrer duas reações nucleares a fissão e a fusão.

A fissão consiste em um processo que envolve o equilíbrio entre a atração nuclear e a repulsão elétrica entre os constituintes do núcleo atômico, prótons. Nos núcleos dos átomos as forças nucleares são predominantes. Contudo, há átomos de determinados elementos químicos que essa força não é tão dominante. Por exemplo, o átomo de urânio-235 apresenta força de repulsão elétrica significativa por causa da

presença de seus prótons, podendo forçá-lo a deformar seu núcleo, de maneira a adquirir uma forma “alongada”, conforme HEWITT (2015), destaca em seu livro *Física Conceitual*. Quando esse “alongamento” ultrapassa um determinado ponto crítico, as forças nucleares poderão perder para as forças elétricas, e o núcleo sofre um rompimento. Esse rompimento denomina-se fissão. Uma maneira de provocar esse “alongamento” do núcleo e consequentemente seu rompimento, é quando o núcleo desse átomo absorve um nêutron. Conforme a equação nuclear a seguir.

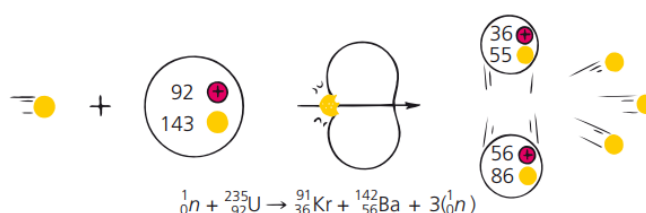


Figura 3 – Fissão nuclear do urânio - 235

Fonte: HEWITT , 2015, p, 639.

O processo de fissão resultante pode produzir muitas combinações diferentes de núcleos menores.

O outro processo nuclear é a fusão, que corresponde à combinação de núcleos leves para formar núcleos mais pesados, com a liberação de energia. É um processo antagônico ao da fissão. Considerando a fusão do hidrogênio, para que ocorra esse processo os núcleos devem colidir a velocidades muito altas a fim de suplantar sua repulsão elétrica mútua. Provocando a liberação de energia extrema encontradas no interior das estrelas. A fusão por altas temperaturas é chamada de fusão termonuclear.

A figura a seguir apresenta de forma didática duas possibilidades de representar a fusão de dois átomos de hidrogênio.

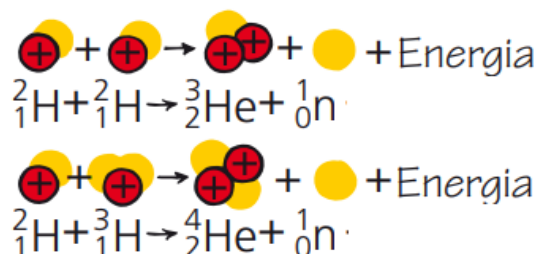


Figura 4– Fusão do hidrogênio

Fonte: HEWITT , 2015, p, 650.

O processo de formação estelar nos auxilia a decifrar como surgiram determinados elementos químicos, compreender mais sobre como o universo se formou e como será o seu futuro.

A nucleossíntese é o processo de formação de elementos. O hidrogênio e o hélio foram produzidos a partir do Big Bang. Todos os demais elementos descendem desses dois, seja como resultado de reações nucleares nas estrelas ou no espaço.

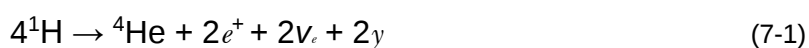
Para maior exemplificação sobre o aparecimento de elementos químicos é interessante ter conhecimento sobre como as estrelas se formam e sua evolução. As estrelas começaram a ser formadas aproximadamente após 200 milhões de anos após o início do universo.

Os estudos indicam que as estrelas nascem da matéria interestelar, constituída por gás e poeira. Essa matéria é formada basicamente de hidrogênio (H) e está gravitacionalmente instável. Contudo, após sofrer uma diminuição da temperatura e flutuações de densidade, a matéria passa agregar-se. Esse fenômeno colabora para a formação de um núcleo mais denso, o qual gera um campo gravitacional, a matéria restante passa a ser atraída, consequentemente aumenta a densidade e a temperatura. Em determinado momento, o núcleo apresenta-se com uma densidade que faz com que ele suporte a pressão exercida pelas camadas mais externas, sem necessidade de continuar se contraindo. O processo de aumento de massa da região central é chamado de acreção. Há nesse momento o aparecimento de uma estrela embrionária ou uma estrela primitiva denominada protoestrela. A protoestrela é um objeto formado que já emite energia, devido a compressão e do aquecimento de seu interior provocado pela força gravitacional. Contudo, há colisão dos gases em colapso com a superfície da protoestrela que gera a maior parte da energia.

Segundo PERUZZO et al (2014) quando a energia gravitacional de contração é transformada em energia térmica o núcleo apresenta-se com uma temperatura superior a 150.000K, e assim, o núcleo passa a não sofrer mais contração. Essa situação passa a aumentar a pressão e a temperatura do núcleo devido à compressão do gás externo. Quando a temperatura em seu núcleo atinge a ordem de 10^7 K, inicia-se o processo de fusão termonuclear dos átomos de H. “A emissão de energia para fora proveniente da fusão do hidrogênio cria uma pressão dentro da estrela suficiente para parar sua contração. Nos estágios finais da evolução a camada externa de gás e poeira finalmente se dissipa. Pela primeira vez, a estrela é diretamente revelada para o universo externo.” (COMINS, 2010, p. 373)

No momento que há formação de uma estrela, ela não apresenta a necessidade de se contrair para adquirir energia térmica. A energia se promove a partir das reações de fusão nuclear. Ao iniciar os processos de fusão nuclear, a estrela entra na sequência principal, que corresponde à transformação de hidrogênio (H) em hélio (He).

Sabe-se que a reação de fusão mais importante e que ocorre majoritariamente em uma estrela envolve converter átomos de hidrogênio em átomos de hélio, que na linguagem cotidiana denomina-se a queima de H. Para COSTA e NETO (2021) ela domina aproximadamente 90% da vida de uma estrela. De forma geral, a reação envolve a fusão de 4 núcleos de H (prótons) em 4 átomos de He, mas este processo não ocorrem em um único passo. A reação ocorre em uma série de passos, cada um envolvendo dois átomos de hidrogênio. Podemos representar o processo todo a partir da seguinte equação:



OU

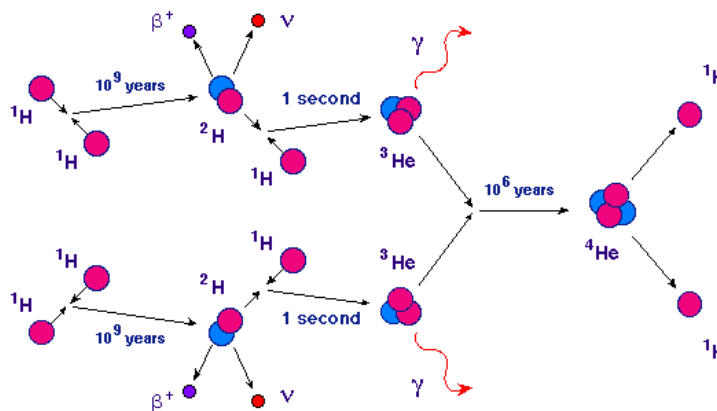


Figura 5: Fusão do hidrogênio em hélio

Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_fee.htm, acessado 8 fev. 2022.

O processo acima representa a cadeia próton-próton ou p-p. Pode ser descrita em passos. O primeiro passo conduz à fusão de dois núcleos de hidrogênio ^1H a deutério ^2H , liberando um pósitron e um neutrino. Em um segundo momento, um deutério e um hidrogênio (próton) dá origem a um ^3He e liberando gama (γ). No terceiro momento, dois hélios 3 originam um ^4He e dois ^1H (próton).

Contudo, pode-se apresentar os passos por meio de equações:



MORAIS (2009) destaca que esta sequência de reações de fusão é disponível para uma estrela formada apenas por hidrogênio e hélio primordial. Assim, essa cadeia de reações possibilitam que 4 prótons deem origem a um núcleo de hélio.

Há possibilidade de ocorrer outras cadeias no interior da estrela. Se houver ^4He em abundância cadeias como P-PII e P-PIII, que apresentam temperatura na ordem de $1,3 \times 10^7\text{K}$ e de $3 \times 10^7\text{K}$ respectivamente, são promovidas. A energia total liberada é a mesma, mas a energia carregada pelos neutrinos é diferente. A relevância destes ramos depende da densidade, temperatura e composição do núcleo.

A seguir temos as duas cadeias representadas:

PPII



PPIII



As reações nucleares e as transformações ao longo de sua vida não param por aí. As estrelas passam por uma evolução e suas massas à medida que o tempo vai passando são alteradas. Conforme PERUZZO et al (2014), quando a estrela consome percentuais de hidrogênio entre 10% e 20% há uma instabilidade. Por exemplo, se o hidrogênio diminuir no centro de uma estrela, ou seja, em seu núcleo estelar, a pressão de radiação não consegue contrabalancear o colapso gravitacional. O núcleo apresenta He em sua composição de forma significativa. Esse processo de contração provoca no núcleo um aumento de densidade e temperatura da ordem de 10^8 K, temperatura que permite que ocorra o processo de convecção de hélio-4 em carbono, conforme:



O processo dominante para fundir hélio nos núcleos das estrelas é chamado de processo triplo α . Há também, o processo de convecção de hélio-4 e carbono em oxigênio, representado pela equação abaixo.



Esse momento da vida da estrela promove grandes modificações. O núcleo se contrai e as camadas externas se expandem, enquanto o hidrogênio continua a queimar em outras camadas mais frias, como a que reveste o núcleo. Assim atmosfera estelar esfria e a estrela aumenta bastante de tamanho, transformando-se numa gigante vermelha.

Após a queima de todo o hélio, o núcleo continua o processo de contração e o futuro de uma estrela ao longo de sua vida dependerá da quantidade de matéria da

estrela. Estrelas de massas maiores produzem mais elementos do que estrelas com massa menores.

Estrelas que não apresentam grande quantidade de matéria, quando queimam H e He ao redor do núcleo de carbono e oxigênio, passam a ser instáveis. A atmosfera sofre expansão e contração provocando a liberação das camadas externas formando as nebulosas planetárias, que apresentam uma estrutura em forma de anel. Se o núcleo dessa estrela começar a resfriar ela se tornará uma anã-branca. Logo, se uma estrela no início de sua vida apresentar uma massa inicial entre $0,08 M_{\text{sol}}$ e $0,8 M_{\text{sol}}$ ($M_{\text{sol}} = 1,9891 \times 10^{30} \text{kg}$) ela se tornará uma anã-branca e seu núcleo será constituído de hélio.

Contudo, se a estrela apresenta uma massa inicial entre $0,8 M_{\text{sol}}$ e $10 M_{\text{sol}}$, consumindo o hidrogênio presente em seu núcleo ela passa a uma fase de gigante e depois de supergigante, liberando uma quantidade de material formando uma nebulosa planetária. Após esse evento torna-se uma anã-branca de massa aproximadamente de $0,6 M_{\text{sol}}$. Se a massa inicial da estrela for entre 10 e $25 M_{\text{sol}}$ após a fase de supergigante ela explode. Esse processo é denominado de supernova.

Em estrelas, que apresentam massas maiores e apresentam quantidades significativas de carbono, há a produção de oxigênio e átomos mais massivos, conforme as equações abaixo.



Quando a estrela finaliza a queima do hélio, há em sua composição uma mistura de átomos de carbono, oxigênio, neônio e magnésio. A falta de hélio provoca uma instabilidade no equilíbrio da estrela, ocorrendo um novo colapso e o aumento de sua temperatura. Essa elevada temperatura permite a queima de carbono e oxigênio:



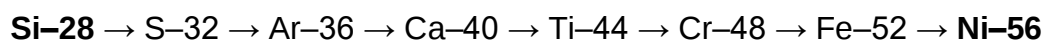


As temperaturas para que essas reações ocorram estão em torno de 7×10^8 K. Quando essa temperatura passa para próximo de 10^9 K, o oxigênio começa a queimar:



Após essas reações a estrela pode ter sua temperatura elevada com a continuidade do núcleo em colapso. Nesta fase poderá haver a queima do silício, processo complexo que envolve captura de partículas alfa para formação de átomos como o níquel.

Quando estrelas apresentam massa altas com núcleos que atingem temperaturas entre 2,7 e 3,5 GK há o processo da queima do silício. O silício por meio do processo de adquirir partículas α promove a produção de átomos de elementos novos; devido à captura de um núcleo de hélio, que corresponde dois prótons e mais dois nêutrons. O processo como todo pode ser representado na seguinte sequência.



Onde cada seta ($\rightarrow$) representa a captura de uma partícula alfa.

Segundo FEWELL (1995) a sequência apresentada acima sobre a queima do silício ocorre em aproximadamente um dia e para somente quando o níquel é produzido. O níquel-56 que têm 28 prótons decai em 6 dias por radiação beta a cobalto-56, o qual por sua vez, tem uma meia vida de aproximadamente 77,3 dias a ferro-56. Assim, as reações por decaimento beta irão terminar a sua cadeia no ferro, o mais estável dos elementos químicos.

E é por meio desses processos que temos o surgimento de alguns elementos no interior das estrelas. Contudo, sabemos que no meio estelar há elementos químicos mais pesados, inclusive, em nosso planeta encontramos metais mais massivos como gálio, prata, ouro e urânio. Para entender como surgem esses elementos é necessário o estudo da nucleossíntese explosiva, ou seja, entender as etapas finais da vida de estrelas de grande massa.

Dois processos podem ocorrer em etapas finais de vida de estrelas massivas e esses processos estão relacionados à captura de nêutrons. É mais fácil ocorrer essa captura de nêutrons pelo núcleo do que a captura de prótons, pois os nêutrons não têm carga e não vão sofrer repulsão. Essas formas de captura são conhecidas como: captura lenta (processo-s) e a captura rápida (processo-r).

O chamado processo lento permite que um núcleo de ferro-56 capture 3 nêutrons e transforme-se em um isótopo instável o ferro-59, que após seu decaimento beta passe a ser o cobalto- 59:



Na captura lenta um núcleo pode capturar um ou dois nêutrons e se ele se tornar um núcleo instável, então sofre decaimento beta menos. Após um certo tempo esse processo pode se repetir.

A figura a seguir demonstra como a repetição desse processo fornece um caminho de nucleossíntese em ziguezague, na direção da formação de núcleos mais pesados.

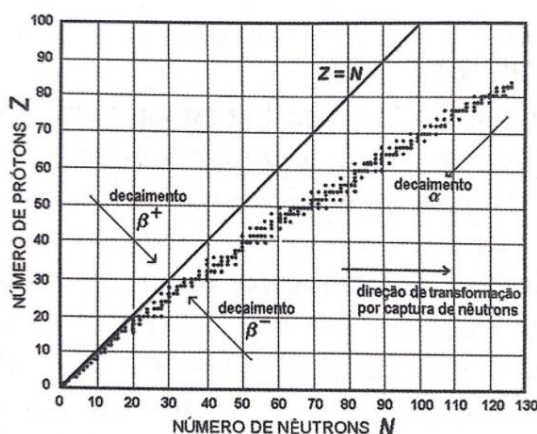


Figura 6: Transformação associada a processos de decaimento e de captura de nêutrons

Fonte: ARANY-PRADO , 2006, p. 81.

A figura demonstra possíveis direções de transformações de núcleo por decaimentos beta ou alfa. Nos decaimentos β implica-se que o núcleo pode perder um próton ou ganhar um nêutron, ou vice e versa.

O processo-s, que ocorre em gigantes frias, a captura se dá em escalas de tempo longas com relação à escala de tempo de decaimento β , que pode ser da ordem de alguns minutos a milhões de anos.

O outro processo denominado processo-r, caracteriza-se por uma captura rápida de nêutrons, o núcleo pode absorver alguns nêutrons antes de decair. No caso do processo-r, as escalas de tempo são mais curtas, inferiores à escala de decaimento β , tipicamente da ordem de 0.001 até 1 s.

Segundo ARANY-PRADO (2006) a captura de nêutrons promove a produção de núcleos radioativos massivos, como por exemplo o tório-232, que leva um tempo muito grande para decair e pode, ser encontrado no sistema solar.

Para os cientistas os primeiros momentos de uma explosão de supernova são considerados o lugar mais provável para a existência do processo-r.

Logo, pode-se concluir que “os elementos mais pesados do que o grupo do ferro são formados por exposição de núcleos leves a um fluxo de nêutrons.” (FILHO e SARAIVA, 2014, p. 411)

Segundo MACIEL (2020) há um outro processo que pode também ocorrer para os elementos com massa atômica maior que 76 é o processo-p, de captura direta de prótons, da forma



Assim, é notório a importância das estrelas para a criação dos elementos que conhecemos hoje. As estrelas permitiram e permitem a composição atual do nosso universo. Uma estrela pode apresentar determinados elementos em uma fase específica de sua evolução, conforme a figura a seguir apresenta.

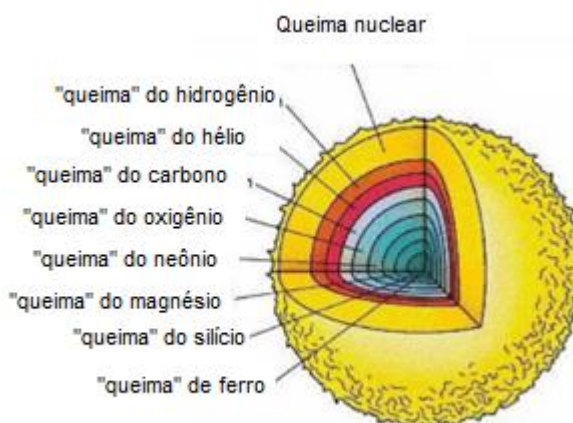


Figura 7: Representação da estrutura interna de uma estrela de alta massa em estágio final de evolução.

Fonte: CHAISSON, 1998.

Entretanto, há possibilidade de identificarmos a quantidade relativa de cada elemento ou seu isótopo, a partir de seus espectros. Com informações coletadas das linhas de absorção de cada estágio de ionização dos vários elementos é possível determinar as condições físicas locais na fotosfera estelar e estimar a abundância química.

Na tabela abaixo apresentamos a abundância média dos principais elementos presentes no Sol.

Elemento	%por massa	%por número
Hidrogênio	73,50	92,100
Hélio	24,90	7,800
Oxigênio	0,73	0,061
Carbono	0,29	0,030
Ferro	0,16	0,004
Neônio	0,12	0,008
Nitrogênio	0,10	0,008
Silício	0,07	0,003
Magnésio	0,05	0,002
Enxôfre	0,04	0,001
Argônio	0,02	0,001
Níquel	0,01	0,0002

Tabela1: Quantidade relativa de cada elemento, ou isótopo, encontrado nos objetos astronômicos.

Fonte: <http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/intrcosm/Glossario/AbundCosm.html>, acessado 30 dez. 2021

8. A ESPECTROSCOPIA DAS ESTRELAS E A QUÍMICA

A sequência principal é um período que corresponde à maior parte do tempo de vida de uma estrela. Esse período de vida da estrela está relacionado a sua massa. Segundo SAIRAVA E FILHO (2014) as estrelas apresentam massas entre 0,08 e 100 vezes a massa do Sol e as estrelas normais, não colapsadas, temperaturas efetivas entre 2500K e 30 000K.

A tabela a seguir indica características e massas de estrelas presentes na sequência principal.

Massa ($M_{\odot}$)	Temperatura de superfície (K)	Luminosidade ($L_{\odot}$)	Tempo na sequência principal (10^6 anos)	Classe espectral
25	35.000	80.000	3	O
15	30.000	10.000	15	B
3	11.000	60	500	A
1,5	7.000	5	3.000	F
1,0 (Sol)	6.000	1	10.000	G
0,75	5.000	0,5	15.000	K
0,50	4.000	0,03	200.000	M

Tabela 2: Tempo de vida na sequência principal

Fonte: COMINS, 2010, p. 382.

A tabela apresenta uma relação de massa e algumas características de estrelas como, temperatura de superfície, luminosidade, tempo na sequência principal e classe espectral.

A quantidade de matéria, ou seja, a massa de uma estrela é um aspecto muito relevante para entender a luminosidade e a cor. A massa determina a quantidade de energia que cada estrela tem disponível para manufaturar luz e outras radiações eletromagnéticas. Os espectros emitidos por estrelas permitem o seu estudo e sua classificação. Analisando as linhas espectrais das estrelas pode-se inferir os elementos químicos que a compõem, a temperatura da superfície e a sua cor.

PERUZZO et al (2014) comentam sobre como o espectro de uma estrela é originado:

À medida que a radiação produzida no centro da estrela se move para fora, ela tem que passar através das camadas menos densas e mais frias da atmosfera superior. Nestas camadas os átomos absorvem radiação em comprimentos de onda específicos produzindo,

correspondentes às cores foram absorvidos por gases entre o Sol e o observador na Terra.

Químicos como Robert Bunsen e Gustav Kirchhoff descobriram que o espectro de uma chama consiste em padrão de finas linhas espectrais brilhantes, denominadas linhas de emissão, contra um fundo escuro. Após essa descoberta os químicos perceberam que as linhas produzidas e suas cores são únicas para elementos ou compostos que as produz.

Considerando que as estrelas apresentam em sua composição elementos químicos variados e que cada um apresenta uma emissão luminosa distinta, esse fenômeno permite a identificação de sua composição.

A figura a seguir apresenta o espectro do Sol de 425 a 430 nm. Várias linhas espectrais negras são visíveis. O espectro de baixo é uma porção correspondente do espectro do ferro vaporizado. Várias linhas de emissão podem ser vistas contra um fundo negro. A coincidência com algumas linhas de absorção solar indica que há ferro na atmosfera do Sol.

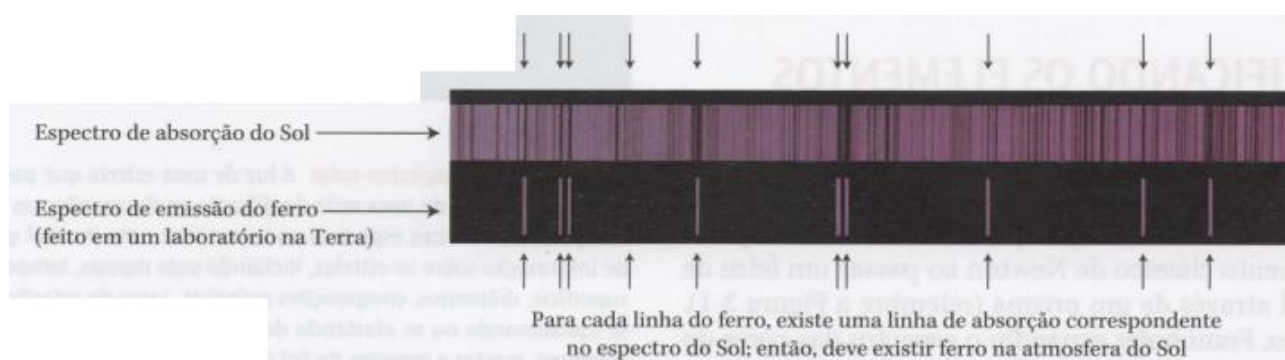


Figura 9: Presença de ferro na atmosfera do Sol

Fonte: HEWITT, 2015, p. 132.

A emissão luminosa atômica está relacionada a transições eletrônicas de estados de maior energia para os de menor energia, na eletrosfera de um átomo. Esse fenômeno de emissão para ser compreendido é necessário entender o modelo de átomo proposto no início do século XX, pelo físico dinamarquês Niels Bohr.

Bohr considerava que os elétrons ocupavam níveis de energia fixa em diferentes distâncias do núcleo, precisamente na eletrosfera do seu respectivo átomo. Quando um determinado elétron presente na eletrosfera, por algum motivo passa para um nível de energia mais alto, considera que o átomo está excitado. Essa posição mais elevada

do elétron é momentânea. Quando o átomo perde essa energia adquirida temporariamente, retorna a um nível de menor energia e é emitido fóton de luz. O átomo, neste caso, sofreu um processo de excitação, seguido por um de relaxação, conforme a figura a seguir.

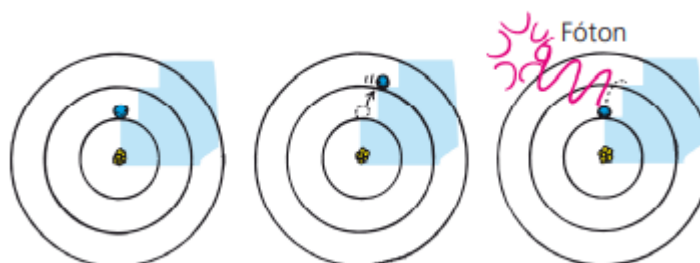


Figura 10: excitação e relaxação

Fonte: HEWITT, 2015, p. 564.

Logo, os elétrons que estavam em um nível mais energético passam para um nível de energia mais baixo emitem a cada uma dessas passagens um pulso oscilante de radiação eletromagnética, chamada de fóton, cuja frequência está relacionada à diferença de energia corresponde a passagem. A frequência do fóton é diretamente proporcional a sua energia.

$$E \sim f \quad (8-1)$$

Quando uma constante de proporcionalidade h é introduzida, isto se torna uma equação exata,

$$E = hf \quad (8-2)$$

sendo h a constante de Planck.

Um fóton de um feixe de luz vermelha, por exemplo, carrega consigo uma quantidade de energia correspondente a sua frequência. Um outro fóton com frequência duas vezes maior possui duas vezes mais energia e é encontrado na porção ultravioleta do espectro. Se muitos átomos do material forem excitados, serão emitidos muitos fótons com frequências diferentes, correspondentes aos diversos níveis excitados. Essas frequências correspondem às cores características da luz emitida por cada elemento químico. (FILHO e SARAIVA, 2014, p. 564)

9. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com o intuito de contornar as abordagens tradicionais de ensino de Ciências, com uma proposta mais dinâmica, procurando realizar uma tática mais atrativa, motivadora e que permita uma participação coletiva dos estudantes; entende-se que uma sequência didática bem elaborada possa ser uma estratégia, que englobe esses requisitos para as aulas de Química.

Para que aula não reflita uma construção de um ensino fragmentado, que tenha início, meio e fim a realização da sequência didática parece ser uma estratégia pertinente, e o estudo de Zabala colabora com essa premissa:

“Uma sequência didática se refere a um conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo docente para que o entendimento do conteúdo ou tema proposto seja alcançado pelos discentes. São planejadas e desenvolvidas atividades para a realização de determinados objetivos educacionais, com início e fim conhecidos tanto pelos professores, quanto pelos alunos.”
(ZABALA, 1998. p. 28)

A sequência didática foi elaborada a fim de que o estudante, no final do processo, conhecesse e entendesse mais sobre alguns conceitos pertinentes a duas grandes ciências, a Astronomia e a Química e algumas de suas relações. Pode-se perceber a importância dessas ciências segundo a concepção de alguns autores como:

- Segundo FILHO E SARAIVA (2014) o estudo da Astronomia tem fascinado as pessoas desde os tempos mais remotos. O motivo se torna claro quando as pessoas param e observam o céu, seja de dia ou de noite, especialmente, em uma noite escura e limpa sem poluição. A partir das observações realizadas uma série de perguntas e curiosidades surgem, com o propósito de entender o que conseguimos enxergar dentro do espectro visível e além do que podemos visualizar. Esse contexto, proporciona um sentimento inevitável para quem gosta de Ciências. Essa percepção do Universo indica que a humanidade pode deduzir as leis físicas e químicas sendo que essas podem ser utilizadas para explicar fenômenos como as marés, a queda de asteroides, as estrelas (Sol), outros corpos celestes, reações nucleares, a dinâmica

da atmosfera com todos os seus efeitos luminosos transientes, ondas gravitacionais, entre outros fenômenos.

- Para MÓL e SANTOS (2013) há processos químicos na vida, que permitem atividades diárias como nadar, andar, pensar e sentir, como as várias sensações biológicas, como dor, cãibra e apetite, e as diversas reações psicológicas, como medo, alegria e felicidade. Esses processos estão associados com as substâncias presentes no organismo. O nosso corpo é um verdadeiro laboratório de reações químicas. O estudo da Química permite compreender todos esses fantásticos fenômenos, além de também entender o complexo mundo que nos rodeia. A Química nos dois últimos séculos vem ajudando o ser humano a ter uma vida mais longa e confortável. A Química apresenta habitualmente um desenvolvimento em busca de soluções de problemas, seja na área: ambiental, saúde, agricultura, edificações, novos materiais entre outros.

Na sequência didática haverá aplicação de dois questionários, um no início da primeira aula e outro ao final da última aula. O primeiro questionário tem por objetivo sondar os conhecimentos que os estudantes têm sobre os assuntos que serão abordados ao longo das aulas. O segundo questionário tem como objetivo avaliar se os estudantes apresentam um melhor entendimento sobre os pontos abordados durante as aulas. Sempre que possível as aulas começarão com questionamentos sobre os assuntos que serão tratados naquela aula. MOREIRA (1999) destaca que os estudos de Bruner indicam que o processo de descoberta é importante para aprendizagem. Logo, os questionamentos serão realizados para provocar os estudantes nesse sentido.

Vídeos e slides com imagens serão utilizados ao longo das aulas. Esses aspectos permitirão que o professor provoque o estudante a participar das aulas, com questionamentos individuais e discussões coletivas, sobre um novo conceito ou fenômeno estudado. Além de mobilizar os estudantes para participarem da aula, há utilização das imagens buscar auxiliar no novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Segundo MOREIRA (1999), Ausubel recomenda a importância de envolver o novo assunto com informações que o estudante já possui. Para Ausubel ativar o subsunçor é essencial para ocorrer a aprendizagem significativa, uma vez que o novo conteúdo precisa ser ancorado em algum conhecimento que o aprendiz já

apresente. Logo, é de suma importância a utilização de recursos visuais para essa ação.

Para a sequência didática foram preparados 6 momentos de 40 minutos, para estudantes que compõem o 2º ano EJA, inicialmente. Contudo, pode ser aplicada com as devidas adaptações aos estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental ou para os estudantes do 2º e 3º ano do Ensino Médio regular. Este número de momentos se mostra adequado na realidade trabalhada. Porém, pode ser ajustado de acordo com as condições presentes.

A sequência didática proposta está organizada a seguir, para que os estudantes possam responder a seguinte pergunta:

“Qual é a origem dos elementos químicos, considerando que a matéria observável é constituída de átomos?”

Objetivo Geral

Introduzir conceitos fundamentais dos diversos assuntos da Astronomia, bem como sua relação com a Química.

Conteúdo

O conteúdo programático abrange temas como: evolução do universo, estrelas, cosmologia, espectroscopia, força gravitacional, reações termonucleares e a tabela periódica.

Público-alvo

Alunos da Educação de Jovens e Adultos – EJA.

Motivação (objetivos específicos)

- Contribuir com o letramento científico a partir de conceitos da Cosmologia e da Química.
- Apresentar a importância da ciência básica como principal geradora de novas ideias e tecnologias.
- Despertar um possível interesse por Astronomia em alunos da Educação Básica.

Duração

6 aulas de 40 minutos

1ª AULA: Sensibilização.

Objetivo	Investigar a presença de prévio conhecimento sobre assuntos referentes à formação do universo e da matéria que compõe o universo, por meio de um pré-teste direcionado aos estudantes.
Conteúdo	Formação do universo
Assunto relevante	Big Bang (energia e matéria)
Tempo de aula	40 min
Recurso didático a ser abordado.	Pré-teste
ATIVIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
Aula 1	Para o ensino de Ciências (Química e Astronomia) o conhecimento prévio do estudante deve ser sempre levado em conta em alguma medida. Não tem sentido começar uma aula, um assunto, um tema sem fazer um levantamento do conhecimento prévio dos estudantes, sem saber “onde estão” os estudantes. Um grande erro didático, mas muito comum. A primeira aula será dividida em três etapas: • A primeira etapa constituirá de uma breve apresentação sobre a sequência didática que será aplicada. Com o propósito de despertar o interesse e incentivar os estudantes, mostrando que a participação de todos é fundamental para o sucesso da sequência didática. • A segunda etapa será com intuito de sensibilizar os estudantes a partir de uma pergunta-problema e duas questões motivadoras. Questão-problema Qual é a origem dos elementos químicos, considerando que a matéria observável é constituída de átomos?

	Questões motivadoras Em algum momento de sua vida, você já se perguntou de que as “coisas” são constituídas? Ou melhor, em alguma circunstância você se deparou com: Qual a composição das substâncias e dos materiais, seja de origem mineral ou animal? Observação: O professor deverá pedir para que os estudantes façam o registro das hipóteses levantadas por eles no caderno. • Na terceira etapa os estudantes vão preencher um pré-teste (apêndice I) direcionado para conhecimentos básicos relacionados à origem do universo.
--	--

2ª AULA: Introduzir os conceitos e as evidências relacionadas à teoria do Big Bang.

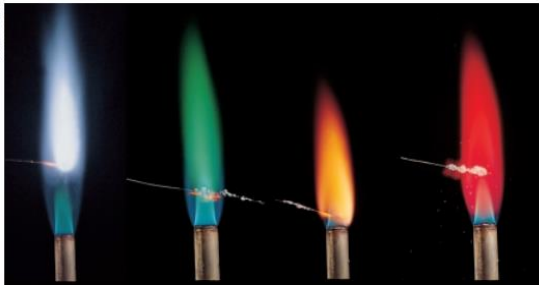
Objetivo	Introduzir os conceitos e as evidências relacionadas à teoria do Big Bang.
Conteúdo	Formação do universo
Assunto relevante	Big bang (energia e matéria) Gravitação
Tempo de aula	40 min
Recurso didático a ser abordado.	Televisão e computador Videos: Primeira etapa: https://www.youtube.com/watch?v=CH24yfMrA94 Imagem: Formação dos elementos químicos
ATIVIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
Aula 2	A segunda aula será dividida em três etapas: • A primeira etapa será com a discussão coletiva do vídeo, A teoria do big bang. Nesse momento o professor formalizará, que atualmente, a teoria do Big Bang é o modelo mais aceito entre os cientistas para explicar a origem do Universo. De acordo com esse modelo, todo o Universo começou por volta de 13,8 bilhões de anos atrás, com base em um único ponto. • A segunda etapa consiste na análise de uma imagem sobre a evolução do universo.

ATIVIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
Aula 3	A terceira aula será dividida em três etapas: • Na primeira etapa o professor provocará os estudantes a partir de dois questionamentos: 1. Todos os elementos químicos são produzidos no interior das estrelas? 2. Quais são mais antigos, os átomos no corpo de uma pessoa idosa ou aqueles que formam o corpo de um bebê? • A segunda etapa da aula será discussão coletiva do vídeo, A Origem dos Átomos/Fascínio do Universo, produzido pelo grupo do GMT Brasil. Nesse momento o professor discorrerá que os átomos de hidrogênio e hélio foram os primeiros a surgirem e são responsáveis pela formação de outros elementos químicos. • A terceira etapa haverá uma discussão sobre o vídeo, Estrelas. A discussão apresentará a ideia da origem dos átomos de elementos químicos no interior das estrelas e de supernovas. Há necessidade de responder as questões iniciais. Indicando que em nosso corpo, há átomos que existem desde os primeiros instantes do tempo, reciclando-se através do universo entre inúmeráveis formas, vivas ou inanimadas. É necessário abordar que as estrelas são como fornalhas naturais onde os átomos são formados pela fusão nuclear, este processo, sustenta a vida estelar ao longo de bilhões de anos. Os processos termonucleares promovem altas temperaturas, impulsionadas pela massa da estrela e do estágio de sua vida. A origem de elementos químicos muito pesados ocorre a partir de catástrofes cósmicas, como supernovas e estrelas de nêutrons.

4ª AULA: Explicar o processo de termonuclear.

Objetivo	Explicar o processo de termonuclear.
Conteúdo	Reações termonucleares
Assunto relevante	Fusão de átomos
Tempo de aula	40 min
Recurso didático a ser abordado.	Quadro branco
ATIVIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
Aula 4	A quarta etapa consiste na exemplificação do processo de fusão, que ocorre no interior das estrelas: A fusão nuclear é obtida pela colisão e junção de dois núcleos. Em virtude da grande repulsão das cargas positivas desses núcleos, é necessária uma grande quantidade de energia cinética para que colidam. Por isso, a fusão é mais fácil para núcleos pequenos. Para que esse tipo de reação ocorra, são necessárias altíssimas temperaturas. Como previu Hans Bethe e foi confirmado posteriormente, a temperatura estimada da energia emanada do Sol varia de cerca de 5800 °C na superfície (fotosfera) e cerca de 15600000 °C no núcleo e se deve a reações de fusão nuclear. A utilização dessas reações para produzir energia é o desejo de muitos cientistas, mas o controle de temperaturas tão elevadas constitui um problema de difícil solução. As reações de fusão são acompanhadas de emissão de outras radiações, como nas reações que ocorrem no Sol, representadas a seguir. ${}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^0_1\text{e}^+ + {}^1_0\text{n} \qquad {}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^0_0\gamma$ Ao emitir um tipo de radiação, os átomos de uma substância se transformam em outros ou perdem energia. O domínio desses processos permite a geração de energia para suprir as demandas da sociedade. Uma forma de se aproveitar esse tipo de energia é por meio de usinas nucleares. Fonte: MÓL e SANTOS (2013) Química cidadã: volume 2, p. 296

5ª AULA: Entender que a cor das estrelas indica a sua composição.

Objetivo	Entender que a cor das estrelas indica a sua composição.
Conteúdo	Espectroscopia
Assunto relevante	Composição das estrelas e espectro de absorção
Tempo de aula	40 min
Recurso didático a ser abordado.	Experimento: teste de chamas
Material para aprofundamento	Texto: QUÍMICA NOVA NA ESCOLA Espectroscopia e Química N° 3, MAIO 1996: A ESPECTROSCOPIA E A QUÍMICA.pdf
ATIVIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
Aula 5	A quinta aula será dividida em duas etapas: • Na primeira etapa da aula o professor trabalhará a relação da cor das estrelas e os elementos químicos que a compõem. A espectroscopia será um assunto abordado nesse momento para exemplificar a identificação dos elementos presentes nas estrelas. A astronomia utiliza da espectroscopia para detectar e analisar o espectro de uma estrela, e a partir dessa análise os astrônomos podem identificar as características da estrela como: temperatura, massa, luminosidade e composição química. Este método é utilizado devido à impossibilidade de termos contato direto com as estrelas. • Na segunda etapa consiste em uma atividade experimental para abordar o assunto espectroscopia. Logo após a prática experimental, é indicado que o professor contextualize a observação do espectro de uma estrela como uma das aplicações na astronomia, como por exemplo, na espectroscopia estelar, que estuda as composições químicas. Experimento Teste de chama 

Material

Fio de níquel-cromo (10 cm)

Bicarbonato de sódio

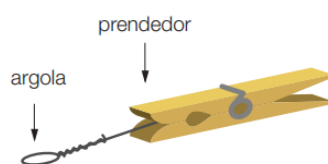
Prendedor de roupas (madeira)

Sulfato de cobre

Sal de cozinha (cloreto de sódio)

Cal virgem (óxido de cálcio)

Observação: O fio de níquel-cromo pode ser adquirido em lojas de material elétrico, enquanto as substâncias que você não tiver em casa podem ser adquiridas em lojas de material de construção ou de artigos para piscina.

Procedimento:

Faça uma argola em uma das extremidades do fio de níquel-cromo. Essa argola tem a finalidade de reter uma pequena amostra da substância. Prenda a outra extremidade do fio no prendedor de roupas. Recolha uma pequena amostra de sulfato de cobre na argola e leve-a à chama de um bico de gás do fogão. Observe a alteração da cor da chama. A seguir, lave bem o fio com o auxílio de uma esponja de aço e repita a operação na seguinte ordem:

- a) com a cal;
- b) com o bicarbonato de sódio;
- c) com o sal de cozinha.

Questões para discussão:

1. Quais são as cores observadas em cada experimento?
2. Qual o motivo da lavagem do fio após cada experimento?
3. Como você poderia explicar o aparecimento de cores diferentes, relacionando elétrons e níveis de energia?
4. Qual será a cor da chama, se você efetuar o mesmo procedimento utilizando giz branco de escola, sabendo que a sua composição é sulfato de cálcio?

6ª AULA: Entender a necessidade da organização da tabela periódica.

Objetivo	Entender que os elementos que compõe o universo preenchem uma tabela, que organiza esses elementos em propriedades periódicas.
Conteúdo	Tabela periódica
Assunto relevante	Elementos químicos e propriedades periódica
Tempo de aula	40 min
Recurso didático a ser abordado.	Televisão e computador Vídeo: Primeira etapa: https://www.youtube.com/watch?v=1_DuUjkMoJY&t=59s
ATIVIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	
Aula 6	A sexta aula será dividida em duas etapas: - Na primeira etapa utilizando o vídeo intitulado, Tabela periódica completa 150 anos. O professor relacionará a importância de se classificar os elementos químicos conhecidos, para a otimização dos estudos e a utilização deles. A tabela periódica é um instrumento de trabalho valioso no ensino de Química, de construção coletiva e gradativa. E não um trabalho pronto e acabado. - Na segunda etapa com auxílio de dois sites. Haverá uma apresentação da tabela periódica de forma interativa, que permitirá que os elementos químicos deixem de ser apenas símbolos expostos em uma folha de papel A4 para serem os elementos presentes em nossa vida. O professor explicará que os elementos são mais que uma representação simbólica, pois possuem propriedades que foram, são e serão estudadas através dos tempos como forma de compreensão do mundo que nos cerca. Sites: 3D Periodic table of elements : A 3d visualization of periodic table. This 3d representation has a table view which shows initially and an atomic view. Click on each element to explore atomic view. (graphoverflow.com) https://artsexperiments.withgoogle.com/periodic-table/

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos desse trabalho visaram, inicialmente, realizar uma revisão bibliográfica de temas abordados na Astronomia e na Cosmologia, que porventura possa contribuir com a formação de professores. Essa revisão bibliográfica possibilita, assim, que os professores tenham acesso a informações sobre a Física de Partículas, o surgimento dos primeiros átomos no Universo, a composição química das estrelas e os fenômenos que estão correlacionados com a Física e a Química. Todos esses assuntos abordados ao longo do trabalho permitem aos docentes a utilização desse arcabouço teórico em sala de aula. Contudo, é relevante esclarecer que o trabalho não está vinculado, necessariamente ao Ensino de Física. Há no presente trabalho uma exercitação da prática revisional de determinados assuntos abordados ao longo do curso de pós-graduação em Astrofísica Gravitacional e Física Espacial. Contudo, diante do contexto do professor pesquisador e das reformas educacionais pelas quais o Brasil passa, com a implementação da Base Nacional Comum Curricular e a implementação do Novo Ensino Médio, surgiu a possibilidade da produção de uma transposição didática para a Educação Básica.

Sendo assim, o presente trabalho acabou por apresentar uma proposta de sequência de didática com o caráter interdisciplinar entre duas ciências, uma milenar, a Astronomia, e a outra que apresenta aproximadamente 300 anos de existência, a Química. Por mais, que haja uma certa discrepância em seus períodos de vida, há muito em comum entre elas. Inicialmente, a sequência didática produzida foi elaborada para estudantes do 2º ano da Educação de Jovens e Adultos. Contudo, acredita-se que com algumas adaptações a SD pode ser utilizada com estudantes do Ensino Fundamental Anos Finais, especificamente com estudantes do 9º ano e com os estudantes do Novo Ensino Médio. Lembrando que a Astronomia permeia todos os anos da Educação Básica, encontrando-se em destaque na Base Nacional Comum Curricular e no Novo Ensino Médio.

Assim, seguindo as orientações da BNCC: “Todavia, poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos. Tal constatação corrobora a necessidade de a Educação Básica – em especial, a área de Ciências da Natureza – comprometer-se com o letramento científico da população.” e do Novo Ensino Médio, há uma necessidade de novas

propostas, com estratégias que permitam o letramento científico dos estudantes. Entende-se que essa proposta de SD permitirá aos estudantes um trabalho interdisciplinar e com a inserção no conhecimento científico. Essa proposta de SD na concepção do professor pesquisador é capaz de promover o letramento científico a partir de conceitos da Astronomia e da Química, criando oportunidade de os estudantes conhecerem e entenderem um pouco mais dos fenômenos que ocorrem no universo. Além de estimular em cada estudante a importância das Ciências como principal geradora de novas ideias, tecnologias e a maneira de refutar pensamentos negacionistas. E por que não, despertar um possível interesse por Astronomia em alunos da Educação Básica.

A sequência didática tem o escopo de privilegiar assuntos abordados na Astronomia, com referenciais da Química e da Física Moderna. O universo é o objeto de estudo da Astronomia e encanta a todos desde muitos séculos; sem dúvida é um tema gerador de muita curiosidade em sala de aula. A partir de uma pergunta com caráter investigativo pode-se estimular o interesse dos estudantes, tornando-se uma abordagem metodológica eficaz para desenvolver uma leitura e uma compreensão de mundo com raciocínio crítico.

Acredita-se que a pergunta-problema sendo desafiadora e real com o objetivo de promover a relação com a vida ou com um assunto de interesse dos estudantes possibilite a construção de conhecimentos científicos. Esses conhecimentos adquiridos poderão auxiliar os estudantes frente aos temas que envolvam as Ciências, tornando cidadãos mais comprometidos e atentos em tomadas de decisões, com vistas ao bem-estar comum da sociedade em que estão inseridos.

11. REFERÊNCIAS

ABDALLA, MARIA CRISTINA BATONI. O discreto charme das partículas elementares. São Paulo. Editora UNESP, 2006.

ABDALLA, MARIA CRISTINA BATONI; NETO, THYRSO VILLELA. Novas janelas para o universo. Editora UNESP, 2005.

ARANY-PRADO, LILIA IRMEL. À luz das estrelas: ciência através da Astronomia. Rio de Janeiro: DP & A, 2006.

ATKINS, PETER. Princípio de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5ª ed. Porto Alegre. Bookman, 2012.

BRANCO, ALESSANDRA BATISTA DE GODOI; BRANCO, EMERSON; PEREIRA ZANATTA, SHALIMAR CALEGARI; NAGASHIMA, LUCILA AKIKO. O letramento científico na BNCC: possíveis desafios para sua prática. Universidade Estadual do Paraná, Paranaíba, PR, Brasil. Revista Contemporânea de Educação, v. 15, n. 33, maio/ago. 2020.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais. 1997. Disponível em: [\[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf\]](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf). Acesso em: 25 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular: educação é a base. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CEB012000.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.

BRASIL. Diário Oficial da União: MEC, 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51281622. Acesso em: 25 nov. 2021.

BRITO, ALAN ALVES. Elemento químicos e as estrelas. cref.if.ufrgs.br. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=elementos-quimicos-e-as-estrelas>
Acesso em: 15 julho 2021.

CHAISSON, E.; MCMILLAN, S. Astronomy. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

COMINS, NEIL F. Descobrindo o universo. 8ª ed. Bookman. Porto Alegre, 2010.

COSTA, RITA MARA REIS. Conversando nas aulas de Ciências: um diálogo ente educomunicação e abordagem temática na EJA. Disponível em: [http://repositorio.se.df.gov.br/bitstream/123456789/726/1/2012_RitaMaraReisCosta.p](http://repositorio.se.df.gov.br/bitstream/123456789/726/1/2012_RitaMaraReisCosta.pdf)
df. Acessado em: 26 out. 2021.

DAMINELI, AUGUSTO. Hubble: A Expansão do Universo. Coleção Imortais da Ciência. Coordenação de Marcelo Gleiser. São Paulo. Odysseus Editora, 2003.

DORSCH, GLÁUBER CARVALHO; GUIO, THAISA CARNEIRO DA CUNHA. Física de Partículas no ensino médio Parte I: eletrodinâmica quântica. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/7t5mJSb8rsk6TXWJXGyQY4n/?lang=pt>. Acessado em 3 dez. 2021.

FEWELL, M. P. The atomic nuclide with the highest mean binding energy. American Journal of Physics, Volume 63, Issue 7, pp. 653-658 (1995).

FILHO, KEPLER DE SOUZA OLIVEIRA; SARAIVA, MARIA DE FÁTIMA OLIVEIRA. Astronomia e Astrofísica. Departamento de Astronomia - Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, 11 de fevereiro de 2014.

HEWITT, PAUL G. Física conceitual. – 12. ed. – Porto Alegre : Bookman, 2015.

HORVATH. K. A., BRETONES P. S., HORVATH 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. Rev. Bras. Ensino Fís. 42, 2020.

INPE. Disponível em: <apostila_completa_2018.pdf>. Acessado em 2 dez. 2021.

JUNIOR. J.G.S.L.; ANDRADE. J.E.; DANTAS. J.M.; GOMES, L.M. Uma reflexão sobre o ensino de Astronomia na perspectiva da Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: Uma reflexão sobre o ensino de Astronomia na perspectiva da.pdf. Acessado em 02 nov. 2021.

MACIEL, WALTER JUNQUEIRA. Fundamentos de evolução química da Galáxia. São Paulo: IAG-USP. 2020.

MÓL GERSON DE SOUZA, SANTOS, WILDSON LUIZ PEREIRA DOS, Química cidadã: volume 1: ensino médio: 1ª série. 2. ed. São Paulo: Editora AJS, 2013.

MORAIS, ANTONIO MANUEL ALVES. A origem dos elementos químicos: uma abordagem inicial. São Paulo. Editora Livraria da Física. 2009.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. Teorias de aprendizagem. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. Padrão da Física de Partículas (The Standard Model of Particle Physics. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/modelopadrao.pdf>. Acessado em 5 jan. 2022. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, 1306 (2009).

MOZENA, ERIKA, REGINA, OSTERMANN, FERNANDA. uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. Revista Ensaio. Belo Horizonte. v.16. n. 02. p. 185-206, maio-ago. 2014.

OSTERMANN, FERNANDA; MOREIRA, MARCO ANTONIO. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. Caderno de ensino de física, v. 18, n.2: p. 135-151. 2001.

PERUZZO, JUCIMAR; POTTKER, WALMIR ENO; PRADO, THIAGO GILBERTO DO. Física moderna e contemporânea: das teorias quânticas e relativísticas às fronteiras da física. Volume 2. 1ª ed. São Paulo. Editora Livraria da Física. 2014.

SALCIDE, PATRICIA. FERREIRA; PRATA, LEONARDO DE ALMEIDA. I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia. Proposta de uma aula interdisciplinar de química e astronomia: espectroscopia. Rio de Janeiro. 2011.

SANTOS, WILDSO LUIZ PEREIRA; SCHNETZLER, ROSELI PACHECO. Educação em química: compromisso com a cidadania. 2ª ed. Editora UNIJUÍ, 2000.

SASSERON, LÚCIA HELENA. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relação ente ciências da natureza e escola. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.17 n. especial, p. 49-67. 2015.

VALENTE, LIGIA. A física moderna e contemporânea no ensino médio: caminhos para a sala de aula. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto de Física – São Paulo, 2009.

VILELA EM, MENDES IJM. Interdisciplinaridade e saúde: estudo bibliográfico. Rev Latino-am Enfermagem, julho-agosto, 2003.

ZABALA, A. Prática Educativa: como ensinar. Ed. ARTMED, Porto Alegre 1998.

12. APÊNDICE

12.1 PRÉ-TESTE

Nome:

Data de nascimento: _____

Nos dois últimos anos você estudou em algum colégio?

Você já se perguntou como tudo o que existe foi formado? Qual a ideia que você tem sobre esse assunto?

Como você acredita que o mundo e os seres vivos foram criados?

Você sabe quando o Universo teve início?

Você já ouviu falar em Big Bang? Sabe o que significa? Se sim, explique com suas palavras o Big Bang.

Você sabe como surgiram os átomos?

O que surgiu primeiro: os átomos dos elementos químicos ou o Universo?

Nós humanos precisamos do Sol? Por quê?

Você sabe onde os átomos dos elementos químicos são produzidos?

Quais são mais antigos, os átomos no corpo de uma pessoa idosa ou aqueles que formam o corpo de um bebê?

Você conhece a tabela periódica? Ela faz algum sentido na sua vida?

12.2 PÓS AULAS

Nome: _____

1. A sua ideia inicial sobre a formação de tudo (universo, o mundo, os seres vivos), mudou alguma coisa após as aulas?

2. Explique com suas palavras o Big Bang (após as aulas).

3. Você sabe de onde surgiram os átomos?

4. O que surgiu primeiro: os átomos dos elementos químicos ou o Universo?

5. Nós humanos precisamos do Sol? Por quê?

6. Marque os termos a seguir que foi a primeira vez que você ouviu falar?

- ☐ Elétrons
- ☐ Prótons

- Nêutrons
- Hidrogênio
- Hélio
- Fusão de átomos
- Gravidade
- Fótons
- Fotosfera
- Supernova
- Morte do Sol
- Morte de uma estrela