



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL



**O SISTEMA SOLAR SOB A PERSPECTIVA BIOLÓGICA E QUÍMICA DO
PLANETA TERRA**

MARA LÚCIA RODRIGUES SILVA

FEIRA DE SANTANA

2021

MARA LÚCIA RODRIGUES SILVA

**O SISTEMA SOLAR SOB A PERSPECTIVA BIOLÓGICA E QUÍMICA DO
PLANETA TERRA**

Dissertação apresentada junto ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana – Bahia, como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre em Ensino de Astronomia, concernente ao Curso de Pós-graduação - Mestrado Profissional em Astronomia - oferecido pela referida instituição de ensino superior.

Orientadora: Prof^a Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin

FEIRA DE SANTANA

2021

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó – UEFS

Silva, Mara Lúcia Rodrigues

S581s O sistema solar sob a perspectiva biológica e química do planeta Terra/ Mara Lúcia Rodrigues Silva. - 2021.

107f. : il.

Orientadora: Vera Aparecida Fernandes Martin

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Astronomia, 2021.

1. Astronomia. 2. Ensino médio. 3. Elementos químicos. 4. Biologia. 5. Química. I. Martin, Vera Aparecida Fernandes, orient. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU:521/525(07)



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO (A): MARA LÚCIA RODRIGUES SILVA

DATA DA DEFESA: 25 de outubro de 2021 **LOCAL:** Via Google Meet

HORÁRIO DE INÍCIO: 09h01

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
VERA APARECIDA FERNANDES MARTIN	104.421.058-25	Presidência	DR	DFIS - UEFS
CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO	848.990.004-30	Membro Interno	DR	DFIS - UEFS
SELMA ROZANE VIEIRA	342.754.734-87	Membro Externo	DR	IFBA Conquista

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO*:

O SISTEMA SOLAR SOB A PERSPECTIVA BIOLÓGICA E QUÍMICA DO PLANETA TERRA.

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


Em sessão pública, após exposição de 44 minutos, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 49 minutos. A banca chegou ao seguinte resultado**:

- (X) APROVADO(A)
() INSUFICIENTE
() REPROVADO(A)

** Recomendações¹: seguir as recomendações dadas pela banca por intermédio de arquivo pdf enviado por email

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

Feira de Santana, 25 de Outubro de 2021

Presidente: 
Membro 1: Carlos Alberto de Lima Ribeiro
Membro 2: Selma Rozane Vieira
Membro 3: _____
Candidato (a): Mara Lucia Rodrigues Silva
Coordenador do PGAstro: PERPOM

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



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

CANDIDATO (A): MARA LÚCIA RODRIGUES SILVA

DATA DA DEFESA: 25 de outubro de 2021 **LOCAL:** Via Google Meet

HORÁRIO DE INÍCIO: 09h01

- 1) SEQUÊNCIA DIDÁTICA – SISTEMA SOLAR, ELEMENTOS QUÍMICOS, SUBSTÂNCIAS, TERRA E VIDA;
- 2) JOGO – SINUCA DOS PLANETAS E ALGUNS SATÉLITES NATURAIS COMPONENTES DO SISTEMA SOLAR;
- 3) JOGO – ELEMENTOS QUÍMICOS, A TABELA PERIÓDICA DO UNIVERSO.

Feira de Santana, 25 de Outubro de 2021.

Presidente: *Carlos Alberto de Lima Ribeiro*
Membro 1: *Carlos Alberto de Lima Ribeiro*
Membro 2: *Selma Regina Vieira*
Membro 3: _____
Candidato (a): *Mara Lúcia Rodrigues Silva*
Coordenador do PG Astrô: *PERPoff*

AGRADECIMENTOS

À vida por sempre me passar a certeza de ser uma eterna aprendiz.

À UEFS, por mais uma vez me acolher o que me possibilitou conhecer e me envolver com meus colegas de mestrado; cada um guerreiro singular incontestável da profissão Professor.

Ao corpo docente e colegiado do MPastro, por enveredar-me em conhecimentos atinentes à ciência dos astros e por ter garantido a mim paz de espírito para eu chegar ao final dessa jornada.

A honrada orientadora Doutora Vera Aparecida Fernandes Martin, a minha existência de gratidão e reverência ante seu atuar profissional humano, que a mim estendeu a mão nas diversas tempestades em que meu ser foi acometido no transcurso desse curso de mestrado, me envolvendo com seu sagrado manto de educadora.

Aos amigos; Marcia, Clailton e Antônio Henrique, companheiros que se mostraram imprescindíveis nesta coletiva caminhada.

A meu amigo Carlos Liverton, grande incentivador da minha inserção neste curso de mestrado.

A Clarice, diretora do Colégio João Durval Carneiro, Dani, Ana Rita, Sinelma e Milena (nossas meninas do João Durval) e a Graziela, professora do Colégio Odorico Tavares; bem como às minhas amigas de longa data, Cris Maia e Angélica por, ante a meus pedidos de ajuda para obtenção dos materiais recicláveis utilizados em dois dos três produtos educacionais elaborados, prontamente, numa corrente de carinho, contribuíram com grande parte dos materiais usados na confecção destes produtos educacionais.

A Elizangela, amiga e mestre proveniente da quarta turma do MPastro, pela ajuda e esclarecimentos acerca da inscrição e etapa de seleção do Mestrando em Astronomia da UEFS.

A meu irmão Ronaldo (*in memoriam*), por ter me permitido ser sua irmã;

À minha mãe, Clotilde Romagnoli Rodrigues (*in memoriam*), a grande mentora de minha existência, meus agradecimentos eternos por ter concedido a mim a honra de ser eternamente sua filha;

Ao meu amado esposo, Silvio Romero de Sousa Silva, uma nobre alma, novamente a me incentivar em mais uma formação.

É no desprendimento de almas de todos os seres objetos destes meus sinceros agradecimentos, e do de outros que ainda terei o prazer de conhecer nesta minha jornada de vida, que reside a minha certeza de continuar sendo uma eterna aprendiz.

RESUMO

Pretende-se com o presente trabalho implementar uma maneira de levar conhecimentos relativos à Astronomia aos alunos, mesmo que pontualmente, ao serem ministrados conteúdos, nas disciplinas Biologia e Química, do Ensino Médio, que guardem correlação com temas advindos da Astronomia. Propõe-se, portanto, agregar uma abordagem astronômica a tais conteúdos ao mesmo tempo que se lança mão de atividades e materiais lúdicos no sentido de uma transposição didática que possibilite que os temas de astronomia abordados passem a assumir um viés com menor grau de abstração. Por meio de todo esse processo o aluno será alçado da Terra ao Cosmos utilizando-se, para tanto, de uma abordagem do Sistema Solar sob a perspectiva biológica e química do planeta Terra. Almeja-se, assim, pontuar como se deu a formação do nosso sistema planetário, quais as características presentes na Terra que a tornou berço da vida - na forma como a conhecemos; e os requisitos que fizeram de nosso planeta, dentre todos os astros do Sistema Solar, o único, comprovadamente até o momento, onde a vida surgiu se desenvolveu e se mantém. Objetiva-se, também, elucidar qual a origem dos elementos químicos e, por conseguinte, da água e das demais substâncias, presentes em nosso planeta, que possibilitaram a bioquímica terrestre; correlacionando, deste modo, o conteúdo Tabela Periódica, abordado no primeiro ano do Ensino Médio, com o Cosmos; a fim de deixar evidenciado, ao público-alvo, que os elementos químicos naturais, presentes na Tabela Periódica, comum, hoje, a nós terráqueos, não são prerrogativas do planeta Terra. Evidenciar que estes foram e são continuamente produzidos Universo afora, inicialmente quando da origem do próprio Universo e, posteriormente, pelas estrelas; dentro de uma cronologia astronômica do surgimento e evolução destas; de maneira a encontrarem-se distribuídos por todos os meios; intergalácticos, interestelares e interplanetários, na forma de poeira cósmica. Espera-se, assim, que as atividades e produtos educacionais propostos, todos produzidos com materiais de baixo custo, passem a se constituir em alternativas a serem lançadas mãos, por professores das respectivas disciplinas, para a abordagem de temas concernentes à ciência dos astros que guardem correlações, senão com todos, com alguns conteúdos ministrados por estas disciplinas. Deste modo, tais abordagens encontram-se impregnadas por uma confluência interdisciplinar rumo à construção de um conhecimento pleno e substancialmente mais atrativo ao alunato. Para tanto, emanam do presente trabalho, três produtos educacionais: uma Sequência Didática intitulada *Sistema Solar, Elementos químicos, substâncias, Terra e Vida* e dois jogos, um nominado *Sinuca dos Planetas e Alguns Satélites Naturais Componentes do Sistema Solar* e, o outro, *Elementos Químicos – A Tabela Periódica do Universo*.

Palavras-chave: Astronomia, Ensino Médio, Elementos químicos, Biologia, Química.

ABSTRACT

The aim of this work is to implement a way to bring knowledge related to Astronomy to students, even if occasionally, when teaching content from the disciplines of Biology and Chemistry, in High School, which maintains a correlation with themes arising from Astronomy. It is proposed, therefore, to add an astronomical approach to such contents, while at the same time making use of playful activities and materials in the sense of a didactic transposition that enables the topics of astronomy addressed to assume a bias with a lower degree of abstraction. Through this entire process, the student will be lifted from the Earth to the Cosmos, using, for this purpose, an approach to the Solar System from the biological and chemical perspective of planet Earth. The aim is, therefore, to point out how the formation of our planetary system took place, what characteristics are present on Earth that made it the cradle of life - in the way we know it; and the requirements that made our planet, among all the stars of the Solar System, the only one, demonstrably so far, where life emerged, developed and maintained itself. It also aims to elucidate the origin of the chemical elements and, therefore, of water and other substances present on our planet, which made terrestrial biochemistry possible; correlating, in this way, the Periodic Table content, approached in the first year of High School, with the Cosmos; in order to make it clear to the target audience that the natural chemical elements, present in the Periodic Table, common to us earthlings today, are not prerogatives of planet Earth. Evidence that these were and are continuously produced throughout the Universe, initially at the origin of the Universe itself and, later, by the stars; within an astronomical chronology of their appearance and evolution; in order to find themselves distributed by all means; intergalactic, interstellar and interplanetary in the form of cosmic dust. It is expected, therefore, that the proposed educational activities and products, all produced with low-cost materials, will become alternatives to be used by teachers of the respective disciplines to address issues concerning the science of stars who keep correlations, if not with all, with some contents taught by these disciplines. Thus, such approaches are permeated by an interdisciplinary confluence towards the construction of full and substantially more attractive knowledge to students. Therefore, three educational products emanate from this work: a Didactic Sequence entitled Solar System, Chemical Elements, Substances, Earth and Life and two games, one named Pool of the Planets and Some Natural Satellites Components of the Solar System and the other, Elements Chemicals – The Periodic Table of the Universe.

Keywords: Astronomy, High School, Chemical elements, Biology, Chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formação de sistemas planetários	70
Figura 2. A origem da Lua.....	80

* As demais imagens inseridas no texto são fotos de autoria própria.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA - SISTEMA SOLAR, ELEMENTOS QUÍMICOS, SUBSTÂNCIAS, TERRA E VIDA	29
3.2	JOGO: SINUCA DOS PLANETAS E ALGUNS SATÉLITES NATURAIS COMPONENTES DO SISTEMA SOLAR	35
3.2.1	Objetivos a serem alcançados com a aplicação do jogo	37
3.2.2	As regras do jogo	37
3.3	O JOGO: ELEMENTOS QUÍMICOS – A TABELA PERIÓDICA DO UNIVERSO ..	39
3.3.1	Objetivos a serem alcançados com a aplicação do jogo	40
3.3.2	Materiais a serem utilizados na confecção do jogo	40
3.3.3	As regras do jogo	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	49
	APÊNDICE 1	62
	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	62
	APÊNDICE 2	64
	QUESTIONÁRIO DE AVERIGUAÇÃO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	64
	APÊNDICE 3	68
	ASTRONOMIA – UMA ABORDAGEM TEÓRICA BÁSICA	68
3.1	A formação dos sistemas planetários	69
3.2	A vida na Terra reverencia Júpiter	71
3.3	Júpiter – o provável “mentor” da relativa estabilidade da Terra	72
3.4	The Grand Tack – a teoria da formação do sistema solar interno	75

3.5	O surgimento do nosso satélite natural.....	79
3.6	A água nossa de cada dia veio do espaço	81
3.7	Elementos químicos, substâncias químicas e vida têm como pano de fundo o Universo	82
3.8	Como a água chegou à Terra?.....	84
3.9	Terra – o único palco onde a vida, comprovadamente, se manifestou, floresceu e se mantém.....	86
3.10	A vida sob o enfoque dos planetas rochosos.....	87
3.11	A impossibilidade de um planeta gasoso abrigar vida	94
3.12	Alguns satélites naturais, do sistema solar, sob o prisma da vida.....	96
3.13	A origem da vida na Terra.....	102
3.13.1	<i>A Teoria de Oparin e Haldane - uma exegese limitada da produção de moléculas orgânicas centrada, exclusivamente, na Terra</i>	103
3.13.2	<i>Panspermia – uma teoria mais condizente acerca da origem das moléculas precursoras da vida.....</i>	104

1 INTRODUÇÃO

A Lei de Diretrizes e Bases – Lei nº. 9.394/96 – (BRASIL, 1996); versa, entre outras modalidades de ensino, sobre a educação básica, sendo destaque, no presente trabalho, o Ensino Médio.

O desiderato da Lei em tela é fazer com que a sigamos, a fim de possibilitar uma formação educacional mais humanizada, vez que o foco da educação é o ser humano - ser social, por excelência – envolvendo, portanto, a gama de relações humanas, seja no âmbito familiar, social ou cultural.

Alude que a educação deva ser inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tendo como propósito o desenvolvimento pleno do educando, preparando-o para o exercício da cidadania, assim como o qualificando para o exercício de atividade laborativa.

Traz ainda, a aludida Lei, em seu artigo 22, que a educação básica tem como desiderato o desenvolvimento do educando no sentido de assegurar-lhe uma formação comum indispensável ao exercício da cidadania e lhe fornecer meios de progressão no trabalho e em estudos posteriores.

Na mira de tais objetivos, preleciona, para o Ensino Fundamental e Médio, o desenvolvimento, consolidação e aprofundamento (no Ensino Médio) da capacidade de aprendizagem que vise à aquisição de conhecimentos e habilidades e, conseqüentemente, a formação de atitudes e valores no que concerne ao ambiente natural, social e político em que o educando se encontra inserido; bem como, numa exegese mais ampliativa, a compreensão, apreensão e difusão de conhecimentos científico-tecnológicos infundidos por meio da conexidade entre as várias disciplinas, componentes de um todo, apenas, teoricamente compartimentalizado.

Para tanto, conforme se denota do seu artigo 35-A, abaixo transcrito, a presente lei lança mão, também, quanto ao Ensino Médio; da Base Nacional Comum Curricular – BNCC, documento normativo que determina os conhecimentos essenciais que o alunato, da educação básica, como um todo, deverá aprender em cada ano de sua formação escolar, seja ele da rede pública ou particular de ensino.

Art. 35-A. A Base Nacional Comum Curricular definirá direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, conforme diretrizes do Conselho Nacional de Educação, ... (BRASIL, 2018).

Há de se ressaltar, por oportuno, que a BNCC (BRASIL, 2018), foi elaborada segundo os princípios que erigiram os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1997, 1998, 2002) e as Diretrizes Curriculares Nacionais - DCN (BRASIL, 2013); sendo ela, portanto, um documento mais completo e específico, fixando, por conseguinte, com maior transparência, os objetivos da educação básica em cada ano escolar.

Assim, não obstante a maior completude e especificidade da BNCC, sua publicação não induz o afastamento dos PCN e das DCN do processo educacional, vez que estes, poderão, embora não obrigatórios, serem utilizados como documentos orientadores.

Mas o que versa a BNCC acerca do Ensino de Astronomia, no Ensino Médio?

A BNCC não enfoca a Astronomia, enquanto disciplina, em nível algum da educação básica. Contudo, possibilita que temas inerentes à Astronomia sejam abordados sob o viés da transversalidade.

Assim, no Ensino Fundamental, alguns temas, concernentes a esta área do conhecimento, foram programados para serem enfocados nas áreas do conhecimento nominadas: Ciências da Natureza e Ciências Humanas, sob a batuta, tão somente, respectivamente, das disciplinas: Ciências e Geografia; numa clara mitigação do poder interdisciplinar da ciência dos astros.

Logo, como não bastasse a Astronomia não se constituir em uma disciplina a ser ministrada na educação básica; tem seu potencial de abordagem transversal restrito, documentalmente, a um reduzido, senão ínfimo, rol de disciplinas ditas oficiais.

Na disciplina Ciências, do Ensino Fundamental, instituiu-se a unidade temática: Terra e Universo que, do 1º ao 4º ano, pode ser caracterizada por uma Astronomia Introdutória, que caminha pelas veredas do como ensinar melhor os fenômenos do sistema Sol-Terra-Lua. No 5º ano, em “objetos de conhecimento”, a BNCC traz as primeiras propostas, ainda restrita a uma Astronomia Observacional, acerca da apreensão do saber astronômico, no sentido de levar o alunato a identificar algumas constelações e a construir alguns instrumentos ópticos. Sendo reservados, especificamente, para o 9º ano, traz conceitos ligados à Astrofísica e à Cosmologia, como a possibilidade de vida fora da Terra e a Evolução Estelar.

No Ensino Médio, nível educacional foco do presente trabalho, temas advindos da ciência dos astros podem ser abordados, em continuidade ao Ensino Fundamental, no eixo temático Ciências da Natureza e suas Tecnologias, bem como em outros eixos temáticos apresentados na BNCC, frente à abordagem de temas, em Astronomia, ser caracterizada por uma faceta multidisciplinar – podendo, com as devidas adequações, serem trabalhados nas diversas disciplinas da grade curricular da educação básica.

E nesta senda, utilizando-se de uma transversalidade interdisciplinar, propõe-se, no presente trabalho, apresentar aos jovens, na etapa final da educação básica, uma Astronomia que lhes seja mais atraente – com um cunho, científico tecnológico contemporâneo, trilhado pela Astrofísica, no contexto de uma Astrofísica Interdisciplinar, levando o aluno a enveredar-se pela busca de conhecimento a fim de entender como se formou nosso sistema planetário, quais importantes fenômenos levaram a Terra a assumir a sua privilegiada posição, no contexto do sistema solar; quais os planetas que supostamente a possibilitaram atingir a estabilidade relativa que hoje ela ostenta; qual a origem das substâncias que participaram da sua formação e das que se encontram na sua atmosfera e superfície propiciando, nela, o florescimento e manutenção da vida como a conhecemos.

A literatura contemporânea predetermina que o ensino de Astronomia deva ser motivador e interessante para a Educação Básica.

Entretanto, os conteúdos, concernentes ao campo da ciência astronômica, presentes nas Orientações Curriculares Nacionais (BRASIL, 2018), mostram-se pouco atrativos; desmotivadores a professores e alunos, muitas vezes, até por conta do não domínio do mestre, acerca dos temas inerentes a esta ciência. Fator, esse, inviabilizador da apreensão de um saber astronômico que não abre mão, de um estudo em Astronomia, que transcenda às disciplinas: Ciências – no Ensino Fundamental e, Física - no Ensino Médio.

Premente, então, a necessidade de uma recontextualização do ensino de Astronomia, com a devida preparação dos professores, a permitir a esta Ciência permear outras áreas do saber, na Educação Básica, como por exemplo, nas disciplinas Biologia e Química do Ensino Médio; viabilizando, deste modo, o ensino de Astronomia sob o viés Interdisciplinar (PEIXOTO; KLEINKE, 2016).

Comumente a literatura traz que a Astronomia é uma ciência repleta de temas interessantes e motivadores que, por si só, gerariam reflexões na sala de aula. Todavia, esse discurso é meramente retórico, haja vista que pouco ou nada é mencionado acerca de quais temas, na seara astronômica, realmente provocariam interesse no alunato, bem como nos professores – os intermediadores dos conhecimentos a serem apreendidos no âmbito escolar.

Langhi e Nardi (2010) apontam que o aprendizado, em Astronomia, se processa por duas vias – por meio da educação formal e das atividades não formais. Sendo os conhecimentos de Astronomia, adquiridos por intermédio da educação não formal, o meio que possibilita uma aparente popularização da Astronomia; seja por meio de enfoque midiático do lançamento de um foguete, ou por meio da divulgação de filmes na área da ficção científica que aborde, de maneira equivocada ou não, conhecimentos inerentes à ciência em foco (LANGHI, 2004).

Todavia, fato é que, a devida apreensão de conhecimentos em Astronomia é algo que se encontra distante do ensino ofertado a toda população vez que, em geral, temas relacionados à ciência dos astros sequer são abordados no contexto da Educação Básica (LEITE, 2007).

Neste sentido, além do presente item introdutório, a estrutura do presente trabalho dá-se conforme abaixo descrito.

No tópico dois, nominado ‘Fundamentação Teórica’; buscamos traçar um paralelo entre os fundamentos que identificam o viés educacional abordado e a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (PELIZZARI; et al, 2001/2002; MORAES, 2007; MOREIRA, 1999, 2003, 2006, 2010; MOREIRA; MANSINI, 2006; MASINI; 2016), haja vista colocarmos o educando como agente da construção e reestruturação de seu conhecimento, atuando o professor como contínuo intermediador neste processo de apreensão de novos saberes por parte daquele.

No tópico três abordamos a metodologia aplicada em nosso trabalho por meio da qual apresentamos os materiais e meios utilizados para atingirmos nosso objetivo que se traduz em levarmos conhecimentos em Astronomia, por meio de uma confluência interdisciplinar entre as disciplinas Biologia, Química, concernente ao primeiro ano do Ensino Médio, e a Astronomia a alunos do primeiro ano do Ensino Médio. Para tanto, optamos e fazemos isso por meio de uma sequência didática composta de oito etapas. Esta se constitui também em um dos três produtos educacionais elaborados; sendo os outros, dois são jogos compondo os mesmos, respectivamente, duas etapas da sequência didática elaborada. Pelo fato destes produtos educacionais, tanto o ‘como elaborá-los’, bem ‘o como executá-los’ estão, cada um deles, individualizados em encartes a esta dissertação; eles são aqui, apresentados de uma maneira genérica dando-se maior ênfase à sequência didática, haja vista que nesta reside o nosso ‘como fazer’, ou seja, a metodologia aplicada. Assim, discorreremos acerca dos materiais utilizados na confecção, montagem das atividades; dos produtos educacionais de baixo custo elaborados e sobre as regras de execução destes; bem como sobre a metodologia aplicada para que o conhecimento que emana e converge do nosso tema, possa ser ministrado junto ao público-alvo, a fim de ser por este incorporado.

Já no item quatro apresentamos os resultados e discussões e, finalizando, no item cinco trazemos as conclusões do trabalho.

Cabe-nos destacar que não testamos nossa hipótese junto ao público-alvo. Vários foram os entraves, por conta da Pandemia da Covid-19, que impediram a aplicação, ainda na vigência da sétima turma, da sequência didática elaborada por nós elaborada.

Primeiramente, as aulas (da Rede Pública Estadual de Ensino) foram plenamente suspensas de março de 2020 a março de 2021.

E a segunda quinzena de março de 2021 foi o período reservado para a ocorrência de uma dita semana pedagógica para, em tese, “preparar” os professores da educação básica para os anos letivos (dois em um) 2020/2021 na vertente remota.

Assim de Abril de 2021 a julho de 2021 houve o retorno das aulas, na modalidade remota; contudo este mostrou-se incipiente (baixos índice adesão por parte do alunato).

De agosto de 2021 ao início de outubro deste mesmo ano se deu a fase de aulas na modalidade semipresencial; com a subdivisão das turmas, por medida de segurança, em duas metades; de maneira que em uma semana uma determinada aula era ministrada para a metade nominada par e, na outra, a mesma aula ela ministrada para a segunda metade denominada ímpar (onde se verificou, também, grande evasão).

Deste modo, ao final da primeira semana do mês de outubro de 2021 foi efetivado o retorno presencial pleno, ou seja, com as turmas sem a subdivisão em metades.

Contudo, fato é que a evasão se mostrou avassaladora, seja na modalidade remota, semipresencial ou presencial.

Ao acrescentar, a esta problemática substancial, a tarefa inglória, para não dizer surreal de se “aplicar” o conteúdo correspondente a dois anos (2020 e 2021) em alguns meses (de abril de 2020 a dezembro de 2021), qualquer cidadão conseguirá, perfeitamente, mensurar a utopia da situação posta.

Assim, tão logo essa situação limitadora do viés interpessoal professor/alunos se estabilize, nossa hipótese poderá ser confirmada; vindo a demonstrar, por conseguinte, no campo da prática, que a adoção de uma nova roupagem das abordagens de alguns conteúdos inerentes às disciplinas Biologia e Química do Ensino Médio, em associação com temas concernentes à ciência dos astros, se traduz em uma tentativa plausível no sentido de possibilitar, ao público alvo, apreensão ativa de conhecimentos de maiores amplitudes, posto que calcados na interdisciplinaridade entre três áreas do conhecimento, intrinsecamente interligadas, quais sejam, Astronomia, Química e Biologia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente trabalho sustenta-se sobre o viés teórico pedagógico da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Ademais no apêndice três, desenvolvemos uma abordagem teórica básica acerca dos temas, em Astronomia, imprescindíveis para a apreensão dos conhecimentos abordados neste trabalho.

Este material, representa em si, uma transposição didática entre o saber científico em Astronomia (na conformação ensinada na disciplina Astronomia – nas universidades e/ou faculdade e postas nos artigos científicos e afins) para uma linguagem acessível aos professores, da Educação Básica, que pretendem fazer uso deste trabalho ou dos produtos educacionais a ele encartados; de maneira a auxiliar, estes professores, em uma etapa primária de apreensão desses conhecimentos e na consequente facilitação da divulgação desses conhecimentos por meio da aplicação da sequência didática proposta ou de qualquer outro meio que considerarem apto a desenvolver os tais temas junto aos alunos.

2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

Nosso trabalho estabelece estreita relação com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (AUSUBEL apud MOREIRA, 2010).

David Paul Ausubel (1918-2008) era um médico estadunidense especializado em psiquiatria e em psicologia da educação. Tornou-se um dos ilustres representantes do cognitivismo ao desenvolver a Teoria da Aprendizagem Significativa segundo a qual os conhecimentos prévios do educando devem ser levados em conta para que a aquisição de novos conhecimentos se processe de maneira satisfatória.

Referendando essa linha base em que a Teoria da Aprendizagem Significativa se encontra assentada, Moreira assevera:

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, 2010, p. 2)

Ausubel; *et al.*, apud Moraes (2007), entende que a aprendizagem só se faz significativa, para nossas crianças e adolescentes, quando os mesmos conseguem ampliar e reestruturar o

conhecimento prévio que possuam em face das novas informações, conhecimentos que a elas chegam; haja vista ser o educando um todo complexo que adentra à escola trazendo consigo uma considerável bagagem de conhecimentos advindos de sua realidade familiar, socioeconômica e cultural.

O pesquisador eternizou este seu pensamento quando sobre o mesmo assim se manifestou: “O fato isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averígue isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL; *et al.*, 1980).

A escola, portanto, sob o viés dessa teoria, deve considerar, na sua intermediação junto ao aluno, o conhecimento que ele já possui; para que o mesmo possa ampliar e reestruturar seu conhecimento base, muitas vezes elementar; com informações trabalhadas no espaço escolar.

Destarte, a Aprendizagem Significativa se efetiva quando novas informações, novos conhecimentos vinculam-se as informações, conhecimentos relevantes pré-existentes no patrimônio intelectual do educando. Subsunção é a denominação a que se dá a esse conhecimento pré-existente, sendo ele um conhecimento específico e próprio do ser que o possui (MOREIRA, 2010).

Portanto, é na confluência entre os conhecimentos relevantes adquiridos fora dos muros da escola e aqueles, nela, progressiva e continuamente, edificados, bem como entre estes; que irá se processar a ampliação e reconfiguração da aprendizagem; dois dos pressupostos da Teoria Significativa da Aprendizagem de Ausubel.

Não se pode negar, portanto, a capacidade empírica de aprendizagem de um ser humano, principalmente no contexto da infância e da adolescência.

Assim, nossas crianças e adolescentes são capazes, mesmo que de maneira incipiente, de edificar conhecimentos e aprendizados pretéritos à intermediação escolar. Não vem ao caso, em um primeiro momento, se essa capacidade elementar de construção de conhecimento se traduz em saberes de base científica ou não, pois o importante é que esses conhecimentos base sejam relevantes para a ampliação, reestruturação e reconfiguração de uma linha de conhecimento ante o aporte de novas informações concernentes a eles, de modo a redundar em uma ampliação desse conhecimento base.

O processo pelo qual possibilita a aquisição de significados, nesta estrutura cognitiva, é a assimilação. Esta acontece quando ao subsunção se incorpora uma nova informação.

O trabalho, em tela, reverencia plenamente esse viés fundamental da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, uma vez que, logo na (execução da sequência didática foi inviabilizada pela suspensão das aulas por conta da Covid-19) primeira etapa de construção do mesmo, buscaremos fazer um levantamento dos conhecimentos pré-existentes

no o aluno acerca de questões relacionadas à Astronomia, Biologia e Química, no tocante à origem e formação do Sistema Solar e os astros que o constitui; acerca das condições necessárias para que a vida, como a conhecemos, surja e se desenvolva; bem como sobre a origem e formação dos elementos químicos e das primeiras substâncias; convidando-o, para tanto a responder um questionário investigativo com estes enfoques.

Deste modo, continuando a abordagem sob o viés de uma aplicação futura, a segunda etapa de execução de nosso trabalho, ainda no que concerne ao público alvo, trilhará, também, o direcionamento pedagógico da teoria em tela, uma vez que a pretensão é a de promover a participação dos alunos (tendo em mente, a análise prévia do conhecimento deles, sobre o tema, que será obtida por meio das respostas ao questionário que eles responderão em um momento anterior a esta etapa) em uma aula dialógico-expositiva a abordar, por meio de slides e vídeos, a formação e evolução do sistema solar; os astros que o constitui - com identificação especial de seus planetas e a ordem de localização que eles assumem em relação ao Sol e a distância que cada um deles se encontra do Astro Rei; bem como, a massa e volume dos mesmos, identificando quais compõem o grupo dos planetas rochoso-terrestres e quais fazem parte do grupo de planetas gasoso.

Acreditamos estarmos, assim, norteando nosso fazer pedagógico com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, pois estamos a colocar, neste trabalho, o educando como agente da construção de seu conhecimento; com a intermediação contínua do professor, para que o aluno, em um primeiro momento, elabore suas teses (não importando, por hora, se elas se revestem de veracidade ou não, haja vista constituírem-se na base para apreensão de novas informações - chegadas a ele por meio da convivência social, fora do âmbito familiar; a exemplo da escola) de modo a seguir rumo a um conhecimento socialmente estruturado.

Nosso atuar mostra-se relevante, pois propomos oferecer ao aluno, do início ao fim da edificação da aprendizagem escolar, concernente a este trabalho, questionamentos acerca do assunto ou tema a ser abordado, para que o mesmo, lance mão de todo o arcabouço de conhecimentos prévios relevantes que possua, concernentes ao tema, a fim de construir hipóteses acerca dos questionamentos postos.

Esse exercício mental possibilitará ao aluno fazer descobertas e, destas, conseqüentemente, aflorarão dúvidas, que consistem em um dos pontos relevantes da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Destarte, quando da construção do conhecimento, pelo aluno, exsurgir dúvidas e, motivado, ele corre atrás no intuito de saná-las; tem-se uma mobilidade na aprendizagem. É esta mobilidade que o habilitará a se conduzir, no processo ativo de construção de seu

conhecimento e, conseqüentemente, a compreender as informações, conteúdos ministrados pelo professor, em um segundo momento do processo de intermediação da edificação desse conhecimento.

Deste modo, as atividades desenvolvidas ao longo da seqüência didática (nosso primeiro produto educacional), as quais, gradativamente, lançaremos mão a fim de intermediar o processo, do aluno, pela busca de mais saberes; proporcionarão, a ele, traçar um paralelo comparativo entre o que conseguiu estruturar e o que recebeu do professor de informação, explanação sobre o tema, assunto correlato à sua tentativa de construção primária de conhecimento.

Entendemos que assim o aluno tornar-se-á apto a elaborar as antíteses ou questionamentos imprescindíveis ao seu crescimento intelectual. E nesta marcha - ao fazer a junção entre o que conseguiu estruturar acerca dos temas: Origem, formação e constituição do Sistema Solar e origem e formação dos elementos químicos; e o que, em um segundo momento ou em momentos paralelos, recebeu do professor, concernentes a tais temas – estará em condições de realizar, satisfatoriamente, a primeira síntese de reestruturação desse conhecimento.

É nesta fase que o aluno, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, será alçado à fase do estudo individualizado. Neste momento ele irá centrar sua atenção nos conteúdos, informações trabalhadas, aferindo, num dinâmico e implícito exercício mental, quais novas ampliações ou reconfigurações de conhecimentos podem emanar.

Ao perpassar pela etapa do conhecimento elementar, do conhecimento recebido e, conseqüentemente, da junção entre os dois que o levou à primeira síntese de reestruturação do conhecimento e, posteriormente, do estudo individualizado, estará, o aluno, estruturado intelectualmente acerca dos temas abordados.

Portanto, o aluno estará habilitado, então, a fazer, plenamente, a apresentação coletiva do conhecimento consolidado. É neste estágio que ele já aplica, com desenvoltura, todo o conhecimento, efetivamente adquirido, na execução dos produtos educacionais aqui propostos nominados, respectivamente: “A Sinuca dos Planetas e de Alguns Satélites Naturais Componentes do Sistema Solar” e “Elementos Químicos – A Tabela Periódica do Universo”.

Ausubel reverbera, ainda, em sua teoria, outro ponto relevante, que é a sede de conhecimento humano, ao dizer que quanto mais o ser humano busca por conhecimento/aprendizado, mais essa busca se torna insaciável, projetando o mesmo em uma procura constante por saberes. Este é o nosso desiderato enquanto educadores!

Buscamos, por meio do presente trabalho, maneiras de intermediações que nos auxiliem a conduzir nossos alunos à condição de aprendizes por conhecimentos em Astronomia; abordando, para tanto, principalmente aqueles temas que se encontrem interligados ao ensino de alguns conteúdos concernentes às disciplinas Biologia e Química do Ensino Médio; haja vista acreditarmos, do mesmo modo que o ilustre teórico, que quanto mais efetivo for o processo de aprendizagem de nossos alunos maior será a vontade/necessidade dos mesmos persistirem na busca por novos conhecimentos. É a constante ampliação e reconfiguração da aprendizagem diante de universo infinito de conhecimentos gradativamente apreendidos.

Acreditamos que a chama motivadora da busca constante por conhecimento tem que se manter acessa na comunidade escolar. E neste cenário - de constante construção/reconstrução intelectual - erigido com o apoio de todos: governo, direção, professores, pais e alunos – indisciplina e falta de motivação, para aprender, representaria uma faceta identificadora de um alunato imaginário, alienígena talvez.

Destarte, Ausubel ao enunciar que a aprendizagem é um processo do aluno e para o aluno, evidencia, implicitamente, que a importância preponderante da escola é intermediar o complexo de conhecimentos que dela deve emanar com os saberes o aluno já possui.

Será por meio dessa intermediação, contextualizada, que poderemos auxiliar nosso aluno a alcançar - de maneira individualizada, ou seja, levando-se em conta seus conhecimentos prévios – o conhecimento socialmente estruturado, numa trajetória motivadora e motivante que tende a se espalhar por toda a comunidade escolar.

E na trilha desse nosso desiderato, calcado na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, relevante se mostra fazermos uma digressão acerca do enfoque que os diversos documentos normativos, que norteiam Educação Básica nesta terra chamada Brasil, dão ao Ensino de Astronomia; acompanhado da real exegese que os professores da Educação Básica devem fazer acerca da aplicação, em suas aulas, de temas relacionados à ciência dos astros.

A inserção do eixo relacionado ao ensino de Astronomia, no currículo escolar nacional, mesmo que tão somente no campo teórico, se deu em 1996, com a publicação da Lei de Diretrizes e Bases.

Por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), hoje substituídos pela BNCC; precisamente no Ensino Fundamental, o estudo de alguns conteúdos relacionados à ciência astronômica foi, teoricamente, reverenciado com a implantação de um eixo transversal associado ao tema Terra e Universo que circunscreve a uma Astronomia Introdutória, direcionada ao ensino dos fenômenos do sistema Sol-Terra-Lua que engloba o estudo das

estações do ano, das fases da Lua, do movimento das marés, dos eclipses, bem como a taxonomia dos planetas.

Em outra vertente, os PCN (que podem, frente à BNCC, serem utilizados como documentos orientadores), orientam, para o Ensino Médio, que o ensino de Astronomia seja utilizado para estabelecer relações interdisciplinares em suas relações, eminentemente com a Física; quando tal disciplina enfoca tópicos relacionados à Gravitação e à movimentação relativa do Sol, da Lua e dos planetas concernentes ao Sistema Solar.

No que tange ao Ensino Médio, tais orientações encontram-se destituídas de substância, haja vista que quando pressupõe que a Física seja a única disciplina, ministrada no Ensino Médio, a que a ciência da Astronomia possa e deva estabelecer relações, erige, com essa visão, uma interdisciplinaridade infirmada, vez que calcada, eminentemente, em um forte vínculo com os conhecimentos advindos, exclusivamente, da Física; relegando sua integração, igualmente, com outras áreas do conhecimento.

Destarte, conexão plena é a pedra fundamental para que a interdisciplinaridade faça parte da essência do ensino de Astronomia, fazendo com que tal ciência permeie e seja permeada por outras ciências, na constante busca por temas transversais que contemplem a apreensão do conhecimento, como um todo.

O ensino de Astronomia, na educação básica, tem que ser pensado para além do seu caráter interdisciplinar, visto que deve estar conectado ao desenvolvimento tecnológico, vindo a incorporar os avanços científicos para a melhor compreensão do Sistema Solar e do Universo. Para tanto, este ensino deve guardar estreita relação com os conhecimentos emanados dos centros de pesquisas e universidades e com os profissionais destas instituições, no sentido de os mesmos serem intermediadores da transposição do saber acadêmico em saber escolar, viabilizando, destarte, a propagação de efetivo conhecimento na área; propiciando, por conseguinte, a correta apreensão/popularização de conhecimentos astronômicos.

A literatura traz duas vertentes para o ensino de Astronomia, a da Astronomia Introdutória que caminha pelas veredas do como ensinar melhor os fenômenos do sistema Sol-Terra-Lua e, a da Astrofísica Interdisciplinar – que investiga as interfaces entre a hodierna Astrofísica, a Educação, a Psicologia e as Ciências do Conhecimento.

Uma Astrofísica Interdisciplinar requer um novo formato para o ensino de Astronomia. Sua aplicação, na sala de aula, carece de uma nova pesquisa e, na louvável colocação de Deustua; Storr; Foster, (2010), a aludida pesquisa “... são, rigorosamente, a investigação e o entendimento de como as pessoas aprendem conceitos astrofísicos e como desenvolver e

entregar recursos que ajudem os alunos a aprender e os professores a ensinar” (DEUSTUA; STORR; FOSTER, 2010, p.1).

Portanto, estamos a vivenciar – a transição entre o ensino de Astronomia, pautado em uma Astronomia Introdutória Observacional e a nova proposta – o ensino de uma Astronomia Interdisciplinar - que permeia e é permeada por outras áreas do conhecimento; sendo imprescindível, a nós educadores, para que esta ocorra de maneira satisfatória, nos inserirmos como atores desse processo.

E para se construir um novo repertório, acerca dos rumos do ensino da Astronomia, no contexto da educação básica, necessário se faz que os tópicos modernos da Astrofísica e Cosmologia, emanados dos centros de pesquisas e universidades, passem a complementar o tópicos abordados na Astronomia Observacional; combinando-os com as orientações/sugestões presentes na Base Nacional Comum Curricular, nas Diretrizes Curriculares Nacionais, bem como nos Parâmetros Curriculares Nacionais e com as indicações advindas das experiências de outros países.

A BNCC e os PCN, de maneira geral, trazem em suas orientações, uma visão moderna para o ensino de Astronomia, quando propõem que este ensino deva apontar a existência de outras galáxias, além da nossa, e asseverar que todas elas se distanciam entre si; fato que propiciou a criação do modelo do Universo em expansão a partir de uma grande explosão, o Big-Bang”. Contudo, tal visão contém erros, pois, o Universo não teve origem em uma grande explosão e nem todas as galáxias estão se afastando entre si.

Mas, então, o que falta à prática docente, dos professores da educação básica, no que tange à aplicação de temas transversais advindos da ciência astronômica? Com certeza, qualificação profissional que os preparem para trabalhar com temas advindos da ciência dos astros para que, assim, possam levar a cabo as orientações presentes na BNCC e nos PCN. Podendo, até mesmo, implementar tais orientações, sob outras vertentes desta ciência – tornando a abordagem de temas da Astronomia algo transversalmente factível, vez que do domínio do docente; e assim sendo, com grande possibilidade de serem abordados de uma maneira atrativa, para o alunato; numa comunhão de teorias, práticas e descobertas advindas dessa interação.

Salutar, por conseguinte, é a busca por um repertório de temas estruturantes ou transversais, sobre Astronomia, que possam vir a ser utilizados, total ou parcialmente, no ensino da Astronomia, tornando-o mais interessante, mais atrativo.

Não obstante a estrutura formal do ensino de Astronomia no Brasil encontrar-se calcada na Astronomia Introdutória, esta, constantemente é permeada por informações, da Astrofísica e da Cosmologia, advindas da educação não formal, por meio de diferentes fontes midiáticas.

Pesquisas recentes indicam a necessidade de uma nova proposta para o ensino de Astronomia; onde a abordagem de temas que proporcionem uma visão geral concernente às teorias e modelos que expliquem a origem, constituição e evolução do universo mostra-se imprescindível a fim de proporcionar uma ampliação da visão de mundo do aluno, preparando-o para debater sobre as hipóteses de vida extraterrestre e, por consequência, levá-lo a atuar em discussões acerca dos limites e avanços dos modelos científicos.

A junção da Astronomia com a Biologia e a Química é algo perfeitamente factível. A conjugação desses complexos conhecimentos científicos propiciou o nascimento da Astrobiologia e da Astroquímica, campos de atuações científicas, hoje, em plena expansão (SANTOS; ALABI, 2013).

A Astrobiologia (DUARTE; LIMA, 2004) e a Astroquímica (EHRENFREUND.; CAMI, 2010) podem ser definidas, de maneira simplória e comutativa, como o estudo da vida, como a conhecemos, e dos elementos químicos e substâncias, orgânicas e inorgânicas, que proporcionaram a dinâmica química de seu surgimento e a relação que ela estabelece com o Cosmos, no sentido de sua existência ou não em outros astros do Universo, bem como em quais condições e formas ela se manifestaria fora da Terra.

Esta seara dupla do conhecimento, cujo cerne é a vida, se debruça sobre o estudo da história e do futuro da vida na Terra, ao mesmo tempo em que busca respostas quanto à possibilidade de existência de vida fora do nosso planeta.

Entender como nosso sistema planetário se formou (SHU, F. H.; ADAMS, F. C.; LIZANO 1987; ANDRÉ, P. *et al.* 2014; ALFVÉN; ARRHENIUS, 1970; ALFVÉN; ARRHENIUS, 1976; ALFVÉN; ARRHENIUS, 1982) e como a vida, na forma que a conhecemos, surgiu em nosso planeta (KAUFFMAN, 2011; TIRARD, 2017; KUMAR; STEELE; WICKRAMASINGHE, 2020) ; como e onde os átomos dos elementos comuns à bioquímica terrestre se originaram e, como se tornaram presentes no planeta Terra (PEDROSA, 2013; SANTOS, 2015; ARANY-PRADO, 2017; VAIANO, 2018; COSTA, 2018; LUSA, 2020), levará nossos alunos não só a uma compreensão mais ampla da atuação do Cosmo sobre a dinâmica da vida na Terra, mas também a questionar e buscar resposta sobre a possibilidade da existência de vida fora dos limites terrestre.

Assim, é provável que alguns átomos de elementos, comuns à bioquímica terrestre, possam, também, ter sido utilizados na composição de supostos organismos extraterrestres. Os

ingredientes químicos da composição de um ser vivo, na forma como conhecemos a vida, são basicamente: Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio e fósforo, e a Astrobiologia e Astroquímica se assenta na hipótese de que possíveis organismos extraterrestres tenham como base o átomo de Carbono. (EHRENFREUND.; CAMI, 2010)

Relevante observar que a presença da vida na Terra ou a sua cogitada existência em qualquer outro planeta ou satélite natural, fora ou dentro do Sistema Solar, parte, a princípio, do pressuposto da existência de água líquida nas superfícies desses astros.

Por ser a água líquida, até o dado momento, o único meio conhecido a permitir a dinâmica das reações químicas do metabolismo celular; entender como esta substância se originou e se fez presente, na forma líquida, na superfície do nosso planeta é de salutar relevância para a construção de conhecimento pleno sobre as condições que possibilitaram o surgimento e florescimento da vida na Terra e, por conseguinte, numa exegese mais ampla, da possibilidade quase certa da existência de vida em algum outro lugar do Universo, onde ela, nesta forma, se fizer presente.

Deste modo, para a formação de um alunato dotado de uma visão interdisciplinar, que abranja a Astronomia, preponderante é a abordagem de temas correlacionados às pesquisas científicas, uma vez que estudos demonstram que, na atualidade, é sobre estes temas que os alunos manifestam maior motivação em aprender. Ainda que, tais temas estejam correlacionados à ficção científica e ao desenvolvimento tecnológico; havendo, portanto, aparente identificação do alunato com o ensino nominado Astrofísica Interdisciplinar.

Portanto, o ensino de Astronomia deve ser repensado sob a ótica de uma nova contextualização, alicerçada em uma transposição didática que favoreça a apreensão de novos conhecimentos na educação básica, utilizando-se, para tanto, da Astrofísica Interdisciplinar; sendo esta a proposta da presente pesquisa.

Destarte, insta observar, ante a abstração dos temas abordados, que a pretendida pesquisa, irá pautar-se, eminentemente, no método histórico. Isto porque, a questão cerne da mesma faz-se dependente de uma análise e compreensão de registros e teorias científicas acerca da formação e evolução do Sistema Solar, das principais teorias que conferiram ao planeta Terra a relativa estabilidade que hoje ostenta; bem como onde as substâncias estruturadoras da bioquímica terrestres se formaram e como aqui aportaram.

E, assim, busca-se compreender os caminhos já traçados, por meio de pesquisas da Astronomia, acerca dos temas apontados e, deste modo, poder explicá-los, de maneira específica, ao alunato do Ensino Médio. Para tanto, espera-se conseguir promover a transposição didática dos conhecimentos que dela emanam, em algo concreto, no sentido de

intermediar a apreensão desses conhecimentos junto aos discentes da educação básica, especificamente, aos alunos do primeiro ano de Ensino Médio do turno matutino do Colégio Estadual João Durval Carneiro.

Diante do quadro posto alhures acerca dos reflexos da Covid-19 sobre nosso trabalho, não há como não vislumbrar um real prejuízo, por ora, à aplicação da transposição didática apreendida, principalmente no que se refere à concretude da transformação, propagação dos conhecimentos astronômicos apreendidos em sede de Mestrado.

Na operacionalização de nosso propósito, como técnica de pesquisa, frente à particularidade do nosso trabalho, elegemos a pesquisa bibliográfica. Assim sendo, a mesma se ancorou em trabalhos de conclusão de curso, artigos, monografias, dissertações, teses, livros, periódicos e, principalmente em sítios da Internet, especializados nos temas, que possibilitassem a aplicação, dos mesmos, no processo de ensino aprendizagem concernentes à Educação Básica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nosso trabalho se constitui em uma pesquisa com perfil duplo, uma vez que a mesma se revela quali-quantitativa (SOUZA; KERBAUY, 2017).

Seu viés qualitativo se deve ao seu caráter exploratório, uma vez que foi desenvolvida no sentido de estimular o público-alvo a refletir e falar livremente sobre o tema proposto. No decorrer de seu desenvolvimento aspectos subjetivos do público-alvo afloram, uma vez que ao fazermos uso desse viés qualitativo conseguimos atingir, de forma espontânea, motivações intrinsecamente ou mesmo inconscientemente presentes no aluno.

Assim, sob o formato qualitativo lançamos aos alunos questionamentos que fomentam discussões em grupo sobre o tema proposto, a exemplo dos debates fomentados ao longo de pelo menos três etapas (no universo de oito) da sequência didática elaborada.

Já seu viés quantitativo norteia o fato de sabermos o que perguntar ao aluno para que possamos atingir o objetivo da pesquisa. Sob essa faceta, é direcionado ao aluno perguntas claras e objetivas que nos revelam a uniformidade quanto ao entendimento dos. As entrevistas realizadas sob esse viés são aplicadas individualmente sendo oferecido a todos os entrevistados um questionário padrão, a exemplo do questionário investigativo dos conhecimentos prévios dos alunos, acerca do tema proposto, imprescindíveis para o desenvolvimento do trabalho que propomos aplicar logo na primeira fase da nossa sequência didática.

Souza e Kerbauy (2017), em defesa da superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação asseveram que esses dois vieses de pesquisas, no âmbito da educação, se complementam, de maneira que o uso conjunto dessas duas vertentes se mostra perfeitamente possível ao mesmo tempo que essa dupla abordagem concorre para uma melhor compreensão dos fenômenos educacionais sob investigação, haja vista que estes, cada vez mais evidenciam possuir caráter multifacetário.

Conforme exposto alhures, a presente pesquisa, por conta da problemática gerada pela pandemia da Covid-19, não pode ser desenvolvida junto ao público-alvo. Contudo, a mesma foi pensada para ser aplicada nas turmas de primeiro ano do Ensino Médio, turno matutino, do Colégio Estadual João Durval Carneiro.

As turmas de primeiro ano, público-alvo dessa pesquisa, são compostas, em média, por quarenta alunos. A escolha dessa série de ensino se deve ao fato de que o autor da pesquisa em foco ser o professor das disciplinas Biologia e Química nas mesmas; bem como pelo fato de que conteúdos abordados nesta série, tanto em Biologia quanto em Química, a exemplo, respectivamente, o que é vida e quais os fatores que favorecem a existência de vida na Terra e

tabela periódica são inerentes a esta série ao mesmo tempo que guardam estreita relação com o tema da presente pesquisa.

Da presente pesquisa emanam três produtos educacionais: uma Sequência Didática intitulada: *Sistema Solar, Elementos Químicos, Substâncias, Terra e Vida* e, dois jogos: um nominado *Sinuca dos Planetas e Alguns Satélites Naturais Componentes do Sistema Solar*, e o outro; *Elementos Químicos – A Tabela Periódica do Universo*; todos autorais em sua criação, desenvolvimento e execução.

A Sequência Didática apresentada, ao mesmo tempo que é um dos três produtos educacionais elaborados se constitui em nossa principal ferramenta de trabalho, haja vista, ser a mesma composta por uma sequência gradativa de estratégias com o fito de desenvolver, junto ao público alvo, conhecimentos em Astronomia, numa confluência interdisciplinar com a Biologia e a Química; revelando ser, portanto, um meio eficaz, direcional e prático de levarmos aos alunos os conhecimentos que norteiam o tema trabalhado. .

Ela compõe-se de oito etapas que abarcam, de maneira geral, desde um questionário investigativo por meio do qual buscamos esmiuçar quais são os conhecimentos prévios que os alunos possuem em relação ao tema em foco; a aulas expositivas dialógicas elaboradas com o fito de se dar evidência e direcionamento científico à divulgação desse conhecimento astronômico; bem como a aplicação de atividades paralelas que serão ministradas em 2022 quando do retorno pleno das aulas presenciais.

Duas das etapas que compõem a sequência didática consistirão na aplicação (execução) dos dois jogos (também produtos educacionais) elaborados.

A culminância desse processo se dá na etapa final da aludida sequência didática, ou seja, na etapa da sistematização, na qual é proposto à turma um debate, intermediado pelo professor, acerca de tudo o que foi trabalhado, levando-se em conta o apanhado que o docente fez do questionário investigativo.

Mas o que vem a ser uma sequência didática?

Como exposto alhures, por meio do presente trabalho trazemos ao alunato uma abordagem interdisciplinar de temas relacionados à Astronomia quando do ministrar de alguns conteúdos das disciplinas Química e Biologia do primeiro ano do Ensino Médio que guardem correlação com o tema de nossa pesquisa.

Ante a complexidade de tais conhecimentos, muitos deles afetos à área da Astrofísica, necessário se faz buscar um meio de dinamizar essa aprendizagem lançado mão de estratégias que consubstanciem a sua apreensão; de modo que o aluno, em um processo contínuo de intermediação, gradativamente possa assumir, mais e mais, um papel ativo nesse processo de

aquisição de conhecimento. Elegemos, portanto, uma sequência didática para atingir esse nosso objetivo.

Sobre às sequências didáticas, ZABALA (1998, p. 18) traz que são atividades ordenadas de maneira articulada destinadas a “realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos estudantes”.

Portanto, uma sequência didática constitui-se em uma série de atividades que têm como eixo um mesmo conteúdo ou problemática, em ordem crescente de graus de dificuldade, planejadas e articuladas entre si, de modo lógico, a fim de possibilitar o desenvolvimento de cada uma das etapas ou fases que a constitui (NUNES; NUNES, 2019; DOLZ, 2004; BROUSSEAU, 2008).

Assim, o objetivo que emana de uma sequência didática é o de ensinar conteúdos de forma consciente e segundo estratégias adequadas a cada tipo de conteúdo, prevendo o tempo de suas execuções e as adequações que exigem para que o conteúdo a que se referem seja apreendido pelo alunato.

Ela deve ser organizada de maneira a prever a ordem em que as atividades serão propostas, os objetivos, os conteúdos, os materiais, as etapas do desenvolvimento e a maneira como será feita a avaliação.

Por meio dessa organização busca-se tornar o ensino mais significativo para o aluno, desenvolvendo: uma problematização motivadora, o levantamento de conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema, sucessivas maneiras de investigação - de acordo com o aprofundamento gradual, a finalização ou conclusão da mesma e, uma derradeira avaliação para que seja mensurado o ganho de conhecimento total pelos alunos.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002) já referendavam a utilização de sequências didáticas como relevantes instrumentos na construção de conhecimentos, haja vista que o professor, ao dela se utilizar, terá a liberdade, dentro do desenvolvimento de um conhecimento específico, de fazer a inserção de uma gama de atividades que o possibilite intermediar a apreensão de conhecimentos pelos alunos, partindo de uma sondagem dos seus conhecimentos prévios à elaboração própria e estruturada de conceitos sobre o conteúdo abordado.

Nossa sequência didática - *Sistema Solar, Elementos químicos, substâncias, Terra e Vida* - segue os pressupostos gerais acima evidenciados.

Ela compõe-se de oito etapas que abarcam, de maneira geral, desde um questionário investigativo por meio do qual buscamos esmiuçar quais são os conhecimentos prévios que os alunos possuem em relação ao tema em foco; a aulas expositivas dialógicas elaboradas com o

fito de se dar evidência e direcionamento científico à divulgação desse conhecimento em astronomia; bem como a aplicação de atividades paralelas que serão ministradas em 2022 quando do retorno pleno das aulas presenciais; tudo com o intuito maior de melhor promover a construção e apreensão de novos conhecimentos, pelos alunos, concernentes à Astronomia.

Esta sequência didática encontra-se descrita no tópico seguinte; ademais, como a mesma, além de ser nosso principal instrumento de trabalho, e ao mesmo tempo, um dos três dos produtos educacionais elaborados, encontra-se apresentada estruturalmente em um encarte específico a esta dissertação. Esse produto educacional, após o seu registro na plataforma Sucupira como produção técnica; estará disponibilizado no site do Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS, link 'PRODUTOS EDUCACIONAIS'.

3.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA - SISTEMA SOLAR, ELEMENTOS QUÍMICOS, SUBSTÂNCIAS, TERRA E VIDA

Como reportado alhures, infelizmente, por conta de uma sucessão de fatores decorrentes de medidas adotadas pelo governo do estado, tendo como pano de fundo a Covid-19, não foi possível, na vigência da 7ª turma, colocar em prática as etapas da sequência didática elaborada.

Contudo, certeza temos que no ano letivo em prática, junto às turmas do primeiro ano do turno matutino do Ensino Médio do Colégio de 2022, sob o viés do retorno das aulas à normalidade plena, galgaremos êxito em colocar Estadual João Durval Carneiro, a sequência didática, composta por oito etapas, por nós elaborada.

Assim, na primeira etapa, da nossa sequência didática, os alunos serão convidados a responderem um questionário investigativo. Por meio deste eles serão perquiridos sobre questões relacionadas à Astronomia, Biologia e Química, no tocante à origem e formação do Sistema solar; os astros que o constitui, as condições necessárias para que a vida surja e se desenvolva, bem como sobre a origem e formação dos átomos, dos elementos químicos e das primeiras substâncias.

Para a segunda etapa está programada uma aula expositiva/dialógica na qual será abordado, por meio de slides e vídeos, a formação do Universo – segundo a teoria do Big-Bang; a formação e evolução do sistema solar, os astros que o constitui - com identificação especial de seus planetas e a ordem de localização que eles assumem em relação ao Sol e a distância que cada um deles se encontra do Astro Rei; bem como, a massa e volume de cada um identificando quais compõem o grupo dos planetas rochosos/terrestres e quais fazem parte do grupo de planetas gasosos/gigantes. Promovendo a participação dos alunos, tendo em mente,

a análise prévia do questionário, por eles respondido na primeira fase. Pretende-se aplicar a programação desta etapa em duas horas aulas.

Já para a terceira etapa reservou-se uma atividade prática. A turma será dividida em oito equipes de cinco componentes. Os grupos serão instados, em aula anterior, a trazerem para a aula da semana seguinte: fita métrica ou trena, régua, tesoura, tintas guache de variadas cores e pelo menos dois pinceis (um de numeração 456-16 e o outro de numeração 474), uma caixa grande de papelão e cola. O professor fornecerá a cada equipe 12 metros de barbante, um estilete e uma atividade, a ser feita durante o processo, contendo a escala de identificação e de conversão geral das medidas de comprimento.

Esta folha de atividade conterà uma tabela informando a distância, em quilômetros, de cada planeta em relação ao Sol. O planeta Netuno será utilizado como referencial. No que tange a ele, a tabela terá o registro da sua distância ao Sol escrita também na forma de notação científica e a informação de que esta, em uma situação hipotética, corresponde a $10^3\text{cm} = 1000\text{cm} = 10\text{ m}$.

De posse dessas informações, o primeiro passo é a equipe registrar, na tabela constante na folha atividade, o valor da distância, em relação ao Sol, dos demais planetas, na forma de notação científica.

O objetivo é fazer com que o aluno correlacione o valor real da distância (em quilômetros – escrita na forma de notação científica) com à distância hipotética atribuída à Netuno (no barbante). Estes dados servirão de base para a montagem e desenvolvimento de regras de três simples para encontrar as distâncias hipotéticas (no barbante) e proporcionais dos outros planetas em relação ao Sol.

Assim, em sendo o valor da distância do último planeta, em relação ao Sol, 4.504.300.000 km; na forma de notação científica tem-se: $4,5 \times 10^9\text{ km}$. Como essa distância corresponde a 10^3 cm , na situação hipotética (10 metros no barbante), logo; $4,5 \times 10^9\text{ km}$ está para 10^3 cm .

Esse é o padrão a ser utilizado na regra de três simples para que os alunos cheguem às correlações das distâncias dos outros planetas (em centímetros), na situação hipotética posta; e assim, possam preencher a tabela com as informações obtidas.

O segundo passo consiste em a equipe marcar um ponto a um metro de distância de cada extremidade do segmento de 12 metros de barbante (a sobra de 1m, para cada lado, é para amarrar o conjunto quando finalizada a tarefa).

O terceiro passo é cortar, no papelão, um retângulo (de 30 cm por 4 cm) e definir um formato de seta em uma das suas extremidades. Em continuidade, o pintar de amarelo e nele

escrever, em preto, no sentido de seu comprimento e em suas duas faces, “SOL”. Após a secagem, a tira SOL deverá ser colada, pela ponta da seta, no ponto um, demarcado anteriormente no barbante.

O quarto passo é cortar oito retângulos (de 15 cm por 4 cm), e pintar cada um com cor diferente da do outro (como estarão a representar os planetas, a equipe deverá pintar cada um com uma cor que se aproxime da imagem fantasia do planeta, que poderá ser buscada na internet). Ao final ter-se-á oito tiras com cores diferentes. A equipe fará o mesmo que foi feito com o retângulo “Sol”, pintando, em cada uma delas um nome de um planeta até formar um conjunto com os oito planetas que fazem parte do Sistema Solar.

Para o quinto passo a equipe irá marcar, no barbante, o ponto correspondente a 10 metros (1000 cm ou 10^3 cm) e colar o retângulo referente ao último planeta do sistema solar. Com isso os dois extremos estarão delimitados pelo Sol e por Netuno.

O sexto passo consiste em buscar a informação na tabela, previamente preenchida, na folha atividade, das distâncias (em relação ao Sol, em centímetros), correspondentes no barbante, de cada um dos outros planetas e colar, nos pontos que as define, a correlata tira planeta.

Ao final dessa atividade, os alunos terão, certamente, se apoderado de conhecimentos concernentes a quantos e quais planetas compõem o sistema solar; a que distância, em quilômetros, cada um deles se encontra do Sol e das correspondências que essas distâncias assumem, em centímetros, em um seguimento (de barbante) de dez metros de comprimento, em que o Sol é representado no ponto zero e o último planeta do sistema solar é representado no ponto 10 metros ou 1000 centímetros (10^3 cm).

O tempo estimado para a conclusão desta atividade será 100 minutos, ou seja, duas horas aulas.

Na quarta etapa da sequência didática será proposta a realização de uma segunda atividade. Esta, nominada: *Fatores abióticos, os pré-requisitos para a habitabilidade*. Trata-se de uma atividade envolvendo o Sol, os planetas e alguns satélites planetários do sistema solar. Ela também será realizada em equipe. Para tanto os alunos, que compõem a turma, serão divididos em dez equipes de quatro componentes.

Por meio dela, será possível fazer, com o aporte do que foi explanado na etapa dois da sequência didática, uma exegese, junto e com os alunos, da posição privilegiada da Terra em relação ao Sol, evidenciando que a Terra (DUARTE, ____) se encontra inserida dentro da zona habitável de sua estrela hospedeira e por conta disso e da sua substancial atmosfera, a

temperatura do nosso planeta favorece a existência de a água, na forma líquida, em sua superfície; o que torna a Terra palco de explosão, desenvolvimento e manutenção da vida. Para a realização desta atividade serão necessárias duas horas aulas (cem minutos).

Na quinta etapa da sequência didática, os alunos da turma formarão oito equipes, de cinco componentes, para executarem o jogo: *Sinuca dos Planetas e Alguns Satélites Naturais Componentes do Sistema Solar*, que se constitui no segundo dos três produtos educacionais elaborados.

Os alunos da turma serão divididos em oito equipes de cinco componentes. Cada equipe escolherá, entre seus componentes, dois sinuqueiros ficando estes responsáveis por encaçaparem os planetas e satélites. Esses dois sinuqueiros intercalarão as tacadas da equipe que representam. Os 3 alunos restantes, ficarão responsáveis pela dinâmica que correrá em paralelo ao encaçapamento de cada astro.

Os astros que estarão representados pelas bolas são: o Sol, todos os planetas do Sistema Solar e alguns satélites planetários (Lua, Fobos, Europa e Encélado) concernentes a este sistema.

Ao todo serão 27 bolas em os planetas do sistema solar (em duplicidade); oito representarão quatro satélites naturais (em duplicidade); duas, representarão o Sol (em duplicidade) e uma a bola de mando. Assim, as bolas do jogo, em vez de virem numeradas, serão individualizadas, com pinturas que jogo, incluindo a bola de mando (a famosa bola branca); das quais dezesseis delas estarão representando um astro que possibilite aos sinuqueiros identificar qual astro cada uma representa.

Será disponibilizado, para cada uma das equipes oponentes, um conjunto de peças composto de:

- Nove estratos retangulares de isopor com metragem de 25 por 10 por 2,5 centímetros, encapados com E.V.A. com glitter.
- Um conjunto composto pelas imagens/hastes de cada astro representado no jogo.
- Bandeirinhas/hastes (para alguns serão onze, para outros doze), contendo informações acerca de cada astro representado no jogo.

Quando os sinuqueiros da equipe encaçapar um astro, o grupo de apoio terá 4 minutos para montar o arcabouço – garimpando as peças correspondentes em meio ao conjunto total de peças dispostas em um espaço acessível às duas equipes.

A primeira peça a ser colocada (fincada), em uma das extremidades do comprimento da base, será a imagem/haste do astro. As bandeirinhas/hastes contendo informações sobre o astro representado deverão ser ficadas à frente da imagem deste.

Acaso a equipe não consiga completar a tarefa, no tempo regulamentar, o astro encaçapado volta à mesa de jogo quando for a vez do sinuqueiro da equipe jogar novamente, mas será a equipe oponente que determinará em que local da mesa o astro deverá ser repostado. É também a equipe oponente que efetuará a reposição.

A equipe penalizada, com o retorno da bola-astro ao jogo, só poderá dar continuidade à montagem do estrato quando o seu sinuqueiro encaçapar, novamente, a bola-astro correspondente. A equipe terá, então, mais 2 minutos para completar o estrato.

Vence o jogo a equipe que primeiro conseguir encaçapar o conjunto formado pelo Sol, pelos oito planetas e pelos quatro satélites naturais representados no jogo e, simultaneamente, completar a base, a que cada astro pertence, com o conjunto correspondente das bandeirinhas/hastes. Esta etapa da sequência didática será realizada em duas horas-aula (cem minutos).

Na sexta etapa da sequência didática ocorrerá a explanação do conteúdo Tabela Periódica dos Elementos Químicos ministrado na disciplina Química.

No transcorrer da aplicação desse conteúdo, os alunos serão suscitados a se manifestarem sobre como, quando e onde eles acham que os elementos químicos surgiram.

Pretende-se, com esta sondagem, gerar um debate, mesmo que incipiente, a respeito dos questionamentos lançados. As contribuições servirão de deixa, mote para se trabalhar, junto aos alunos, a relação da Química e da Biologia com temas advindos da ciência dos astros, explanando que os elementos químicos se originaram no espaço; alguns deles, como por exemplo, hidrogênio e hélio ao tempo inicial da formação do Universo e os demais durante a evolução do mesmo; precisamente, com a formação, evolução das primeiras estrelas.

Ao final, será exibido o vídeo ‘A Origem dos Elementos Químicos - Profissão Químico’ (LUSA, 2020), a fim de dar mais solidez ao conhecimento apreendido, ao mesmo tempo que se intensifica nos alunos a certeza de que nosso planeta, não é uma ilha isolada em si, e, sim, uma ínfima parte de um todo complexo chamado Universo. Portanto, o que se tem em nosso planeta, não é, necessariamente, originariamente dele.

Para a sétima etapa será aplicado jogo: *Elementos Químicos – A Tabela Periódica do Universo*, este representa o nosso terceiro produto educacional.

Os alunos da turma serão divididos em quatro equipes contendo de oito a oito componentes (a depender do número de alunos presentes).

Cada equipe receberá um conjunto de peças para a execução do jogo. Este conjunto constará de um arcabouço da tabela periódica (caixa-tabela), contendo, em seu interior, a 138 tampinhas representando cada elemento químico, bem como as famílias da tabela periódica e

as falhas de encaixe das séries dos lantanídeos e dos actinídeos. E também uma tabela periódica impressa em uma folha.

Faz parte do jogo, também, dezenove cartões-pistas, cada um deles contendo de quatro a sete pista sobre o elemento (ou conjunto de elementos) a que se refere.

O professor lerá, gradativamente, as pistas e as equipes terão dois minutos para preencher o arcabouço com o elemento (ou grupo de elementos) a que as pistas do cartão fazem alusão.

A (s) equipe (s) que conseguir identificar o elemento (ou grupo de elementos) com a leitura das três primeiras pistas poderão gritar em coro “**Universo**”; com isso o professor não lerá as outras duas pistas e as equipes que não conseguiram descobrir de qual elemento (ou grupo de elementos) se trata, terão o restante do tempo para desvendar qual é o elemento (ou grupo de elementos) e enroscar a tampinha referente a ele, em seu devido lugar (família e período), no arcabouço.

Se ao ser lido as quatro ou mais pistas referentes a cada elemento ou grupo de elementos alguma equipe não conseguir descobrir de qual elemento ou grupo de elemento se trata e, conseqüentemente, não conseguir encaixar (enroscar) o elemento ou grupo de elementos no arcabouço, essa equipe terá que imediatamente dizer em alto e em couro “**Fomos sugados por um buraco negro**”.

A equipe que tiver sido sugada por um buraco negro ou mesmo que encaixou de maneira equivocada alguma peça, poderá corrigir a peça que colocou errada, no arcabouço, substituindo-a pela correta ou preenchendo o arcabouço com a peça caso tenha sido sugada por um “buraco negro”. Mas isso, antes do findar do jogo, logo, antes de alguma equipe dizer em coro “**Tabela Periódica do Universo**” (deixa para indicar que finalizaram a montagem).

O jogo finaliza quando completar o ciclo dos dezenove cartões-pistas que não serão necessariamente lidos em ordem numérica.

Neste momento as equipes entregarão a montagem da tabela periódica. A equipe ganhadora será aquela que apresentar a Tabela totalmente preenchida corretamente ou com maior número de preenchimento, neste caso, acima de cem.

O prêmio principal, pelo engajamento das equipes neste jogo, será o ganho de conhecimento multidisciplinar acerca dos conteúdos abordados no jogo, envolvendo as disciplinas: Química e Biologia e temas correlacionados à Astronomia.

Mas ao final, como mimo, na primeira rodada do jogo – na turma, a equipe vencedora receberá um caixa de chocolate para ser dividida entre seus componentes.

O objetivo maior desse jogo é de que ao final, por meio dessa atividade lúdica, os alunos se apoderem um pouco mais com a apreensão de novos conhecimentos sobre o Cosmo; identificando onde, quando e como os elementos e as substâncias químicas, principalmente a água, foram formadas; de maneira a entender que a existência/presença de elementos químicos e substâncias químicas na Terra não é uma prerrogativa somente do nosso planeta; haja vista que alguns elementos químicos foram produzidos na fase inicial da formação do Universo e, outros, pelas estrelas, mais à frente, no ainda, contínuo, processo de sua evolução do Universo.

Entender, também, que esses elementos químicos continuam sendo constantemente produzidos e liberados no espaço, por meio de explosões de estrelas e/ou ejeções de matéria (poeira) advindas de buracos negros; sendo encontrados, portanto, nos meios intergalácticos e interestelares; estando presentes, também, nos espaços interplanetários sob a forma de poeira cósmica. Duas horas aulas (100 minutos) serão utilizadas para a execução desta etapa.

A oitava etapa consistirá na etapa de sistematização. Para a sua execução se utilizará duas horas aulas. Os alunos serão divididos em dois grupos, organizados em linhas de carteiras paralelas às laterais da sala; um grupo de frente para o outro. O professor promoverá, assim, com o apanhado que fez do questionário investigativo - aplicado na primeira etapa, perguntas suscitando a participação dos alunos, como um todo, acerca do que foi explanado ao longo do processo da sequência didática proposta. O objetivo desta etapa é certificar o grau de apreensão do conhecimento trabalhado ao longo da sequência didática aplicada.

3.2 JOGO: SINUCA DOS PLANETAS E ALGUNS SATÉLITES NATURAIS COMPONENTES DO SISTEMA SOLAR



Fonte: a autora (2021)



Fonte: a autora (2021)

Este jogo constitui o segundo produto educacional elaborado. Consiste em um tradicional jogo de sinuca (bilhar) adaptado ao ensino, aprendizagem de alguns temas acerca do Sol, dos planetas e de alguns satélites naturais componentes sistema solar.

Para a sua confecção (a ser realizada pelo professor) foram utilizados materiais de baixo custo. Em média, para a confecção de cada uma das quatro mesas de sinuca e dos dois conjuntos de estratos, bandeirinhas-hastes e imagens-hastes da dinâmica paralela, que acompanham cada sinuca foram gastos R\$ 70,00 (setenta reais).

Até porque, boa parte das ferramentas utilizadas, e muitos dos materiais consumidos na confecção, normalmente, o professor tem em casa. Uma simples leitura na listagem (ver o encarte, à defesa, sobre a confecção e execução desse produto educacional) dos materiais, utilizados na confecção do jogo, possibilita inferir o pequeno montante investido na confecção desse produto educacional.

Reitera-se, confecção é realizada pelo professor. Este fornece as sinucas e o materiais da dinâmica paralela para que os alunos, na quinta etapa da sequência didática, possam executar o jogo.

Tanto a montagem (confecção) quanto a execução do jogo se encontram pormenorizadamente descritas no encarte, referente a este jogo, presente à esta dissertação.

Este material, após o seu registro na plataforma Sucupira como produção técnica; é disponibilizado no site do Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS, link 'PRODUTOS EDUCACIONAIS'.

Para a montagem das mesas de sinuca, propriamente dita, tomou-se como base, dentre os vários disponíveis sobre construção, confecção de mini sinucas na Internet; dois vídeos do Youtube nominados, respectivamente, de: *Mini Sinuca de Papelão e E.V.A* e *Fizemos uma Mini Mesa de Sinuca (com papelão e E.V.A.)*, (FUCHS, 2020; ASMR, 2019).

Registre-se, por oportuno, que a criação e confecção do jogo em questão (com exceção apenas da mesa de sinuca, em si; pois os pés em forro de PVC, os tacos em tubo de alumínio, os puxador da gaveta feito de tampa de frascos de vidro de azeite de oliva, o revestimento feito com papel de parede e/ou papel contact e as bolinhas de desodorante rollon preenchidas com massa de rejunte de azulejo também são de autoria exclusiva da autora, na conformidade do passo a passo) é, em todos os demais passos (evidenciado no item referente a montagem, confecção deste produto educacional), de autoria plena da autora em questão, pertencendo à mesma, portanto, os direitos autorais acerca dos mesmos.

3.2.1 Objetivos a serem alcançados com a aplicação do jogo

Ser usado para promoção de uma atividade lúdica, junto aos alunos, do Ensino Médio, da Rede Pública de Ensino do Estado da Bahia. Esta atividade, ou seja, sua execução enfocará os planetas componentes do Sistema Solar, o Sol, bem como alguns satélites naturais, sob a perspectiva biológica e química do planeta Terra. Busca-se com ela entender as variantes físicas e químicas que possibilitaram a existência, neste Sistema Planetário, de vida, até agora provada, somente no planeta Terra.

3.2.2 As regras do jogo

Os alunos da turma serão divididos em oito equipes de cinco componentes. Cada equipe escolherá, entre seus componentes, dois sinqueiros; ficando estes responsáveis por encaçaparem o Sol, os planetas e satélites naturais representados.

Os dois sinqueiros intercalam as tacadas da equipe que representam. Os três outros alunos da equipe, ficam responsáveis pela dinâmica de montagem dos estratos que correrá em paralelo ao encaçapamento de cada astro.

Os astros representados pelas bolas são: o Sol, todos os planetas do Sistema Solar e alguns satélites planetários (Lua, Fobos, Europa e Encélado) concernentes a este sistema.

Ao todo são 27 (vinte e sete) bolas em jogo. 16 (dezesesseis) representam os oito planetas do sistema solar (em duplicidade); 08 (oito) representam quatro satélites naturais (em duplicidade); 02 (duas), representam o Sol (em duplicidade) e 01 (uma); a bola de mando (a bola branca).

Assim, as bolas do jogo, em vez de virem numeradas, serão individualizadas, com pinturas que possibilitem aos participantes identificar qual astro cada uma delas esta representando.

Será disponibilizado, para cada uma das equipes oponentes, um conjunto de peças composto de:

- Nove estratos retangulares de isopor com metragem de 25 por 10 por 2,5 centímetros, encapados com E.V.A. com glitter.
- Um conjunto composto pelas imagens/hastes de cada astro representado no jogo.
- Bandeirinhas/hastes (para alguns serão onze, para outros doze), contendo informações acerca de cada astro representado no jogo.

Quando os sinuqueiros da equipe encaçapar um astro, o grupo de apoio terá 4 minutos para montar o arcabouço, estrato – garimpando as peças correspondentes em meio ao conjunto total de peças disponibilizado para cada equipe no início do jogo.

A primeira peça a ser colocada (fincada), em uma das extremidades do comprimento da base, é a imagem/haste do astro. Somente o astro se este não possuir satélites ou não tiver satélite referente a ele representado no jogo. Em seguida se poderá fincar as bandeirinhas/hastes contendo informações sobre o astro representado. Estas bandeirinhas hastes devem ser ficadas à frente da imagem do astro. Assim, os planetas que tiverem satélites representados no jogo só poderão ter a base, a ele correspondente, completado com as bandeirinhas hastes quando o satélite que o acompanha também for encaçapado e acomodado no copinho da base.

Acaso a equipe não consiga completar a tarefa, no tempo regulamentar, o astro encaçapado volta à mesa de jogo, no momento em que for a vez do sinuqueiro da equipe jogar novamente, mas será a equipe oponente que determinará em que local da mesa o astro deverá ser repostado. É também a equipe oponente que efetuará a reposição.

A equipe penalizada, com o retorno da bola-astro ao jogo, só poderá dar continuidade à montagem do estrato quando o seu sinuqueiro encaçapar, novamente, a bola-astro correspondente. A equipe terá, então, mais 2 minutos para completar o estrato.

Vence o jogo a equipe que primeiro conseguir encaçapar o conjunto formado pelo Sol, pelos oito planetas e pelos 4 satélites naturais representados no jogo e, simultaneamente, completar a base, a que cada astro pertença, com o conjunto correspondente das imagens e bandeirinhas/hastes.

3.3 O JOGO: ELEMENTOS QUÍMICOS – A TABELA PERIÓDICA DO UNIVERSO



Fonte: a autora (2021)

Este jogo, constitui o terceiro produto educacional elaborado. Ele também foi confeccionado com materiais de baixíssimo custo. Gastou-se, em média, R\$ 40,00 (quarenta reais) na confecção de uma maleta-tabela e de seus acessórios.

Consiste em uma tabela periódica (maleta-tabela) formada por um substrato montado com gargalos de garrafas pet de refrigerante, nos quais serão enroscadas 138 (cento e trinta e oito tampinhas) tampinhas. São necessários, no mínimo, quatro maletas-tabela e acessórios para a execução satisfatória do jogo em uma sala de aula com quarenta alunos.

118 (cento e dezoito) tampinhas trazem o símbolo, número de massa e número atômico correspondente a um elemento químico, bem como a marcação de cores que correlacionam os locais do Universo ou astros em que os respectivos elementos foram e/ou são produzidos. 18 (dezoito) representam as famílias ou grupos da tabela periódica e 2 (duas) indicam as falhas que representam as séries dos Lantanídeos e dos Actinídeos, perfazendo um total de 138 (cento e trinta e oito tampinhas).

Fazem parte do jogo, também, dezenove cartões-pistas, contendo cada um, de quatro a sete pistas sobre um determinado elemento ou grupos de elementos, além de uma tabela periódica impressa.

Sua confecção, montagem; encontra-se pormenorizadamente descrita no encarte correspondente ao mesmo, presente à esta dissertação. O material, após o seu registro na

plataforma Sucupira como produção técnica; será disponibilizado no site do Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS, link ‘PRODUTOS EDUCACIONAIS’.

Fica aqui registrado que a criação e confecção do jogo em questão, na totalidade de seu passo-a-passo (evidenciado no encarte referente a este produto educacional), é um produto autoral, ou seja, de autoria plena da autora em questão, pertencendo a ela, portanto, os direitos autorais acerca dos mesmos.

3.3.1 Objetivos a serem alcançados com a aplicação do jogo

Ser usado para a promoção de uma atividade lúdica, abordando a origem cósmica dos elementos químicos, com a intenção de evidenciar o ponto de interdisciplinaridade entre o conteúdo - Tabela Periódica, contido no programa da Disciplina Química do primeiro ano do Ensino Médio, e a Astronomia.

3.3.2 Materiais a serem utilizados na confecção do jogo

- 136 Gargalos e tampas de garrafas (de refrigerantes) pet. Portanto 136 garrafas pets de uma mesma marca (para cada jogo), pois as tampas e o anel da base dos gargalos têm de ser da mesma cor.
- Uma caixa de papelão em que duas das laterais tenham, no mínimo, as dimensões de 45 centímetro de largura por 75 centímetro de comprimento; tesoura, cola instantânea, estilete, serra;
- Três pinças (fio de cabelo) condor 407-0 e um pincel condor chato n. 2;
- Tinta PVA – fosca para artesanato (preta, laranja, amarela, rosa, verde musgo, verde folha, azul turquesa, marrom, vermelho fogo e branca e verniz acrílico brilhante);
- 38 centímetros de corda (para a alça), 10 folhas de E.V.A. com glitter, de 40 por 48 cm;
- Um conjunto de 11 pacotinhos de fita de cetim, face simples, com 7 mm de largura (11 cores diferenciais, entre elas, a cor preta),
- Papel para confecção de convites de casamento e/ou aniversário para a confecção dos cartões pistas; impressora.

3.3.3 As regras do jogo

Os alunos da turma são distribuídos em cinco equipes, contendo, cada uma, de seis a oito componentes (a depender do número de alunos presentes).

Cada equipe receberá um conjunto de peças para a montagem da Tabela Periódica do Universo, consistindo, como descrito alhures de uma maleta-tabela que na sua estrutura conta com um arcabouço da tabela periódica; 138 tampinhas representando os elementos químicos, a indicação das famílias e as lacunas que representam as séries dos lantanídeos e a dos actinídeos; bem como uma tabela periódica impressa.

Os dezenove cartões-pistas que acompanham o jogo ficam na posse do professor. A leitura desses cartões-pistas não obedecerá, necessariamente, a ordem numérica deles. O professor lerá as pistas contido em cada um dos cartões acerca do elemento químico (ou conjunto de elementos). Cada cartão conterà de uma a sete pistas.

O professor lerá, gradativamente, as pistas e as equipes terão dois minutos para preencher o arcabouço com o elemento (ou grupo de elementos) correspondente.

A (s) equipe (s) que conseguir identificar o elemento (ou grupo de elementos) com a leitura das três primeiras pistas poderão gritar em coro **“Universo”**; com isso o professor não lerá as outras duas pistas e as equipes que não conseguiram descobrir de qual elemento (ou grupo de elementos) se trata, terão o tempo, do restante do decorrer do jogo, para desvendar qual é o elemento (ou grupo de elementos) e enroscá-lo, em seu devido lugar (família e período), no arcabouço.

Se ao ser lido todas (que são de quatro a sete, a depender do cartão) as pistas referentes a cada elemento ou grupo de elementos alguma equipe não conseguir descobrir de qual elemento ou grupo de elemento se trata e, conseqüentemente, não conseguir encaixar (enroscar) o elemento ou grupo de elementos no arcabouço, essa equipe terá que imediatamente dizer em alto e em couro **“Sugados por um buraco negro”**.

A equipe que tiver sido sugada por um buraco negro ou mesmo que encaixou de maneira equivocada alguma peça, poderá preencher o arcabouço com a peça que fez ela ser sugada por um “buraco negro” ou corrigir a peça que colocou errada, no arcabouço, substituindo-a pela correta. Mas isso, antes do findar do jogo, ou seja, antes de alguma equipe dizer em coro **“Tabela Periódica do Universo”** (deixa para indicar que finalizaram a montagem).

O jogo finaliza quando completar o ciclo da leitura dos dezenove cartões-pistas. Neste momento as equipes entregarão a montagem da tabela periódica. A equipe ganhadora será aquela que apresentar a Tabela totalmente preenchida corretamente (e que primeiro dizer a

deixa: “**Tabela Periódica do Universo**”). Acaso nenhuma das equipes conseguir preencher (de maneira correta) completamente a tabela, vence a equipe que conseguir realizar o maior número de preenchimento, neste caso, acima de cem.

O prêmio principal, pelo engajamento das equipes neste jogo, será o ganho de conhecimento multidisciplinar acerca dos conteúdos abordados no jogo, envolvendo as disciplinas: Química e Biologia e temas correlacionados à Astronomia. Mas ao final, como mimo, na primeira rodada do jogo – na turma, a equipe vencedora receberá um caixa de chocolate para ser dividida entre seus componentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo geral da presente pesquisa consistiu em viabilizar, no contexto do processo de ensino e aprendizagem da educação básica – Ensino Médio, a aplicação de temas transversais, atinentes à ciência astronômica, que guardassem correlações com alguns conteúdos ministrados nas aulas de Biologia e Química.

Como pontuado, por conta da pandemia causada pela Covid-19, as aulas da Educação Básica, na Rede Pública de Ensino da Bahia, ficaram suspensas por exatos doze meses e, seu retorno, em 15 de março de 2021, se deu na modalidade remota estando a ocorrer por meio de um processo custoso de adaptação dos professores, no sentido da busca diária – para além dos horários de aula propriamente ditos – de conhecimentos tecnológicos que os habilitassem ganhar confiança e autossuficiência no ministrar de suas aulas nesta modalidade.

Em consequência, a execução das atividades pretendidas (estruturadas em uma sequência didática) ficou totalmente comprometida.

Assim, frente a situação inusitada gerada pela pandemia da Covid-19, não foi possível a aplicação de nenhuma das etapas da sequência didática elaborada, na vigência do Mestrado Profissional em Astronomia da UEFS concernente à sétima turma.

Contudo, em momento oportuno, no ano letivo de 2022, certamente serão aplicadas todas as etapas da sequência didática proposta; pois estas, só poderão ser desenvolvidas na modalidade presencial sem a submissão ao protocolo de segurança (distanciamento físico entre professor e alunos e entre os alunos entre si) uma vez que carecem, para acontecerem, do contato interpessoal (maior proximidade) dos alunos entre si e destes com o professor.

Neste sentido, esperamos conseguir alçar o aluno, participante desse processo, a um maior grau de desenvolvimento, aprofundamento e consolidação de sua capacidade de aprendizagem, por meio da aquisição de conhecimentos e habilidades, alicerçadas em conceitos advindos das disciplinas Biologia e Química, erigidas em uma estreita e primordial relação com a Astronomia.

Acreditamos, portanto, que a ampliação de apreensão de saberes e, conseqüentemente, da capacidade de difusão de conhecimentos científico-tecnológicos obtidos, por meio da conexão evidenciada entre os temas astronômicos aqui abordados em estreita relação com as disciplinas de Biologia e Química do Ensino Médio, represente um dos caminhos para a estruturação do aluno enquanto cidadão.

Perseguindo esse fim, focamos na possibilidade de uma abordagem alternativa, de alguns conteúdos ministrados nas indigitadas disciplinas, que não se abstraía das atuais ideias e noções tecnológicas relativas à divulgação científica; conduzindo, o alunato, para tanto, a se enveredar no estudo da formação e evolução de nosso sistema planetário, das condições que propiciaram o surgimento da vida na Terra e a relação que a vida guarda com o Cosmo no que se refere à origem e formação dos elementos e, conseqüentemente, das substâncias que compõem a bioquímica dos organismos terrestres.

Acreditamos, assim, dentro desse quadro de construção gradativa continuamente intermediada pelo professor, que ao final do processo o alunato esteja apto a: compreender, de modo geral, como o sistema solar se formou e evoluiu, evidenciando, neste contexto, as principais teorias que levaram nosso planeta a adquirir a relativa estabilidade e posição que hoje ostenta e, que o possibilitou incorporar o conjunto de características que propiciaram o surgimento, florescimento e manutenção da vida; explanar - no que concerne às aulas de Química - no conteúdo "Tabela Periódica", como e onde os elementos químicos e as primeiras substâncias foram formados e qual a participação do Cosmo nisso; identificar as principais características físico-químicas que possibilitaram o planeta Terra ser o único do Sistema Solar, até agora provado, em que a vida surgiu e floresceu - em paralelo, nas aulas de Biologia e Química, com a determinação das características biológicas dos seres vivos, dos elementos químicos e das substâncias essenciais que propiciaram a origem e a manutenção da vida como a conhecemos.

5 CONCLUSÃO

A adoção de uma nova roupagem das abordagens de alguns conteúdos inerentes às disciplinas Biologia e Química do Ensino Médio, em associação com temas concernentes à Astronomia, se traduz em algo plenamente realizável, possibilitando, por conseguinte, ao público alvo, a apreensão ativa de um conhecimento de maior amplitude, posto que calcado na interdisciplinaridade entre três áreas do conhecimento, intrinsecamente ligadas, quais sejam, Astronomia, Química e Biologia; até porque, numa exegese sistêmica; substâncias químicas, Terra e vida constituem frações de um todo chamado Universo; tendo sido estas geradas durante o processo evolutivo do Cosmo.

Assim, o viés abordado no presente trabalho constitui em um meio, entre outros existentes; senão de sanar, ao menos minimizar o problema do déficit de aprendizagem brasileiro, instando nossos jovens a um processo envolvente de busca por conhecimento que redundará, certamente, em maior proficiência dos mesmos em Ciências e, conseqüentemente, sob a ação de um efeito dominó, nas demais disciplinas e/ou áreas do conhecimento, componente da grade curricular do Ensino Médio; haja vista que, em conformidade com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, quanto mais o ser humano busca por conhecimento, aprendizado, mais essa busca se torna insaciável, projetando o mesmo em uma procura constante por saberes.

E nesta oportunidade, deixo aqui registrado que a minha perspectiva, após a conclusão do presente mestrado é a de, primeiramente, aplicar plenamente todas as etapas programadas na sequência didática elaborada, visto que, como dito alhures, a realidade que hoje vivemos (pandemia da Covid-19) ceifou, sobremaneira, o caráter interpessoal da relação professor-aluno imprescindível para a desenvoltura, a contento, das oito etapas da sequência didática proposta.

Pretendo também continuar descobrindo outras correlações que a ciência dos astros possa estabelecer com outros conteúdos das disciplinas Química e Biologia e, assim, manter-me no reto caminho de levar a meus alunos conhecimentos inerentes às disciplinas que leciono, sempre que possível, permeando tais conteúdos com temas advindos da Astronomia.

E neste campo de projeções de atitudes e ações penso ainda em enveredar-me na escrita de um artigo com tema ainda a ser buscado e, talvez, me direcionar rumo a um doutorado.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, P. *et al.* From Filamentary Networks to Dense Cores in Molecular Clouds: Toward a New Paradigm for Star Formation. Protostars and Planets. **Astro-ph.GA**. arXiv:1312.6232v1, 2014. Disponível em: https://arxiv.org/pdf/1312.6232.pdf?utm_source=yandex.zen&utm_medium=article&utm_campaign=5f1aa51a34c8dd636d3efe4a&utm_content=%. Acesso em: 19 fev. 2021.
- ALFVÉN, H.; ARRHENIUS, G. Origin and evolution of the solar system, II. **Astrophysics and Space Science**, n. 9, p. 3-33. 1970. Disponível em: <http://adsabs.harvard.edu/pdf/1970Ap%26SS...9....3A>. Acesso em: 01 mar. 2021.
- ALFVÉN, H.; ARRHENIUS, G. Evolution of the Solar System. Washington, National Aeronautics and Space Administration; 1976.
- ALFVÉN, H.; ARRHENIUS, G. The Origin of the Solar System. **Astrophysics Data System**. P. 31-49. 1982.
- ARANY-PRADO L. I. À luz das estrelas. Jan. 2017.
- ASMR, V. C. Mini Sinuca de Papelão e E.V.A. **Youtube**. 26 de out. 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_CJpcpmwh_w. Acesso em: 18 de dez. 2019.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2ª edição, 1980.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em 26 dez. 2019.
- BRASIL. MEC – **BNCC** – A etapa do ensino médio. Brasília, MEC/SEB, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- BRASIL. MEC. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.
- BRASIL. MEC – **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**, MEC/SEB, 2013. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 20 jun. 2021.
- BRASIL. MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, MEC/SEF, 1997. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, 1998.

BRASIL. MEC. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao Estudo das Situações Didáticas: Conteúdos e Métodos de Ensino**. São Paulo: Ática, 2008.

COSTA, R. D. Astrofísica e a Origem dos Elementos Químicos | Professor da USP Explica #13. **Youtube**. 16 mar. 2018. 11min23s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Llx6miI18>. Acesso em 20 julho 2021.

DEUSTUA, S.; NOEL-STORR, J.; FOSTER, T. *Support of Astronomy Education Research: La Pensée Sauvage*, 2010.

DOLZ, J; *et al*, **Sequências didáticas para o oral e a escrita**. In: SCHNEUWLY, Bernard; DOLZ, Joaquim e colaboradores. *Gêneros orais e escritos na escola*. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2004, p.95-128.

EHRENFREUND, P.; CAMI, J. Astrochemistry the relationship of the cosmos to life. Jun. 2010. Disponível em: <https://cshperspectives.cshlp.org/content/2/12/a002097.full.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021

FUCHS, R. Fizemos uma Mini Mesa de Sinuca (com papelão e E.V.A.). **Youtube**. 2 abr. 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=e_DanMEfRgM. Acesso em: 18 de jun. 2020.

KAUFFMAN S. A. Approaches to the origin of life on earth. **Life**, v. 1, p. 34-38, 2011.

KUMAR, D.; STEELE, E. J.; WICKRAMASINGHE, N. C. Preface: The origin of life and astrobiology. **Advances in Genetics**, v. 106, p. xv, 2020.

LANGHI, R. Ideias do Senso Comum em Astronomia, Bauru, nov. 2004. **Observatórios Virtuais**. Disponível em: <http://telescopiosnaescola.pro.br/langhi.pdf>. Acesso em 12 jan. 2021.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 4, p.4402-11, 2010.

LEITE, C.; HOSOUME Y. Os Professores de Ciências e suas Formas de Pensar a Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n.4, p.47-68, 2007. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/99/79>. Acesso em: 28 fev. 2021.

LUSA, L. A Origem dos Elementos Químicos - Profissão Químico. **Youtube**. 25 nov. 2020. 07mim30s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Oe70vSExSpg>. Acesso em 15 de maio 2021.

MASINI E. F. S. Aprendizagem Significativa na Escola. *Meaningful Learning Review*, v.6, p. 70-78, 2016.

MORAES R. M. A teoria da aprendizagem significativa-tas. **Construir Notícias**, v. 34, ano 6, maio/junho 2007. Disponível em: <https://www.construirnoticias.com.br/a-teoria-da-aprendizagem-significativa-tas/>. Acesso em: 26 fev. 2021.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel**. Cap. 10, p. 151-165. In: *Teorias da Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: Um conceito subjacente. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2021.

MOREIRA, M. A. **Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**. Maragogi, AL, Brasil, 8 a 12 de setembro de 2003.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. A. F. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/oq ueefinal.pdf>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo. Editora EPU, 1999. Disponível em: <http://leticiafrancomartins.pbworks.com/w/file/97972008/Cap%209%20Moreira.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2021.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

NUNES, J. M. V.; NUNES, R.S. Modelos Constitutivos de Sequências Didáticas: enfoque na teoria das situações didáticas. **ResearchGate**. Jan. 2019, Vol. 9, N° 1, p. 148 – 174.

PEDROSA, L.A. **DO BIG-BANG AO URÂNIO**: As Nucleossínteses Primordial, Estelar e Explosiva – Uma abordagem para o Ensino Médio. 2013. Tese (Mestrado Profissional) – Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – área: Física. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: h Acesso em: 15 jan. 2021.

PEIXOTO, D. E.; KLEINKE, M. U. Expectativas de estudantes sobre a astronomia no Ensino Médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n. 22, p. 21-34. São Paulo. 2016.

PELLIZZARI A. *et al.* **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel**. PEC, Curitiba, v. 2, n.1, p.37-42, jul. 2001/2002.

SANTOS, C.M.D.; ALABI, L.P. Todo biólogo é um pouco astrobiólogo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 312, p. 56-57, 2013.

SANTOS, G.T.R. Estrelas: Do fascínio à Ciência, da Ciência à educação. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Brasília. Instituto de Química. 2015. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/12661/1/2015_GiselleThaisRodriguesDosSantos.pdf. Acesso em: 30 mar. 2021.

SHU, F. H.; ADAMS, F. C.; LIZANO, S. Star formation in molecular clouds - Observation and theory. **IN: Annual review of astronomy and astrophysics**. v.25, p. 23-81, 1987. Disponível em: <http://adsabs.harvard.edu/full/1987ARA&A..25...23S>. Acesso em: 18 fev. 2021.

SOUZA, K. R., KERBAUY, M. T. M. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, v. 31, n. 61, p. 21-44. Uberlândia, jan./abr. 2017.

TIRARD, S. J.B.S. Haldane and the origin of life. **Journal of genetics**, v. 96, n. 5, p. 735-739, 2017. Disponível em: <https://www.ias.ac.in/article/fulltext/jgen/096/05/0735-0739>. Acesso em: 15 jan. 2021.

VAIANO, B. A fantástica fábrica de elementos pesados. **SuperInteressante**. 24 jul. 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/a-fantastica-fabrica-de-elementos-pesados/>. Acesso em: 29 dez. 2019.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar e aprender. Porto Alegre: Artmed, 1998.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

_____. A formação do Sistema Solar. **Youtube**. 07 jul. 2019. 19min19s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9nQHTGtZev8>. Acesso em 30 de abr. 2021.

ALMEIDA, A. A. “**Planetas e sistemas planetários**”. Universidade de São Paulo - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Departamento de Astronomia. Disponível em: http://www.astro.iag.usp.br/~amaury/apostila_final2015.pdf. Apostila da disciplina AGA0502. Acesso em: 06 abr. 2021.

ASMR, V. C. Mini Sinuca de Papelão e E.V.A. **Youtube**. 26 de out. 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_CJpcpmwh_w. Acesso em: 18 de dez. 2019.

A Origem dos Elementos Químicos - Profissão Químico. **Youtube**. 25 nov. 2020. 07min30s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Oe70vSExSpg>. Acesso em 15 de maio 2021.

ALFVÉN, H.; ARRHENIUS, G. Evolution of the Solar System. Washington, National Aeronautics and Space Administration; 1976.

ALFVÉN, H.; ARRHENIUS, G. Origin and evolution of the solar system, II. **Astrophysics and Space Science**, n. 9, p. 3-33. 1970. Disponível em: <http://adsabs.harvard.edu/pdf/1970Ap%26SS...9....3A>. Acesso em: 01 mar. 2021.

ALFVÉN, H.; ARRHENIUS, G. The Origin of the Solar System. **Astrophysics Data System**. P. 31-49. 1982.

ALIBERT Y., MORDASINI C., BENZ AND W. WINISDOERFFER C. Models of giant planet formation with migration and disc evolution. **Astronomy & Astrophysics**. v. 434, n.1, apr. 2005.

ANDRÉ, P. *et al.* From Filamentary Networks to Dense Cores in Molecular Clouds: Toward a New Paradigm for Star Formation. Protostars and Planets. **Astro-ph.GA**. arXiv:1312.6232v1, 2014. Disponível em: https://arxiv.org/pdf/1312.6232.pdf?utm_source=yandex.zen&utm_medium=article&utm_campaign=5f1aa51a34c8dd636d3efe4a&utm_content=%. Acesso em: 19 fev. 2021.

ARANY-PRADO L. I. À luz das estrelas. Jan. 2017.

ARMITAGE P. J. Dynamics of Protoplanetary Disks. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, v. 49, p. 195-236, sept. 2011.

Astrofísica e a Origem dos Elementos Químicos | Professor da USP Explica #13. **Youtube**. 16 mar. 2018. 11min23s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Llxd6miI18>. Acesso em 20 julho 2021.

Astrolab - Será que existe vida fora da Terra? **Youtube**. 01 mar. 2018. 5min33s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dtk-KLj8Drs>. Acesso em: 20 julho 2021.

- ASTRONOMIA E UNIVERSO. **Planeta Vênus**. 08 mar. 2010. Disponível em: <https://astro-nomy-universo.blogspot.com/2010/03/planeta-venus.html>. Acesso em 05 de maio 2021.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2^a edição, 1980.
- BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- BASHARAT, S. Mars Rover Perseverance and The Search for Life. **The Review of Religions**. Março 2021. Disponível em: <https://www.reviewofreligions.org/29853/mars-rover-perseverance-and-the-search-for-life/>. Acesso em: 02 abr. 2021.
- BATYGIN, K.; LAUGHLIN G. Jupiter's decisive role in the inner Solar System's early evolution. **PNAS**, Princeton, v. 112, n.14, 2015. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/pnas/112/14/4214.full.pdf?sid=5d569b>. Acesso em: 09 de jan. 2021.
- BENN, C. R. The Moon and the Origino of Life. **Springer**. 2001. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0112399.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.
- BEUERMANN, K. et al. Two planets orbiting the recently formed post-common envelope binary NN Serpentis. **Astronomy & Astrophysics**, v. 521, p. L60, 2010. Disponível em: <https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2010/13/aa15472-10.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.
- Big Bang. **Youtube**. 21 out. 2011. 3mim11s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CH24yfMrA94>. Acesso em 30 de abr. 2021.
- BOTTKE, W. F.; NORMAN, M. D. The late heavy bombardment. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 45, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3gGIPSN>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- CAMERON, A. G. W. The Origin of the Moon and the Single Impact Hypothesis V. **Icarus**. V. 126, p.126-137, 1997.
- CAMPINS, H. *et al.* Water ice and organics on the surface of the Asteroid 24 Themis. **Nature**. v. 464, p.1320-13021, 29 April 2010.
- CANUP, R. M. Forming a Moon with an Earth-like composition via a giant impact. **Science**. 23 nov. 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6476314/>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- CANUP, R. M., ASPHAUG, E. Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation. **Nature**, v. 412, n. 6848, p. 708-712, 2001.

CAVALCANTE, D. Saiba mais sobre os planetas do Sistema Solar com estas curiosidades. 01 fev. 2021. Disponível em: <https://canaltech.com.br/espaco/curiosidades-planetes-sistema-solar-178253/>. Acesso em: 27 de mar. 2021.

CLELAND C. E.; COPLEY S. D. The possibility of alternative microbial life on Earth, *International Journal of Astrobiology*, v. 4, p. 165-173, jan. 2006.

DAVIS T. M.; LINEWEAVER C. H. Does the Rapid Appearance of Life on Earth Suggest that Life Is Common in the Universe? *Mary Ann Liebert, Inc. Publisbess*, v.2, n. 3, p. 293-304, July 2004.

DEUSTUA, S.; NOEL-STORR, J.; FOSTER, T. Support of Astronomy Education Research: *La Pensée Sauvage*, 2010.

DODSON-BOBISON, *et al.* Ice lines, planetesimal composition and solid surface density in the solar nebula. *Icarus*. Dec. 2008, Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/0806.3788.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2021.

DRAZKOWSHA, J.; ALIBERT, Y. Planetesimal formation starts at the snow line. ***Astronomy & Astrophysics***, 608:A92, 2017.

DUARTE, P.A. Dados sobre o planeta Terra. **UFSC Planetário**. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://planetario.ufsc.br/dados-sobre-o-planeta/>. Acesso em 20 jan. 2021.

DUARTE, R. & LIMA, I. Astrobiologia: o estudo da origem e evolução da vida dentro e fora do planeta Terra. *MacroCosmo.com*, São Paulo, v. 13, p. 11-30, 2004.

DULLEMOND C. P.; MONNIER J. D. The Inner Regions of Protoplanetary Disks. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, v. 48, p. 205-239, Aug. 2010.

DUNÉR, D. Introduction: The History and Philosophy of Astrobiology. *Astrobiology*, Houston, v. 12, n. 10, p. 901 – 905, 2012.

FILHO, K. S.O; SARAIVA, M. F. O. **O Sistema Solar. Astronomia e Astrofísica**. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/planetes/planetes.htm>. Acesso em: 20 jan. 2021.

FORMAÇÃO de vida na Terra foi marcada por intenso bombardeio de asteroides. Veja. 25 abr. 2012. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/formacao-de-vida-na-terra-foi-marcada-por-intenso-bombardeio-de-asteroides/>. Acesso em: 20 fev. 2021.

FORMAÇÃO dos Elementos Químicos no Universo. Quimlab. Disponível em: <https://www.quimlab.com.br/guiadoselementos/index.htm>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FUCHS, R. Fizemos uma Mini Mesa de Sinuca (com papelão e E.V.A.). **Youtube**. 2 abr. 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=e_DanMEfRgM. Acesso em: 18 de jun. 2020.

GERMANO, C. A importância da Ciência: uma conversa com André Jorge da Revista Galileu. **Socientífica**. Disponível em: <https://socientifica.com.br/2017/11/11/importancia-da-ciencia-uma-conversa-com-andre-jorge-da-revista-galileu/> Acesso em: 03 abr. 2021.

GOMES, R. *et al.* Origin of the cataclysmic Late Heavy Bombardment period of the terrestrial planets. **Nature**, v. 435, n. 7041, p. 466-469, 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/52744366.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.

HALEVY, I.; FISCHER, W. W.; EILER, J. M. Carbonates in the Martian meteorite Allan Hills 84001 formed at 18 ± 4 C in a near-surface aqueous environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 41, p. 16895-16899, 2011. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/108/41/16895>. Acesso em: 7 fev. 2021.

HALLIDAY, A. N. A young Moon-forming giant impact at 70–110 million years accompanied by late-stage mixing, core formation and degassing of the Earth. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 366, n. 1883, p. 4163-4181, 2008.

HAMILTON, C. J. O Sistema Solar. Departamento de Astronomia do IF-UFRGS. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/solar/solarsys.htm>. Acesso em 23/04/2019.

HARTMANN, W. K. The giant impact hypothesis: past, present (and future?). **Philosophical Transactions of the Royal Society A**. v. 372, n. 2024, 2014. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsta.2013.0249>. Acesso em: 07 mar. 2021.

HOYLE, F.; WICKRAMASINGHE, N. C. Comets—a vehicle for panspermia. In: **Astronomical Origins of Life**. Springer, Dordrecht, 2000. p. 333-341.

HOYLE, F.; WICKRAMASINGHE, N. C. The case for life as a cosmic phenomenon. **Nature**, v. 322, n. 6079, p. 509-511, 1986.

HRUSKA, J. **NASA Study: Moon Is Made of Material From Earth, Not Theia**. extreme-tech.com. 5 fev. 2019. Disponível em: <https://www.extremetech.com/extreme/285173-new-nasa-study-suggests-moon-is-made-of-material-from-earth-not-theia>. Acesso em: 28 fev. 2021.

IACHEL, G. **O conhecimento prévio de alunos do ensino médio sobre as estrelas**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, n. 12, p. 7-29, 2011.

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA. **Wikipédia**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_Desenvolvimento_da_Educa%C3%A7%C3%A3o_B%C3%A1sica. Acesso em 27 dez. 2019.

IOPPOLO, Sergio *et al.* Water formation at low temperatures by surface O₂ hydrogenation I: characterization of ice penetration. **Physical chemistry chemical physics**, v. 12, n. 38, p. 12065-12076, 2010.

IZIDORO, A. *et al.* A compound model for the origin of Earth's water. **The Astronomical Journal**, 10 apr. 2013. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/767/1/54/pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

IZIDORO, A.; *et al.* Terrestrial planet formation in a protoplanetary disk with a local mass depletion: a successful scenario for the formation of Mars. **The Astrophysical Journal**. v. 783: 31. 10 fev. 2014.

IZIDORO, A.; RAYMOND S. N. Formation of Terrestrial Planets. **astro-ph.EP**, v.1, Mar 2018. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1803.08830.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

JACOBSON, S, A.; MORBIDELLI, A. Lunar and terrestrial planet formation in the Grand Tack scenario. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 372, n. 2024, p. 20130174, 2014. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsta.2013.0174>. Acesso em: 07 jan. 2021.

JACOBSON, S. A. et al. Highly siderophile elements in Earth's mantle as a clock for the Moon-forming impact. **Nature**, v. 508, n. 7494, p. 84-87, 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1504.01421.pdf>. Acesso em 06 mar. 2021.

JACOBSON, S. A.; MORBIDELLI, A. Lunar and terrestrial planet formation in the Grand Tack scenario. **The Royal Society**. Sept. 2014. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsta.2013.0174>. Acesso em: 09 jan. 2021.

JOYCE G. F. RNA evolution and the origins of life. **Nature**, v. 338, p.217-224, mar. 1989.

Júpiter: Duas vezes mais massivo que os outros planetas combinados. **NASA** (National Aeronautics and Space). Disponível em: https://solarsystem.nasa.gov/planets/jupiter/overview/#ten_things_to_know_about_jupiter_otp. Acesso em: 25 jan. 2021.

KAIB, N. A.; COWAN, N. B. The feeding zones of terrestrial planets and insights into Moon formation. **Icarus**, v. 252, p. 161-174, 2015. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1501.03816.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2021.

KAUFFMAN S. A. Approaches to the origin of life on earth. *Life*, v. 1, p. 34-38, 2011.

KOKUBO, E.; SHIGERU, I. Formação de protoplanetas de planetesimais na nebulosa solar. **Ícaro**, v. 143, n. 1, p. 15-27, jan. 2000.

KUMAR, D.; STEELE, E. J.; WICKRAMASINGHE, N. C. Preface: The origin of life and astrobiology. **Advances in Genetics**, v. 106, p. xv, 2020.

KVENVOLDEN, K. *et al.* Evidence for extraterrestrial amino-acids and hydrocarbons in the Murchison meteorite. **Nature**, v. 228, n. 5275, p. 923-926, 1970.

LAGRANGE-HENRI, A. M.; VIDAL-MADJAR, A.; FERLET, R. The Beta Pictoris circumstellar disk. VI-Evidence for material falling on to the star. **Astronomy and Astrophysics**, v. 190, p. 275-282, 1988. Disponível em: <http://adsabs.harvard.edu/pdf/1988A&A...190..275L>. Acesso em: 25 fev. 2021.

LAL, A. K. Origin of life. **Astrophysics and Space Science**, v. 317, n. 3, p. 267-278, 2008. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0907/0907.3552.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021.

LAMBRECHTS, M.; JOHASEM, A. Forming the cores of giant planets from the radial pebble flux in protoplanetary discs. **Astronomy & Astrophysics**, 572:A107, 2014. Disponível em: <https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2014/12/aa24343-14.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2021.

LANGHI, R. Ideias do Senso Comum em Astronomia, Bauru, nov. 2004. **Observatórios Virtuais**. Disponível em: <http://telescopiosnaescola.pro.br/langhi.pdf>. Acesso em 12 jan. 2021.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 4, p.4402-11, 2010.

LEITE, C.; HOSOUME Y. Os Professores de Ciências e suas Formas de Pensar a Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n.4, p.47-68, 2007. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/99/79>. Acesso em: 28 fev. 2021.

LEMMON, M. T. *et al.* Atmospheric imaging results from the Mars exploration rovers: Spirit and Opportunity. **Science**, v. 306, n. 5702, p. 1753-1756, 2004.

LISSAUER, J. J. Planet formation. **Annual review of astronomy and astrophysics**, v. 31, p. 129–174, 1993.

LOWE, D. R.; BYERLY, G. R. The terrestrial record of late heavy bombardment. **New Astronomy Reviews**, v. 81, p. 39-61, 2018.

LUSA, L. A Origem dos Elementos Químico Profissão Químico. **Youtube**, 25 de nov. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Oe70vSExSpg>. Acesso em: 17 de jan. 2021.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2011. p. 15-42.

MART, B. The origins and concentrations of water, carbon, nitrogen and noble gases on Earth. Vandoeuvre-lès-Nancy, out. 2011. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1405/1405.6336.pdf>. Acesso em 07 jan. 2021.

MASINI E. F. S. Aprendizagem Significativa na Escola. **Meaningful Learning Review**, v.6, p. 70-78, 2016.

MEIER, M. M. M; REUFER, A.; WIELER, R. On the origin and composition of Theia: Constraints from new models of the Giant Impact. **Icarus**, v. 242, p. 316-328, 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1410/1410.3819.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2021.

MENDONÇA, C. Planetas do Sistema Solar. **Educa+Brasil**. 23 abr. 2019. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/geografia/planetas-do-sistema-solar>. Acesso em: 25 mar. 2021.

Mini Sinuca de Papelão e E.V.A. **Youtube**. 26 out. 2019. 10min24s. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_CJpcpmwh_w. Acesso em: 19 jan. 2020.

MOON, P. Novo modelo para a formação de cinturão de asteroides é descrito. **Agência FAPESP**. 05 abr. 2017.

MORAES R. M. A teoria da aprendizagem significativa-tas. **Construir Notícias**, v. 34, ano 6, maio/junho 2007. Disponível em: <https://www.construirnoticias.com.br/a-teoria-da-aprendizagem-significativa-tas/>. Acesso em: 26 fev. 2021.

MORBIDELLI, A. *et al.* Dynamics of the giant planets of the Solar System in the gaseous protoplanetary disk and their relationship to the current orbital architecture. **The Astronomical Journal**, v. 134. P. 1790-1798, nov. 2007. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/521705/pdf>. Acesso em 05 fev. 2021.

MORBIDELLI, A. *et al.* The great dichotomy of the Solar System: Small terrestrial embryos and massive giant planet cores. **Icarus**. v. 258. P. 418-429. 2015b. jun. 2015. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1506.01666.pdf>. Acesso em: 05 maio, 2021.

MORBIDELLI, A. *et al.* Source regions and timescales for the delivery of water to the Earth. **Meteoritics & Planetary Science**, v.35, p. 1309-1320, 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/j.1945-5100.2000.tb01518.x>. Acesso em: 07 jan. 2021.

MORBIDELLI, A.; CRIDA, A. The dynamics of Jupiter and Saturn in the gaseous protoplanetary disk. **Icarus**. Nice, v. 191, p. 158-171, 2007. Disponível em: https://www.oca.eu/images/LAGRANGE/pages_perso/morby/papers/JupSat-disk.pdf. Acesso em: 05 de jan. 2021.

MORBIDELLI, A.; RAYMOND S. N. Challenges in planet formation. **Journal of Geophysical Research**. 2016. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2016JE005088>. Acesso em: 20 jan. 2021.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel**. Cap. 10, p. 151-165. In: Teorias da Aprendizagem. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Subversiva. Série Estudos – periódico do mestrado em educação da UCDB**. Campo Grande, n. 21, p. 15-32, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: Um conceito subjacente**. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2021.

MOREIRA, M. A. **Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**. Maragogi, AL, Brasil, 8 a 12 de setembro de 2003.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. A. F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em 29 mar. 2021.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Revista Chilena de Educação Científica, v. 4, n. 2, 2005.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/ouueafinal.pdf>. Acesso em: 20 de mar. 2020.

MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo. Editora EPU, 1999. Disponível em: <http://leticiafrancomartins.pbworks.com/w/file/etch/97972008/Cap%209%20Moreira.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2021.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

MORRIS, R. V. *et al.* Identification of carbonate-rich outcrops on Mars by the Spirit rover. **Science**, v. 329, n. 5990, p. 421-424, 2010.

NARDI, R; CARVALHO, A. M. P. **Um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre espaço, forma e força gravitacional do planeta Terra.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 1(2), p.132-144, 1996.

NASA'S fuse finds infant solar system awash in carbono. **NASA**, jul. 2006. Disponível em: <https://www.nasa.gov/vision/universe/starsgalaxies/betapic.html>. Acesso em: 26 fev. 2021.

O sistema solar – características gerais dos planetas. Sistema Solar. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/ssolar.htm>. Acesso em: 25 mar. 2021.

O'BRIEM, D. P. *et al.* The Delivery of Water Durang Terrestrial Planet Formation. **Space Science Reviews**. 10 feb. 2018. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1801.05456.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

O'BRIEN D. P. *et al.* Water delivery and giant impacts in the 'Grand Tack' scenario. **ScienceDirect**, v. 239, p. 74-84, sept. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019103514002620>. Acesso em 08 jan. 2021.

O'BRIEN D.P.; IZIDORO A.; JACOBSON, S. A. *et al.* The Delivery of Water During Terrestrial Planet Formation. **Springer Link**, v. 214, n. 47, feb. 2018.

OKAMOTO, Y. K. *et al.* An early extrasolar planetary system revealed by planetesimal belts in β Pictoris. **Nature**, v. 431, n. 7009, p. 660-663, 2004. Disponível em: <https://w.astro.berkeley.edu/~kalas/disksite/library/okamoto04a.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2021.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 4. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

PARRILLI, E., *et al.* Life in icy habitats: new insights supporting panspermia theory. **Rendiconti Lincei**, v. 22, n. 4, p. 375-383, 2011.

PEDROSA, L.A. **DO BIG-BANG AO URÂNIO: As Nucleossínteses Primordial, Estelar e Explosiva – Uma abordagem para o Ensino Médio.** 2013. Tese (Mestrado Profissional) – Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – área: Física. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em:

http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20140721092520.pdf. Acesso em: 15 jan. 2021.

PERRYMAN M. The solar system. **The Exoplanet Handbook**. p. 649-700, Aug. 2018.

PIERENS, A.; NELSON, R. P. On the formation and migration of giant planets in circum-binary discs. **Astronomy & Astrophysics**, 2008. Disponível em: <https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2008/20/aa09453-08.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2021.

PIRES, D. A formação da Lua. **Espaço do Conhecimento UFMG**. 2021.

POLON L. Lista com os planetas do Sistema Solar. **Estudo prático**. Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/lista-planetas-sistema-solar/>. Acesso em: 22 jan. 2021.

PORCO, C. C. *et al.* Cassini observes the active south pole of Enceladus. **science**, v. 311, n. 5766, p. 1393-1401, 2006.

QUARLES, B. L.; LISSAUER, J. J. Dynamical evolution of the Earth–Moon progenitors–Whence Theia? **Icarus**, v. 248, p. 318-339, 2015. <https://arxiv.org/pdf/1410.7444.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2021.

QUILLEN, A. C.; MORBIDELLI, A.; MOORE, A. Planetary embryos and planetesimals residing in thin debris discs. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 380, n. 4, p. 1642-1648, 2007. Disponível em: <https://academic.oup.com/mnras/article/380/4/1642/1062836>. Acesso em: 25 fev. 2021.

QUILLFELDT J. A. Astrobiologia: água e vida no sistema solar e além. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre – RS, v. 27, n. Especial, dez. 2010.

RAPPA, M. A Nasa chegou a Júpiter. Por que isso é importante? **Veja**, 2016. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/a-nasa-chegou-a-jupiter-por-que-isso-e-importante/>. Acesso em 09 de jan. 2021.

RAYMOND S. N. *et al.* Building the terrestrial planets: Constrained accretion in the inner Solar System. **Icarus**. 2009. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/0905.3750.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.

RAYMOND, S. N. *et al.* Making other Earths: Dynamical Simulations of Terrestrial Planet Formation and Water Delivery. **arXiv:astro**. v.1, 2003. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0308159.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.

RAYMOND, S. N. *et al.* Terrestrial Planet Formation at Home and Abroad. **Astro-ph.EP**. 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1312.1689.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

RAYMOND, S. N.; IZIDORO, A. The empty primordial asteroid belt. **Science Advances**. V. 3, n.9, 2017. Disponível em: https://advances.sciencemag.org/content/3/9/e1701138?TB_iframe=true&width=921.6&height=921.6. Acesso em 22 fev. 2021.

RAYMOND, S. N.; MORBIDELLI, A. The Grand Tack model: a critical review. **Cambridge Core**. 2015.

RAYMOND, Sean N.; IZIDORO, Andre. Origin of water in the inner Solar System: Planetesimals scattered inward during Jupiter and Saturn's rapid gas accretion. **Icarus**, v. 297, p. 134-148, 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1707.01234.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2021.

REUFER, A. *et al.* Why isn't Mars as big as Earth? **LPSC**. p. 1495-1946, 1991.

RODRIGUES, C.V. O Sistema Solar. In: Introdução a Astronomia e Astrofísica. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE**. Divisão de Astrofísica. São José dos Campos, SP, 2003.

ROMANZOTI, N. A maioria das estrelas tem planetas habitáveis. 18 mar. 2015. Disponível em: <https://hypescience.com/existem-planetas-na-zona-habitavel-da-maioria-das-estrelas/>. Acesso em 5 de maio 2021.

RYDER, G. Mass flux in the ancient Earth-Moon system and benign implications for the origin of life on Earth. **Journal of Geophysical Research: Planets**, v. 107, n. E4, p. 6-1-6-13, 2002.

SALYK, C. *et al.* H₂O and OH gas in the terrestrial planet-forming zones of protoplanetary disks. **The Astrophysical Journal Letters**, v. 676, n. 1, p. L49, 2008.

SANTOS, C.M.D. & ALABI, L.P. Todo biólogo é um pouco astrobiólogo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 312, p. 56-57, 2013.

SANTOS, G.T.R. Estrelas: Do fascínio à Ciência, da Ciência à educação. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Brasília. Instituto de Química. 2015. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/12661/1/2015_GiselleThaisRodriguesDosSantos.pdf. Acesso em: 30 mar. 2021.

SANTOS, M.F.A. Astronomia: Por que e para que aprendê-la. Caderno Pedagógico, Programa de Desenvolvimento Educacional. Secretaria da Educação do Estado do Paraná. União da Vitória, 2014. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pde/pde|busca/producoes_pde/2014/2014_unespar-uniaodavitoria_cien_pdp_marcia_fabiane_de_azevedo.pdf. Acesso em: 04 jan. 2021.

SANTOS, J. S. **Entrelaçando representações sociais e saberes científicos sobre meteoritos para uma aprendizagem significativa no ensino médio**. 2020. Tese (Mestrado Profissional em Astronomia) – Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2020. Disponível em: <http://www.mp-astro.uefs.br/>. Acesso em: 20 de jun. 2021.

SARAIVA, M.F.O et al. Sistema Solar: Propriedades físicas dos planetas. Notas de aula.

SELMO, D. **Formação planetária no sistema solar**. wordpress.com. 05 jan. 2010. Disponível em: <https://teacherdeniseselmo.wordpress.com/2010/04/05/formacao-planetaria-no-sistema-solar/>. Acesso em: 28 fev. 2021.

SHU, F. H.; ADAMS, F. C.; LIZANO, S. Star formation in molecular clouds - Observation and theory. **IN: Annual review of astronomy and astrophysics**. v.25, p. 23-81, 1987. Disponível em: <http://adsabs.harvard.edu/full/1987ARA&A..25...23S>. Acesso em: 18 fev. 2021.

Sistema Solar. Wikipédia – A enciclopédia livre. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Solar. Acesso em: 27 de mar. 2021.

Sistema Solar. **Youtube.** 18 fev. 2013. 06mim59s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aJhEMg934TU>. Acesso em 05 de maio 2021.

STASINSKA G. Por que as estrelas são importantes para nós? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Observatório de Paris – França, v. 27, n. Especial, marc. 2010.

STEELE, A. *et al.* Graphite in the martian meteorite Allan Hills 84001. **American Mineralogist**, v. 97, n. 7, p. 1256-1259, 2012.

THE STARS AND PLANETS. **Mercury.** 01 fev. 2016. Disponível em: <http://thestarsandplanets.com/ecosmos/news.php?list.3.0>. Acesso em 05 de maio 2021.

TIRARD, S. J.B.S. Haldane and the origin of life. **Journal of genetics**, v. 96, n. 5, p. 735-739, 2017. Disponível em: <https://www.ias.ac.in/article/fulltext/jgen/096/05/0735-0739>. Acesso em: 15 jan. 2021.

TORRES, K. S. Dinâmica de Formação Planetária no Estudo das origens da Água de Planetas Terrestres. 19 set. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Karla-De-ouza-Torres/publication/323525654_Dinamica_de_Formacao_Planetaria_no_Estudo_da_Agua_de_Planetas_Terrestres/links/5a99a00a0f7e9be37963f864/Dinamica-de-Formacao-Planetaria-no-Estudo-da-Agua-de-Planetas-Terrestres.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

TRANFIELD, E. Life without the Moon: a scientific speculation. Science in School – **The European journal for Science teachers.** 02 fev. 2013. Disponível em: <https://www.scienceinschool.org/2013/issue26/moon>. Acesso em: 04 abr. 2021.

TREIMAN, A. H. The history of Allan Hills 84001 revised: Multiple shock events. **Meteoritics & Planetary Science**, v. 33, n. 4, p. 753-764, 1998. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1945-5100.1998.tb01681.x>. Acesso em: 7 fev. 2021.

13 condições que permitem a vida na Terra. **National Geographic Portugal.** Disponível em: <https://nationalgeographic.pt/ciencia/actualidade/1759-13-condicoes-que-permitem-a-vida-na-terra>. Acesso em 17 mar. 2021.

VAIANO, B. A fantástica fábrica de elementos pesados. **SuperInteressante.** 24 jul. 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/a-fantastica-fabrica-de-elementos-pesados/>. Acesso em: 29 dez. 2019.

VAN DISHOECK, E F. *et al.* Water in star-forming regions with the Herschel Space Observatory (WISH). I. Overview of key program and first results. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 123, n. 900, p. 138, 2011. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1012.4570.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.

VAN DISHOECK, E F. *et al.* Water: From clouds to planets. **arXiv preprint arXiv:1401.8103**, 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1401.8103.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.

WALSH, K. J. et. al. Populating the asteroid belt from two parent source regions due to the migration of giant planets – “The Grand Tack”. **Meteoritics & Planetary Science**, v. 47, n. 12, p. 1941-1947, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1945-5100.2012.01418.x> .Acesso em: 18 de fev. 2021.

WIKIPÉDIA. **Calisto (satélite)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Calisto_\(sat%C3%A9lite\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Calisto_(sat%C3%A9lite)). Acesso em 07 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Encélado (satélite)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Enc%C3%A9lado_\(sat%C3%A9lite\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Enc%C3%A9lado_(sat%C3%A9lite)). Acesso em 08 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Europa (satélite)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Europa_\(sat%C3%A9lite\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Europa_(sat%C3%A9lite)). Acesso em 07 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Fobos**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Fobos_\(sat%C3%A9lite\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Fobos_(sat%C3%A9lite)). Acesso em 06 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Ganimesdes (satélite)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Gan%C3%ADmedes_\(sat%C3%A9lite\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Gan%C3%ADmedes_(sat%C3%A9lite)). Acesso em 07 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Júpiter (planeta)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/J%C3%BApiter_\(planeta\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/J%C3%BApiter_(planeta)). Acesso em 05 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Lua**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Lua>. Acesso em 06 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Marte (planeta)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_\(planeta\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Marte_(planeta)). Acesso em 05 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Netuno (planeta)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Netuno_\(planeta\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Netuno_(planeta)). Acesso em 06 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Saturno (planeta)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Saturno_\(planeta\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Saturno_(planeta)). Acesso em 05 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Terra (planeta)**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Terra>. Acesso em 05 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Titã (satélite)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Tit%C3%A3_\(sat%C3%A9lite\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tit%C3%A3_(sat%C3%A9lite)). Acesso em: 06 de maio 2021.

WIKIPÉDIA. **Urano (planeta)**. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Urano_\(planeta\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Urano_(planeta)). Acesso em 06 de maio 2021.

WILCOX, B.; NGUYEN, T. **Sojourner on mars and lessons learned for future planetary rovers**. SAE Technical Paper, 1998.

WILLIAMS J. P.; CIEZA L. A. Protoplanetary Disks and Their Evolution. **Annual Review of Astronomy and Astrophysics**, v. 49, p. 67-117, sept. 2011.

WILLIAMS, R. M. E. *et al.* Martian fluvial conglomerates at Gale crater. **science**, v. 340, n. 6136, p. 1068-1072, 2013.

- ZABOTI, A. Astrofísica geral. Tema 09: O Sol. Astrofísica para todos. Disponível em: <http://astrofisica.ufsc.br/material>. Acesso em 20 mar. 2021.
- ZOLNERKEVIC, I. Por que Marte não cresceu. Pesquisa FAPES. Jul. 2014. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/por-que-marte-nao-cresceu/>. Acesso em: 08 abr. 2021.
- ZUCKERMAN, B. *et al.* The β Pictoris moving group. **The Astrophysical Journal Letters**, v. 562, n. 1, p. L87, 2001. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/337968/pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- ZUCOLOTTO, M. E. Breve histórico dos meteoritos brasileiros. História da Astronomia no Brasil (2013). 1ed. Recife:2013, v. 1, p. 358-392.

APÊNDICE 1



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



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PARA O(A) ALUNO(A):

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

O título da Pesquisa é “**ESTAMOS SÓS NO UNIVERSO? O APORTE DE CONHECIMENTOS ASTRONÔMICOS NO ENSINO DE BIOLOGIA E QUÍMICA – ERIGINDO UMA APRENDIZAGEM INTERDISCIPLINAR**” e tem como objetivo produzir o trabalho de conclusão de curso da mestranda/pesquisadora **Mara Lúcia Rodrigues Silva**.

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

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

PARA OS PAIS OU RESPONSÁVEIS:

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

Eu, _____, responsável pelo(a) aluno(a) _____ nascido(a) em ____/____/____, autorizo a participação do(a) aluno(a) na pesquisa, e permito que **Mara Lúcia Rodrigues Silva**, responsável pela pesquisa, faça uso, gratuitamente, da imagem do(a) referido(a) aluno(a), em trabalhos acadêmicos e científicos, bem como autorizo o uso ético da publicação dos relatos provenientes deste trabalho. Declaro que recebi uma cópia do presente Termo de Consentimento. Por ser verdade, dato e assino em duas vias de igual teor.

_____ de _____ de 2021

Assinatura do responsável pelo(a) aluno(a)

Contatos: Orientadora Responsável: Vera Aparecida Fernandes Martin

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

Orientadora:

Prof. Dr^a. Vera Aparecida Fernandes Martin

Discente:

Prof^ª. Esp. Mara Lúcia Rodrigues Silva

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO DE AVERIGUAÇÃO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

1. O Sistema Solar é um conjunto de:

- a) Vários sois;
- b) Astros, sendo composto basicamente pelo Sol, por planetas, satélites e asteroides;
- c) Astros, sendo composto pelo planeta Sol e por bilhões de estrelas;
- d) Astros, sendo composto unicamente pelo Sol e pelos planetas;
- e) Galáxias que têm como centro o Sol.

2. O Sistema Solar:

- a) Se formou no momento da ocorrência do Big Bang; a grande explosão que gerou o Universo;
- b) Sempre existiu;
- c) Se formou há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, quando duas nuvens de gás e poeira cósmica se chocaram;
- d) Se formou a partir da explosão de vários planetas;
- e) Tem a Terra em seu centro.

3. Representados na Tabela Periódica, os elementos químicos naturais, de maneira geral, foram e são produzidos:

- a) No planeta Terra;
- b) Apenas nas estrelas;
- c) No núcleo de todos os planetas
- d) No momento inicial do Big Bang e depois, principalmente, nas estrelas.
- e) Apenas nos buracos negros.

4. O Sistema Solar possui estrela(s)? () Sim; () Não.

5. Em possuindo, quantas? () Uma; () Várias.

6. Informe o nome dela (se para você for apenas uma) ou o nome de pelo menos duas delas (se você considerar que exista mais de uma).

Nome da estrela (se para você for apenas uma): _____

Nome de duas (se para você for várias):

_____, _____

7. O Sistema Solar possui planetas? () Sim; () Não.

8. Em possuindo, quantos? () Cinco; () Oito; () Nove; () Dez.

9. De acordo com a quantidade de planetas componentes do Sistema Solar, que você considera existir, registre na tabela abaixo o nome de cada um deles.

1.	6.
2.	7.
3.	8.
4.	9.
5.	10.

10. Esquematize, por meio de um desenho, como você entende estar organizado o sistema solar identificando cada astro que esteja nele representado. Use lápis de cor.

11. Dos astros abaixo representados identifique aquele que é um satélite natural

- a) Terra
- b) Sol
- c) Lua
- d) Marte
- e) Júpiter

12. O que, basicamente, além de planetas, um sistema planetário tem que possuir para ser assim nominado?

13. Que nome específico recebe o astro deste tipo que faz parte de nosso sistema solar?

14. Sabemos que a Terra é um planeta que abriga vida. Nós somos um exemplo disso!

Existe vida em outros astros do Sistema Solar? () Sim; () Não.

15. O que é imprescindível existir (e em que forma física), na superfície de um planeta ou satélite, para que a vida, como a conhecemos, tenha a possibilidade de nele se desenvolver.

16. O que é zona habitável de uma estrela?

17. Você gosta de assuntos relacionado à astronomia? De ler, ouvir ou falar sobre o Universo e as partes que o compõem como por exemplo sobre as galáxias, estrelas, planetas, cometas, meteoritos e etc.? Reflita e registre o grau de interesse que você tem por esses assuntos:

- a) Sou fascinado;
- b) Gosto, mas nunca me dediquei a ler nada sobre esses assuntos.
- c) Não curto muito;
- d) Detesto;

18. Por quais meios os temas relacionados à astronomia chegam à sua esfera de conhecimento:

- a) Através das rodas de conversas entre amigos e/ou familiares;
- b) Através da escola;
- c) Através de filmes de ficção científica;
- d) Através de documentários acerca do Universo;
- e) Através de programas de TV;
- f) Por meio de noticiários (jornais);
- g) Por meio de palestras que abordem tais temas;
- h) Por meio de leituras de revistas;
- i) Por meio da Leitura de livros específicos
- j) Por meio de pesquisa a sites especializados no tema;
- k) Assistindo vídeos do Youtube que aborde tais temas.
- l) Nenhuma das opções, pois não tenho conhecimento algum sobre astronomia.

APÊNDICE 3

ASTRONOMIA – UMA ABORDAGEM TEÓRICA BÁSICA

A nível de complemento trazemos aqui uma abordagem teórica elementar sobre temas, de Astronomia, que guardem correlação com nossa defesa; no sentido de viabilizar, no contexto do processo de ensino e aprendizagem da educação básica – Ensino Médio, a aplicação de tais temas transversais que intrinsecamente se relacionem com os conteúdos ministrados nas aulas de Biologia e Química.

Nosso intuito é de promover uma transposição didática teórica de tais conteúdos trazendo a foco uma linha de posicionamento científico que expõe como se deu a formação dos sistemas planetários; a provável ligação entre a relativa estabilidade do planeta Terra e os planetas Júpiter e Saturno; a origem cosmológica de “nossa” água e a origem dos elementos químicos e de algumas substâncias; entre outros.

A origem da vida na Terra, em um dos subitens dessa abordagem complementar é tratada sob o ponto de vista de duas teorias comumente postas nos livros de Biologia do primeiro ano do Ensino Médio. Com a primeira delas, a Teoria de Oparin e Haldane, buscamos evidenciar a tese de que a mesma se constitui em uma exegese limitada da produção de moléculas orgânicas, vez que centrada exclusivamente no planeta Terra; ao mesmo tempo em que elegemos a segunda, a Teoria da Panspermia, como a mais condizente, entre as duas, para se explicar a origem das moléculas precursoras da vida e, conseqüentemente da própria vida.

Dessa forma, podemos possibilitar uma abordagem alternativa, de alguns conteúdos ministrados nas indigitadas disciplinas, que não se abstrai das atuais ideias e noções tecnológicas relativas à divulgação científica; conduzindo, o alunato, para tanto, a se enveredar no estudo da formação e evolução de nosso sistema planetário, das condições que propiciaram o surgimento da vida na Terra e a relação que a vida guarda com o Cosmo; no que se refere à origem e formação dos elementos e, conseqüentemente, das substâncias que compõem a bioquímica dos organismos terrestres (DUARTE; LIMA, 2004; EHRENFREUND.; CAMI, 2010) .

Como o carro chefe da pesquisa é a inserção de temas relacionados à Astronomia, nas aulas de Biologia e Química do 1º ano do Ensino Médio, que abordem a formação e evolução do nosso sistema planetário, as condições que propiciaram o surgimento da vida na Terra e da

relação que a vida guarda com o Cosmos, no que se concerne à origem e formação dos elementos químicos e substâncias que compõem a bioquímica dos organismos terrestres.

Esperamos, numa construção gradativa, ao final desse processo, que o alunato esteja apto a compreender, de modo geral, como o sistema solar se formou e evoluiu, evidenciando, neste contexto, as principais teorias que levaram nosso planeta a adquirir a relativa estabilidade e posição que hoje ostenta e que o possibilitou incorporar um conjunto de condições que viessem favorecer o surgimento, florescimento e manutenção da vida; explicar - no que concerne às aulas de Química – no conteúdo “Tabela Periódica”, como e onde os elementos químicos e as primeiras substâncias químicas foram formadas e qual a participação do Cosmos nisso; identificar as principais características físico-químicas que possibilitaram o planeta Terra ser o único do Sistema Solar, até agora se provado, em que a vida surgiu e floresceu; em paralelo, nas aulas de Biologia, com a identificação das características biológicas dos seres vivos e a dos elementos químicos e substâncias essenciais que propiciaram a origem e a manutenção da vida como a conhecemos. Neste sentido, discorreremos sobre vários conceitos relacionados ao Sistema Solar, um dos temas de interesse desse nosso trabalho de pesquisa.

3.1 A formação dos sistemas planetários

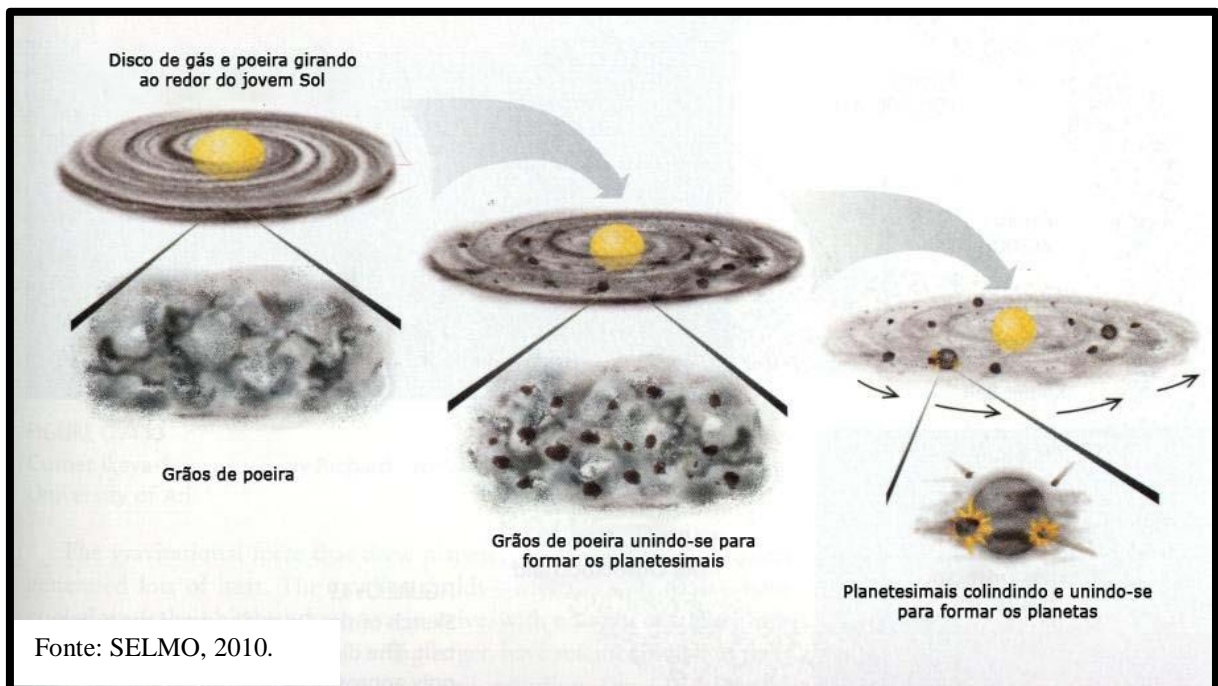
Estrelas e planetas surgem quando nuvens de gás e poeira entram em contato desencadeando toda uma gama de processos físicos e químicos que culmina na formação desses Astros (SHU, F. H.; ADAMS, F. C.; LIZANO 1987; ANDRÉ, P. *et al.* 2014; ALFVÉN; ARRHENIUS, 1970; ALFVÉN; ARRHENIUS,1976; ALFVÉN; ARRHENIUS,1982; ANDRÉ; *et al.*, 2014).

Estes “contatos” não são nada amigáveis, sendo, por vezes, propiciados por uma explosão (morte) de uma estrela moribunda. Parte da energia, proveniente da explosão, se propaga em direção à nuvem de gás e poeira esfacelando a estrutura, desta. Esta energia faz com que o complexo de matéria, que constitui essa nuvem de gás e poeira cósmica, comece a girar, formando um disco plano, de matéria, em rotação (IZIDORO; RAYMOND, 2018).

Uma porção dessa matéria, em rotação, flui para o centro do disco. O atrito, mais intenso entre as partículas, faz com que a temperatura, neste local se eleve, sobremaneira, gerando, assim, uma protoestrela – um objeto, ainda, destituído de luz, precursor da estrela mãe do futuro sistema planetário.

Simultaneamente, outras partículas de poeira do disco entram, continuamente, em contato formando grânulos de areia. Sob a ação da gravidade e da eletricidade estática os grânulos maiores atraem os menores formando pedras. A atração gravitacional continua e as pedras dão origem, então, a pedregulhos que, por sua vez, fazem surgir os planetesimais (LISSAUER 1993; DODSON-BOBISON, *et al.* 2008; DRAZKOWSHA, ALIBERT 2017; KOKUBO; SHIGERU, 2020).

Figura 1. Formação de sistemas planetários



A dinâmica de atração persiste, proporcionando a aderência de um corpo ao outro bem como a fragmentação de alguns outros. Simultaneamente, mais matéria continua a fluir para o centro do disco, isto é, para a protoestrela anteriormente formada. A energia que aí vai sendo concentrada faz com que a estrela se ilumine e, em consequência dessa manifestação de energia, inicie os ventos de radiação; estes empurram o restante de gás e poeira para fora (IZIDORO; RAYMOND, 2018).

Interessante observar que a dada distância do centro desta nebulosa planetária existe uma linha imaginária (teórica) nominada linha de gelo. Nestes locais as temperaturas são baixas, o suficiente, para que cristais sólidos, a partir de compostos de água, metano, amônia e carbono se formem. Na região além da linha do gelo se observa a aglutinação de fragmentos de rochas e gelo, formando protoplanetas. Os maiores, por possuir maior força gravitacional, crescem mais rapidamente (LISSAUER, 1993; DODSON-BOBISON, *et al.* 2008; WILLIANS;

CIEZA, 2011; ALMEIDA, 2015; ARMITAGE, 2011; DRAZKOWSHA, ALIBERT, 2017; _____, 2019;).

3.2 A vida na Terra reverencia Júpiter

Júpiter, o quinto dos oito planetas do Sistema Solar (HAMILTON, _____), em relação ao Sol, é um mundo gigante cuja massa corresponde a duas vezes e meia a massa do conjunto de todos os outros planetas que compõem o sistema solar. Sua massa é, aproximadamente, trezentas mil vezes maior que a da Terra e corresponde, com exceção do Sol, a setenta por cento da massa do conjunto dos outros corpos do Sistema Solar.

Ele é um gigante gasoso mergulhado em uma áurea de mistérios; um deles é o que lhe confere a tônica da organização estrutural planetária do sistema que o próprio faz parte. Júpiter emite, continuamente, radiações eletromagnéticas de alto poder deletério ao contexto da vida, além de possuir campos magnéticos igualmente perigosos.

A existência desse gigante gasoso mostra-se extremamente relevante quando pensamos na estrutura planetária do sistema solar. É imprescindível, para entendermos essa sua importância, que nos reportemos à formação do nosso sistema planetário, a fim de fazermos uma análise dessa formação a partir do nascimento dos planetas. Izidoro; Raymond (2018) asseveram que provavelmente Júpiter seja o principal arquiteto do Sistema Solar.

A NASA, utilizando-se de dados coletados pela sonda espacial Juno, começa a denudar os segredos escondidos por trás dessa gigantesca esfera gasosa, entre eles a sua preponderância existencial como elemento estabilizador, mesmo que de maneira relativa, dos planetas rochosos ou internos do Sistema Solar, a exemplo da Terra (RAPPA, 2016).

O que levou este planeta a atingir proporções de volume e massa tão portentosas? Qual a relação entre seu estupendo volume e o planeta Terra? Respostas a estes questionamentos começam a emergir da Astrofísica, ramo da Astronomia que se debruça, hoje, entre outros temas, às buscas, descobertas e pesquisas acerca de planetas extrassolares.

Os astrofísicos buscam desvendar a gênese de Júpiter utilizando-se do aporte de conhecimento acerca da formação, nascimento de outros “sistemas solares”. Um exemplo particular é o sistema planetário em que a estrela mãe é a Beta Pictoris (LAGRANGE-HENRI; et al, 1998), pertencente à Constelação de Pictor e localizada a 63,4 (sessenta e três vírgula quatro) anos-luz* do nosso planeta.

* Um ano-luz corresponde à distância que a luz percorre, no vácuo, durante um ano.

Os astrofísicos pesquisam, agora, sistemas planetários em formação para serem usados como parâmetro, controle do estudo das etapas iniciais da formação de um planeta. E no universo desse campo de pesquisa os holofotes convergem para o planeta Beta Pictoris B; um planeta que ganha evidência por ser relativamente grande e por encontrar-se distante, o suficiente, de sua estrela mãe o que favorece, demasiadamente, o seu registro (ZUCKERMAN, B. *et al.*, 2001; NASA, 2006; OKAMOTO; *et al.*, 2004; QUILLEN; MORBIDELLI; MOORE, 2007).

O Sistema Planetário, em constituição, Beta Pictoris, nos remete à origem do Sistema Solar, precisamente, um pouco mais à frente, há, aproximadamente, quatro bilhões e meio de anos, quando da formação do planeta Júpiter.

Neste marco temporal, da presente digressão astronômica, o agora planeta gigante, está a se desenvolver, por meio de acreções de planetesimais - objetos extremamente pequenos; bem como, conjuntamente, pela adição de nuvens de poeira, gás e gelo.

Esse contínuo processo de acreção, faz de Júpiter um poderoso corpo em termo de energia magnética e gravitacional (WALSH, *et al.*; 2012.) Hodiernamente é do conhecimento científico astronômico que Júpiter possui um campo magnético, aproximadamente, vinte mil vezes maior que o campo magnético da Terra (NASA, ____). Seu campo magnético é tão grande que sua ação ultrapassa os limites da órbita de Saturno.

Júpiter possui composição química bastante semelhante à do Sol. Seu estudo constitui a base para entendermos o nascimento do próprio sistema planetário que o constitui, sistema este que se formou há cerca de 4,6 bilhões de anos.

3.3 Júpiter – o provável “mentor” da relativa estabilidade da Terra

Um simples comparativo entre o terceiro e o quinto planeta do sistema solar, contados a partir do Sol, nos fazem inferir que Júpiter e a Terra são dois planetas radicalmente diferentes. Um é gasoso, o outro, rochoso; um encontra-se bem afastado do Sol, ao passo que o outro se encontra inserido na zona habitável (ROMANZOTI, 2015) do nosso astro Rei; contudo o que faz com que Júpiter confira estabilidade relativa à Terra a livrando de um demasiado número de intempéries cósmicas?

A era das descobertas, pesquisas de planetas extrassolares teve início no final do século vinte. Era crença dos astrofísicos, nesta época, que planetas gigantes, similares a Júpiter,

perfariam órbitas extensas e, conseqüentemente, se encontrariam a longas distâncias de suas estrelas mãe.

Sobre o prisma do Sistema Solar, para crescerem, se tornando gigantes, os planetas localizados além da linha de gelo atrairiam, para si, fartos e gélidos suplementos de planetesimais, ao passo que aqueles formados aquém desta linha permaneceriam pequenos, por conta da escassez, nesta região mais interna, de materiais sólidos, durante a formação dos mesmos (LISSAUER, 1993; DODSON-BOBISON, *et al.*, 2008; WALSH, *et. al.*, 2012; MORBIDELLI *et al.* 2015; DRAZKOWSHA; ALIBERT, 2017; IZIDORO; RAYMOND, 2018; ALIBERT; *et al.*, 2005).

Contudo, recentes descobertas no campo do estudo da planetologia (exoplanetas) evidenciam que as órbitas internas de muitos sistemas estelares possuem planetas gigantes, os chamados júpiteres quentes, gigantes gasosos do tamanho de júpiter ou maiores que este, orbitando à estreita distância das estrelas que os hospedam. Nestes sistemas existem também as super-terras, planetas rochosos com cerca de duas vezes mais a massa da Terra, orbitando a região mais interna, da maioria desses sistemas planetários (IZIDORO; RAYMOND, 2018).

Todavia, os planetas mais comuns, dentro destas regiões internas desses sistemas planetários extrassolares, não são necessariamente rochosos. Eles representam uma classe de anões gasosos por serem, comparativamente menores que Netuno, possuindo em torno de dez massas terrestres. Na verdade, se verificou que planetas do tamanho da Terra ou pouco menores que ela, no contexto desses sistemas extrassolares, vem se mostrando algo inusitado.

Ante o exposto, um questionamento exsurge! Por qual motivo o Sistema Solar evoluiu de maneira diversa dos sistemas planetários extrassolares já estudados? (WALSH, *et. al.*, 2012; IZIDORO, RAYMOND, 2018).

Busquemos a resposta na história evolutiva de Júpiter! Júpiter como cediço é um planeta gasoso. Ele possui elevada concentração de matéria abaixo de sua superfície. Por não ser um planeta sólido e, sim, gasoso, essas regiões estão em constantes mudanças (deslocamentos). Seu movimento de rotação é o mais rápido quando comparado às rotações realizadas pelos demais planetas do Sistema Solar. Ela se completa a cada nove horas e cinquenta e cinco minutos, ao passo que a Terra conclui seu movimento de rotação em vinte e três horas, cinquenta e seis minutos e quatro segundo.

No intuito de entender como esse inusitado gigante gasoso possivelmente assumiu a provável função de estabilizador relativo do planeta Terra, torna-se preponderante sabermos qual a sua composição, a dinâmica de sua rotação e translação, bem como sobre a variação de sua densidade. A busca por este conhecimento nos fará entender como se deu sua formação.

Nos encontramos hoje há quase cinco bilhões de anos da formação do Sistema Solar, e ele ainda contém registros da presença de corpos vagantes que datam do período de seu nascimento. Estes corpos são, entre outros, fragmentos de rochas que a ciência nomina meteoroides.

Quando meteoroides adentram a atmosfera terrestre são nominados de meteoros. Grande parte dos meteoros ao passarem pela ionosfera, em decorrência dos atritos com a matéria gasosa e os íons que compõe essa camada, são energizados e desintegrados em fragmentos menores que continuam a queda incandescente se tornando visíveis, a nós, quando da passagem destes pela mesosfera; onde é finalizada a desintegração de muitos deles. Neste estágio, por conta de suas queimas, eles emitem luz tornando-se perceptíveis. É nesta fase que popularmente os chamamos de estrelas cadentes (SANTOS, 2020).

Contudo, alguns desses fragmentos rochosos, advindos da desintegração de meteoros, ainda se mantêm grandes o bastante, não sendo, portanto, totalmente desintegrados. “Sobrevivem” às intempéries da passagem pela atmosfera chegando à Terra sob o nome de meteorito (SANTOS, 2020). Um exemplo é o meteorito Bendegó, com 5.360 (cinco mil trezentos e sessenta) quilos, encontrado em 1784 no sertão do estado da Bahia, no atual município de Monte Santo (ZUCOLOTTI, 2013).

O certo é que dentre os meteoritos, os que foram encontrados e datados revelaram aos cientistas idades próximas à idade do Sistema Solar. E um estudo mais pormenorizado desses fragmentos planetários levou a comunidade científica a deduzir que eles seriam originários de duas populações distintas de asteroides do sistema solar: uma representada pelo cinturão de asteroides, localizado no sistema solar interno, precisamente entre a órbita de Marte e Júpiter; a outra, no sistema solar externo, representada pelo cinturão de Kuiper, co-orbital à órbita de Júpiter (WALSH, 2014).

A lógica primeira é que essas massas vagantes de fragmentos planetários se encontrassem igualmente difusa pelo Sistema Solar. O que aconteceu no nosso sistema planetário para que os asteroides se organizassem em duas populações distintas? O que provavelmente os separaram definitivamente?

Pesquisas apontam que parece ter sido o planeta Júpiter, no auge de sua juventude, o grande causador dessa separação (MORBIDELLI, CRIDA, 2007; WALSH, *et. al.*, 2012; RAYMOND, IZIDORO, 2017).

Durante o primeiro milhão de ano do Sol, nosso ainda jovem planeta gigante cresceu muito rapidamente chegando ao equivalente a vinte vezes a massa da Terra. Os outros planetas gasosos, Saturno, Urano e Netuno, ainda não existiam, todavia eles surgiriam mais a diante.

Mas o fato é que ao atingir um tamanho vinte vezes maior que o da Terra, Júpiter passou a interromper grande parte da circulação de matéria do sistema solar externo para o sistema solar interno (RAYMOND; IZIDORO, 2017). Com menos matéria para crescer, os planetas internos não puderam alcançar o status de planetas rochosos gigantes ou mesmo das super-terras, hoje comuns em sistemas planetários extrassolares (RAYMONDS; et al., 2009; WALSH. *et al.*, 2012; LAMBRECHTS; JOHASEM, 2014).

3.4 The Grand Tack – a teoria da formação do sistema solar interno

As pesquisas na área de planetologia encontram-se em franca evolução. Elas já desnudaram, à comunidade científica, a presença de grandes planetas gasosos em regiões internas de outros sistemas planetários propiciando, assim, o reboiço do levantamento de novos questionamentos e formulações de novas hipóteses científicas.

Passou-se a cogitar a possibilidade desses planetas gigantes terem sido formados para além da linha do gelo, de seus sistemas planetários, e que, posteriormente, tivessem migrado para a parte interna do sistema. Tal fato redundou na formulação da hipótese de que o mesmo poderia ter acontecido com o nosso Júpiter.

Na busca da confirmação científica da hipótese formulada construiu-se um software com a função de reproduzir as condições da fase inicial de nosso sistema planetário. Estudos astronômicos são conduzidos tanto a partir de observações astronômicas como de simulações computacionais (MOON – Agência FAPESP). O programa computacional foi munido com dados inerentes as condições iniciais do nosso sistema solar, ou seja, a presença de poeira, gás, gravidade e energia.

Esta simulação computacional remeteu os cientistas, em um retrocesso temporal de aproximadamente cinco bilhões de anos, ao local preciso da Via Láctea onde se deu o nascimento do Sistema Solar. Na verdade, um ponto frio e repleto de poeira cósmica situada a uma distância considerável do centro de nossa Galáxia.

Em dado momento daquele tempo ido, neste ponto frio, ocorre a explosão de uma supernova, fenômeno que provoca a propagação de ondas de choques que, em seu caminho, encontram uma nebulosa - uma grande nuvem de gás e poeira proveniente de explosão, anterior, de uma outra supernova.

Essa nebulosa sofre perturbações decorrentes dos choques com essas ondas de energia ocasionando a mudança de sua estrutura tridimensional irregular para um formato plano discoide e rotativo.

Concomitantemente a esta mudança estrutural, grande parte da matéria que constitui a nebulosa entra em colapso em direção à região central do disco, formando o núcleo que dará origem a uma protoestrela - uma estrela escura, ainda sem emissão de radiação (SHU; ADAMS; LIZANO 1987; LISSAUER 1993; DODSON-BOBISON, *et al.* 2008; ANDRÉ; *et al.*, 2014; DRAZKOWSHA; ALIBERT 2017; IZIDORO; RAYMOND, 2018; _____, 2019).

Simultaneamente a estes acontecimentos, alguns objetos maiores, originados de reiteradas colisões de fragmentos de matérias, durante o processo das perturbações e mudança estrutural da nuvem, deslocam-se, em órbitas elípticas, no espaço que vai da linha limite do núcleo ao extremo externo do disco; sendo tais objetos, em suas trajetórias, passíveis de colisões.

O impúbere Júpiter está localizado no anel orbital extremo deste disco. Aí se encontrava o nosso, hoje gigante gasoso, nos primórdios de sua formação. Formado há cerca de quatro bilhões e meio de anos atrás, ele é o primogênito dos planetas solares.

Como consequência da sua grande distância em relação à protoestrela que dará origem ao Sol, ele não possui oponentes de peso a concorrer com sua força gravitacional e, assim, vai crescendo uma enorme quantidade de gelo e gás hidrogênio, tipos de matéria abundantes na região em que se encontra nesta ocasião.

Mais à frente, com, aproximadamente, cem mil anos de existência, Júpiter já ostentava uma força (intensidade) gravitacional demasiadamente grande, similar à força gravitacional do Sol de então, ao mesmo tempo que concentrava, em si, em massa; o equivalente à massa, com exceção do Sol, de todo o Sistema Solar interno.

A órbita de Júpiter caracterizava-se pelo encurtamento, o que desencadeava uma situação de caos neste sistema solar interno de outrora. Um número considerável de protoplanetas, que orbitavam na região do sistema solar interno, foram aniquilados pelo gigante da mancha vermelha por conta de seu avanço em direção ao Sol, bem como pela sua inexorável força atrativa que era maximizada à medida que o mesmo ia se aproximando mais e mais desses protoplanetas (MORBIDELLI; CRIDA 2007; WALSH, *et al.*, 2012; RAYMOND *et al.*, 2014; MORBIDELLI; RAYMOND, 2016).

Ademais, simultaneamente a este fenômeno, Júpiter projetava grande parte dos objetos, por ele anteriormente atraídos, em direção ao sistema solar externo, onde os mesmos se mantinham realizando movimentos orbitais circulares.

Contudo, surge Saturno, o segundo planeta membro da família dos gigantes gasosos. Saturno, ainda em fase de crescimento, embora menor que Júpiter, também é um gigante e possui massa suficientemente grande para exercer certa força atrativa sobre o gigante da

mancha vermelha. Destarte, Saturno assume uma função de contrapeso gravitacional impedindo que a órbita de Júpiter se encolha, mais e mais, em direção ao Sol e, a um só tempo, favorece o retrocesso gradativo de Júpiter, em direção ao sistema solar externo, até que o mesmo viesse a se estabilizar na posição que hodiernamente ocupa (IZIDORO; RAYMOND 2018; BRASSER; *et al.*, 2016; PIERENS; NELSON, 2008).

Os dois primos irmãos gasosos, em plena reverência a Isaac Newton, mantiveram-se por cem milhões de anos concentrados na acreção contínua de matéria o que causou a eliminação de dezenas de protoplanetas que orbitavam a região do sistema solar interno, fazendo restar apenas cinco desses protoplanetas. Entre eles, se encontravam a Terra e Theia, um planeta menor do que a Terra, em tamanho e massa, e com dimensões que se aproximava às de Marte. O quarteto dos planetas rochosos se desenvolveu, na verdade, das sobras do banquete voraz dos gigantes gasosos Júpiter e Saturno (JACOBSON; MORBIDELLI, 2014; RAYMOND; *et al.*, 2014; BATYGIN; LAUGHLIN, 2015).

Mas como explicar o porquê de Marte possuir um volume bem menor do que o volume da Terra e de Vênus? Quais as razões que o tornara o segundo menor planeta do Sistema Solar, interrompendo a sequência gradativa de aumento de volume e massa dos planetas rochosos (REUFER, *et al.*; 1991)?

Marte é menos denso que a Terra, seu volume corresponde a cerca de quinze por cento do volume da Terra e sua massa a onze por cento. O planeta que recebeu o nome do deus romano da guerra é o quarto e último planeta do grupo dos planetas rochosos ou internos, em relação à distância em que se encontra do Sol.

Contudo sua pequena massa e volume, em comparação à Vênus e à Terra, interrompeu uma sequência crescente concernente à quantidade de matéria e o espaço ocupado pelos outros componentes dessa categoria de planetas. E este é um enigma que astrônomos e geofísicos estão ainda tentando solucionar.

As posições e as propriedades físicas de muitos astros componentes do Sistema Solar foram esclarecidas por simulações feitas em computador, contudo tais simulações não conseguiram referendar a posição e as propriedades físicas inerentes à Marte, haja vista que pelas interpretações que delas emanam, o planeta vermelho deveria ter volume e massa tão grandes quanto aos da Terra e de Vênus.

A teoria do Grand Tack, entre outras, tenta explicar essa dessemelhança no que tange ao volume e a massa desse planeta em relação a Vênus e à Terra. O aparente equívoco das simulações que levavam a formação de um Marte tão grande (volume e massa) quanto Vênus

e Terra era que nelas a variação da quantidade de planetesimais e embriões planetários, ao longo do disco planetário, se dava moderadamente.

A comunidade científica começou, então, a voltar os olhos para a possibilidade do surgimento de um planeta com as dimensões e massa de Marte nas imediações da atual localização do planeta vermelho, caso a distribuição de materiais ao longo do disco planetário, neste ponto, tivesse tido uma variação abrupta, para menor, na quantidade de planetesimais e de embriões planetários (IZIDORO; et al, 2014).

Conforme a teoria do Grand Tack o avanço de Júpiter e Saturno, em direção ao Sol, alcançou o local do sistema solar onde hoje encontra-se situado Marte. Ou seja, os gigantes saíram de suas posições iniciais, a cerca de quatro unidades astronômicas*, e adentraram no sistema solar interno até atingir a posição de 1,5 unidades astronômicas; que corresponde hoje, à posição que Marte se encontra. Ao atingirem este ponto esses dois planetas gasosos iniciaram a reversão da migração que os levou de volta ao Sistema Solar externo, ou seja, um retorno gradativo às suas posições de origem.

Novas simulações apontaram que essas movimentações abruptas dos dois gigantes gasosos tanto para o interior do sistema solar interno quanto do retorno dos mesmos para o sistema solar externo propiciaram, devido atração gravitacional exercidas por eles e do poder destes em ejetar, para o sistema solar externo, parte dos corpos, do disco protoplanetário (DULLEMOND; NIBBUER, 2010), que foram por eles atraídos nesta região, provocou a escassez desses corpos neste local do sistema solar onde hoje Marte se encontra, o que explicaria a razão de a massa e o volume do planeta vermelho, dentro de uma sequência lógica de aumento de volume e massa dos três primeiros planetas rochosos, ser tão aquém das massas e volumes de Vênus e da Terra.

Como a explicação para a origem do planeta vermelho, sob o enfoque da teoria do Grand Tack, se faz dependente de uma gama de variantes, aumentando, portanto, o grau de complexidade para que o surgimento de Marte tenha realmente assim ocorrido, buscou-se uma alternativa, mais simples, com menos variantes para explicar, sob outro viés, a origem do planeta vermelho.

Segundo Zolnerkevic (2014), em 2008 um astrônomo chinês lança a ideia de que no disco protoplanetário poderia haver uma lacuna de densidade de corpos protoplanetários na região onde hoje encontra-se situada a órbita de Marte, sendo esta lacuna pretérita à formação

* Uma Unidade Astronômica (1 u.a.) corresponde à distância da Terra ao Sol.

do cenário do Grand Tack. A origem dessa lacuna dataria da fase inicial de formação do disco protoplanetário, portanto, antes mesmo da formação dos dois gigantes gasosos.

Apoiando-se na possível existência dessas lacunas de densidade, novas simulações, em computador foram feitas, algumas delas considerando a existência de lacuna de densidade de corpos protoplanetários entre 1,5 a 2,5 unidade astronômicas, faixa onde a densidade desses corpos caia de cinquenta a setenta e cinco por cento em relação à média deles no disco protoplanetário. Estas específicas simulações demonstraram que um planeta, com volume e massa similares às de Marte orbitava, de maneira estável, o Sol exatamente na faixa de unidade astronômica acima especificada (IZIDORO; *et al.*, 2014; ZOLNERKEVIC, 2014).

Estas simulações evidenciaram também que Marte não teria se originado nesta zona escassa em corpos protoplanetários; e sim, próximo ao local onde Vênus e a Terra teriam se formado.

Contudo com as forças interacionais entre o Sol, os dois gigantes gasosos em sua migração para o sistema solar interno e posterior reversão de volta ao sistema solar externo, arremessaram Marte para esta lacuna de densidade de corpos protoplanetários, e, sem matéria prima para se alimentar, o crescimento do planeta vermelho praticamente estagnou. Esta seria, portanto, outra vertente a explicar as diminutas dimensões do planeta vermelho quando comparado com Vênus e Marte (IZIDORO; *et al.*, 2014; ZOLNERKEVIC, 2014).

3.5 O surgimento do nosso satélite natural

E quanto a Theia, por que se formou um quarteto de planetas rochosos em vez de um quinteto? Porque o destino de Theia já estava traçado pela força da gravidade. Em um certo momento da evolução do nosso sistema solar, Theia e Terra, cada um na sua respectiva órbita, pareciam-se. A maior proximidade propiciada por esse pareamento desencadeia a maximização da força gravitacional da Terra sobre Theia e, assim; esta é implacavelmente sugada pela Terra.

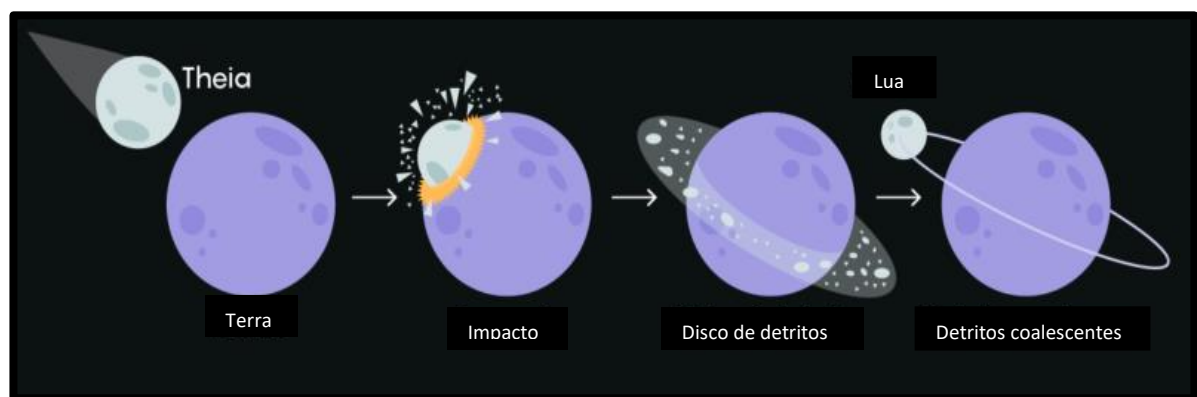
Por conta da força do impacto (HARTMANN, 2014; CAMERON, 1997; CANUP, 2001; HALLIDAY, 2008; CANUP, 2012; JACOBSON; *et al.*; 2014; HARTMANN, 2014) de Theia com a Terra e da energia gerada por esse impacto, aquela assume um formato amorfo e incandescente que se adere a um terço da superfície terrestre.

Ainda sob a ação da força gravitacional exercida pelo nosso planeta, um anel de concentração de matéria se forma em torno da Terra e, por esse anel de matéria ter se formado próximo a Theia, na sua forma de cataplasma incandescente, a matéria presente neste anel

entra em processo de fusão e desse, agora, também incandescente anel, partem, em direção à Terra, sucessivos e contínuos mísseis de matéria incandescente que adiciona, no currículo evolutivo do planeta Terra, uma gama de impactos secundários.

O transcorrer de uma centena de anos foi o tempo suficiente para que o anel de matéria fumegante, que passou a adornar a Terra, após o impacto de Theia com o nosso planeta, se resfriasse paulatinamente. Assim, as partículas de matéria que constituíam esse anel foram, gradativamente, adquirindo a conformação para o estado sólido. Toda essa matéria se solidificou em um único corpo, a Lua – nosso satélite natural que, desde então, se mantém ligado à Terra, pela força da gravidade (KAIB; COWAN, 2015; PIRES, 2021).

Figura 2. A origem da Lua



Fonte: HRUSKA, 2019.

A formação de nosso satélite natural foi, portanto, marcada pela violência desferida contra nosso planeta (QUARLES; LISSAUER; 2015; PIRES, 2021; HARTMANN, 2014; CAMERON, 1997). Os impactos anteriores à formação da Lua, sofridos pela Terra, em seu processo de formação, ocasionaram, entre outras coisas, uma pequena inclinação no eixo de nosso planeta. Um dia terrestre, nesta ocasião, não passava de cinco horas. Contudo, com a formação da Lua um equilíbrio de forças atrativas entre ela e a Terra levou à estabilização da inclinação do eixo da Terra.

Durante este processo evolutivo, a própria Lua, num equilíbrio de forças atrativas entre ela e a Terra, estabilizou o eixo de inclinação de nosso planeta. Com o tempo, a Lua foi se afastando da Terra aumentando mais e mais o seu período orbital/distância orbital até que viesse a assumir a distância orbital que tem hoje em relação a Terra. Destarte, hoje, nosso planeta completa o movimento de rotação em torno de seu eixo em, aproximadamente, vinte e quatro horas.

3.6 A água nossa de cada dia veio do espaço

Sem dúvida Júpiter, em seu processo evolutivo, foi um destruidor de mundos e construtor de novos mundos. Sem a ação da sua odisseia evolutiva não poderíamos estar aqui hoje a ele nos remetendo.

Acredita-se que o Mancha Vermelha, em sua migração rumo ao primitivo sistema solar interno tenha arrastado água na forma sólida, distribuindo esta substância, neste estado físico, por toda a parte interna do sistema solar que o próprio alcançou (RAIMOND; *et al.*, 2003; TORRES, 2008; WALSH; *et al.*, 2011; IZIDORO; *et al.*, 2013; O'BRIEM, *et al.*, 2014; RAYMOND; MORBIDELLI, 2014; RAYMOND; IZIDORO; 2017; O'BRIEM; *et al.*, 2018). Destarte boa parte da comunidade científica astronômica acredita que a água, presente em abundância em nosso planeta, aqui chegou por conta da contribuição direta e imprescindível de Júpiter.

Contudo Júpiter não se contentou com essa grande contribuição a nós deferida, quando do seu avanço sobre parte do sistema solar interno. Em seu retorno volta ao sistema solar externo e lá, já estabilizado e em parceria com Saturno, ambos passaram a ejetar gelo d'água e material rochoso em direção ao sistema solar interno.

Deste modo, os atuais planetas internos e também nosso satélite natural, por centenas de milhões de anos ficaram passíveis a bombardeios contínuos de frações de gelo e fragmentos de rochas. A superfície lunar é o registro mais evidente desse fuzilamento denominado de bombardeio pesado tardio (GOMES; *et al.*, 2005; BOTTKE; NORMAN, 2017; LOWE; BYERLY, 2018).

Os estudos desses impactos, na Lua, serviram de dados para os cientistas concluírem que durante a evolução de nosso planeta ele teria sido atingido, por pelo menos, quatro objetos com cinco mil quilômetros de diâmetro e que os impactos causados, mesmo em separados, foram suficientes, devido a imensidão de energia que deles derivaram, para fazer com que toda a superfície terrestre fundisse em lava derretida.

Mas tudo isso se constituiu em mais uma sequência de fenômenos a preparar nosso planeta para o florescimento futuro da vida. Estudos sugerem que essas colisões redundaram em um processo nominado de erosão de impacto, essencial ao aparecimento da vida, haja vista que estes impactos desencadearam explosões de metais radiativos presentes na superfície terrestre, a exemplo do Urânio e do Potássio que, para tanto, necessitaram absorver uma grande quantidade de calor; calor este retirado diretamente dessa superfície terrestre incandescente. Por

consequência, a superfície da crosta externa rapidamente se resfriou, possibilitando, assim, o acúmulo de água na superfície do nosso planeta (RYDER, 2002).

3.7 Elementos químicos, substâncias químicas e vida têm como pano de fundo o Universo

A história evolutiva dos elementos químicos começa com o que se acredita ser o início da história do Universo: o Big Bang, a ‘grande explosão’ (ARANY-PRADO, 2017, p.18). O elemento químico Hidrogênio foi produzido no início desse processo. Houve um tempo em que o universo era abarrotado de hidrogênio. Isto propiciou a formação da primeira geração de estrelas. (ARANY-PRADO, 2017; VAIANO, 2018; COSTA, 2018; LUSA, 2020).

Contudo, chega um momento, do processo evolutivo de uma estrela, em que sua reserva de hidrogênio, sua principal fonte de energia, acaba. Para manter-se “viva” ela começa, então, a produzir, em seu núcleo, elementos mais pesados do que o hidrogênio e o hélio, como por exemplo carbono e oxigênio.

Assim, em sua trajetória agonizante rumo à sua morte, a estrela produz os elementos, com exceção do Hidrogênio e do Hélio, com massa menor ou igual à do Ferro, ou seja, produz do elemento Lítio ao Ferro (PEDROSA, 2013; SANTOS, 2015; ARANY-PRADO, 2017; VAIANO, 2018; COSTA, 2018; LUSA, 2020). Portanto, além de ser fonte de energia e calor, como no caso de nosso Sol, as estrelas são verdadeiras indústrias de produção de elementos químicos (STASINSKA, 2010).

Os elementos mais massivos que o ferro só são produzidos quando algumas estrelas específicas, ao fim do seu processo evolutivo, explodem. Nestas explosões, são gerados tanto elementos de baixa massa quanto os de massas maiores que a do ferro (ARANY-PRADO, 2017; VAIANO, 2018; COSTA, 2018; LUSA, 2020).

Os elementos químicos produzidos, em decorrência dessas explosões, são então espalhados pelos quatro cantos do universo, ou seja, por todo o espaço intergaláctico - sob a forma de poeira e que também, comumente, se acumula em bolsões (nebulosas) dentro de galáxias. Essas nuvens (nebulosas), constituídas por poeira e gás, se propagam.

Todavia essa poeira estelar não contém apenas elementos químicos na sua individualidade, pois a própria energia da explosão, por si, propicia a formação de algumas substâncias químicas básicas, ao promover ligações entre os elementos químicos produzidos nas estrelas e/ou no processo de suas, respectivas explosões.

Dentre as substâncias geradas figuram compostos de carbonos e de silicatos. Estes compostos possuem a propriedade de absorver a luz visível e constituem partículas sólidas indispensáveis à formação dos sistemas planetários. No interior da Nebulosa do Caranguejo, por exemplo, tem poeira suficiente para se formar dezenas de milhares de planetas Terra.

Podemos citar ainda os buracos negros como fonte de poeira cósmica. Buracos negros são estruturas comumente situadas na parte central da maioria das galáxias. Eles podem atingir milhões ou até bilhões de vezes a massa do Sol. Funcionam, mais ou menos, como os recicladores do universo. Tudo que deles se aproxima é sugado para seu interior devido à extrema atração gravitacional que exercem.

Neste processo, radiações de elevadas intensidades são produzidas proporcionando a formação de ventos/bolhas de poeira e gás que se movem para cima escapando do seu interior e levando consigo uma quantidade considerável de elementos químicos e de algumas substâncias produzidas pelas gerações de estrelas gigantes que viveram na região central dessas galáxias e que morreram ao serem sugadas pelo buraco negro ou que tiveram o material de suas explosões sugado pelo mesmo.

Destarte essas bolhas ou ventos, advindos dos buracos negros, assumem a preponderante função de disseminar consideráveis quantidades de gás e poeira geradas quando do fenecimento de gerações pretéritas de estrelas.

Deste modo, esse processo de produção e dispersão de poeira mostra-se contínuo nas galáxias. As diversas nebulosas planetárias apresentam composições químicas advindas, na maioria das vezes, das explosões de estrelas.

Contudo, por vezes, tem se detectado também água na constituição dessa poeira. O grande questionamento é: de onde vem e como se formou essa água; a mesma água que Júpiter, ainda na juventude de seu processo evolutivo e, posteriormente, da sua estabilização; bombardeou sobre a Terra e os outros planetas do sistema solar interno.

A resposta encontra-se no contexto das reações químicas, pois, na maioria das vezes, a formação de água é decorrente do fenecimento de estrelas. Trabalhemos com o exemplo geral de uma estrela qualquer com tamanho aproximando ao do Sol. Ao consumir todo o hidrogênio, armazenado em seu núcleo, ela entra em um quadro de instabilidade de produção de energia e vai, gradativamente, despreendendo suas camadas mais externas.

Ao final, a pequena parte que resta da estrela – já uma estrela morta, é nominada de Anã Branca. Essa estrela, mesmo morta, emite radiação ultravioleta que destrói as ligações químicas de algumas das moléculas de compostos presentes na poeira, entre eles, o monóxido de carbono (CO), liberados quando do fenecimento da estrela.

Com o rompimento das ligações químicas entre os átomos constituintes desse grupo de moléculas, átomos dos elementos químicos carbono e oxigênio são liberados. Tem-se, portanto, no meio, oxigênios e hidrogênios livres. Reações químicas são estabelecidas entre eles, na proporção de dois átomos hidrogênios para um átomo oxigênio formando as moléculas que caracterizam a substância água.

Relevante observar que não são as estrelas, em seus estágios agonizantes, as únicas capazes de gerarem água. Neste rol inclui-se também algumas protoestrelas. Protoestrelas durante seus processos evolutivos passam por um estágio de expulsão de matéria para o espaço a grandes velocidades. Em algumas delas, dentre o conjunto de matéria expelida encontram-se átomos dos elementos químicos hidrogênio e oxigênio. Ao atingir ambientes com temperaturas mais amenas, do que a do entorno imediato dessa protoestrela, estes átomos ligam-se entre si, na proporção de dois átomos de hidrogênio para um de oxigênio, formando água (SALYK, 2008; TORRES, 2008; MART, 2011; VAN DISHOECK; *et al.*, 2014).

Importante evidenciar que importância da água perpassa a sua essencialidade para a existência da vida, até o momento somente comprovada no planeta Terra. Na formação dos sistemas planetários, por exemplo, na fase do disco protoplanetário, é ela que proporciona a aderência entre um grão de poeira e outro possibilitando o surgimento de fragmentos de rochas, asteroides e planetas (VAN DISHOECK, *et al.*, 2013; VAN DISHOECK, *et al.*, 2014).

3.8 Como a água chegou à Terra?

Como dito alhures, o começo de tudo inicia-se na origem do Universo e nas estrelas, em especial, no caso em tela, o nosso Sol. A fusão nuclear de elementos químicos, para a estrela obter a energia que a mantém, gera uma quantidade exacerbada de calor. Este se desloca rumo à superfície da estrela de onde é dissipado.

A dissipação do calor gera correntes constantes de ventos, ricos em prótons de hidrogênio, que chegam a atingir as bordas do sistema solar. Em seu processo de deslocamento, estes ventos solares, com grande reserva de prótons de hidrogênio encontram, pela frente, partículas de poeiras e rochas de diferentes dimensões, em suspensão, que datam da origem do sistema solar e que ali estão por conta da força atrativa gravitacional que os planetas exercem sobre elas.

Essa poeira interplanetária é rica em compostos orgânicos, e em diferentes tipos de elementos químicos, entre estes; átomos do elemento químico oxigênio. Quando os prótons de

hidrogênio (H^+) encontram com esses átomos de oxigênio (O) e/ou com os silicatos de carbono, com eles, respectivamente, reagem formando água. A água formada se adere, então, a estas rochas vagantes de diferentes dimensões.

Parte destes resquícios da formação do sistema solar bombardeia a Terra regularmente. Contudo, a grande maioria deles se desintegra no percurso entre as camadas da ionosfera e mesosfera da atmosfera terrestre. Quando desintegram, no seu percurso pela atmosfera, são nominados de meteoros e conhecidos popularmente como estrelas cadentes. Já aqueles que adentram a atmosfera terrestre, mas não são de todo queimados, os fragmentos deles, que chegam à superfície do nosso planeta, recebem o nome de meteoritos.

Assim, os meteoritos, asteroides e cometas que se chocaram com a Terra, ao longo de evolução de nosso planeta, contribuíram, sobremaneira, com o volume de água armazenada na Terra ao atuarem como meio de transporte dessa substância do espaço e à superfície terrestre (QUILLFELDT; 2021; CAMPINS, *et al*, 2010; VEJA, 2012).

Entendemos, então, que a formação da água - por meio de reações químicas que se processam entre os íons de hidrogênio, presentes nos ventos solar, e os átomos de oxigênio ou os compostos orgânicos a base de silicatos que estão na composição da poeira interestelar e interplanetária - é algo relativamente simples e abundante no universo (VAN DISHOECK; *et al.*, 2014; BRANDÃO, 2020). Perfeitamente factível, portanto, é a vasta distribuição de água por quase todo o sistema solar. Ela se faz presente, na forma gasosa, em todos os planetas do nosso sistema planetário.

Em um rol meramente exemplificativo lembremos que as três luas geladas de Júpiter, possuem reservatórios de água, na forma sólida, abaixo de suas superfícies; que os liames dos anéis de Saturno são constituídos, entre outras substâncias, também, por água na forma sólida; que Enceladus, uma das luas de Saturno, possui uma superfície congelada que a coloca no rol dos objetos mais brilhantes entre os componentes do nosso Sistema planetário; por meio da sonda espacial Cassini foi detectado jatos de água congelada sendo ejetados do seu polo sul (PORCO; *et al*, 2006); que o próprio Júpiter, abaixo de sua atmosfera, abriga um mundo aquático e que, por fim, os oceanos terrestres cobrem cerca de 70 por cento da superfície do nosso planeta com água líquida e temos também um grande volume de água, na forma, sólida em várias partes da Terra, principalmente nas calotas polares, não nos esquecendo da água, na forma gasosa que se encontra na constituição de nossa atmosfera.

3.9 Terra – o único palco onde a vida, comprovadamente, se manifestou, floresceu e se mantém

O que é vida? Como ela se originou? Não existe uma teoria que explique, de maneira incontestável, como a vida surgiu. Contudo um corpo vivo é um corpo dotado de um conjunto de características que possibilite classificá-lo como ser vivo. Assim, todo ser vivo é formado por célula, é capaz de reproduzir e se nutrir, possui metabolismo próprio, evolui e perfaz um ciclo nominado ciclo de vida, isto é; todo ser vivo, nasce, cresce, reproduz, envelhece e morre.

Existe uma máxima Física que traz: “matéria é tudo que tem massa e ocupa lugar no espaço”. Logo, um ser vivo, é matéria! Na verdade, é um complexo animado de matéria. Em sendo matéria é formado por átomos. Os átomos de diversos elementos químicos estabelecem uma gama de reações químicas, entre si, para formar as substâncias que constituem o organismo do ser vivo.

Um ser vivo deve ter a capacidade de extrair energia do ambiente em que se insere (se nutrir). A vida que conhecemos baseia-se na química do carbono e é imprescindível que seja oferecida a ela água, na forma líquida, para que o metabolismo celular, isto é, para que o conjunto de reações químicas que ocorrem, no interior das células e que mantém o organismo animado, possa se processar a contento, pois a água, na forma líquida, é um potente solvente – um solvente universal (VAN DISHOECK; *et al.*, 2014).

A água líquida proporciona o meio aquoso onde as substâncias, envolvidas no metabolismo celular, se dissolvem possibilitando que as mesmas se aproximem e reajam entre si, produzindo outras substâncias necessárias à manutenção do ser vivo. Portanto a água é essencial à vida. Todavia, nenhum planeta conhecido, pelo menos por enquanto, senão a Terra, possui comprovadamente, reservas de água líquida em sua superfície.

A Terra é, eminentemente, um planeta água. Seus oceanos superficiais abrangem, aproximadamente, setenta por cento de sua superfície. Ela abriga, ainda, vastos oceanos subterrâneos como é o caso do Aquífero Guarani que abrange parte dos territórios do Uruguai, Paraguai, Argentina e Brasil, onde se encontra sua maior extensão, ocupando áreas dos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

3.10 A vida sob o enfoque dos planetas rochosos

Nossos conhecimentos biológicos nos possibilitam inferir que um requisito fundamental para a existência da vida como a conhecemos é que no ambiente onde essa vida floresça tenha disponibilidade de água na forma líquida. Em média, a água, no estado, líquido corresponde a setenta por cento da composição celular, sendo o meio pelo qual as reações químicas componentes do metabolismo celular possam ocorrer de forma satisfatória.

A vida, se faz dependente, portanto, dessa substância inorgânica. Contudo outros requisitos mostram-se necessários para que a vida como a conhecemos surja e floresça.

Nosso sistema solar é constituído por uma única estrela, o Sol, entre outros astros, por oito planetas (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____; ZABOTI, ____).

Os quatro planetas mais próximos ao Sol são chamados planetas rochosos ou terrestres. A contar do Sol são eles: Mercúrio, Vênus e Marte. Unidade Astronômica (UA) corresponde à distância em que a Terra se encontra do Sol que é cerca de cento e cinquenta milhões de quilômetros, correspondendo esse valor, portanto, a uma unidade astronômica e o parâmetro para se medir a distâncias dos outros planetas do sistema solar em relação ao Sol (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____).

Mercúrio, o menor planeta do sistema solar e o mais próximo em relação ao Sol, encontra-se a uma distância deste equivalente a 0,39 UA. Perfaz sua translação e rotação, respectivamente, em 88 e 58,6 dias terrestres, logo sua rotação equivale a dois terços de sua translação. A rotação desse planeta é lenta, conseqüentemente, uma das suas faces fica exposta ao Sol por um longo período de tempo e, em contraposição, a outra fica em completa escuridão pelo mesmo período de tempo. Estas faces são, portanto, extremas, também, em relação à temperatura: a face iluminada atinge 426°C enquanto que na escura chega -173°C ((RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____ THE STARS AND PLANETS, 2016; WIKIPÉDIA, ____).

Ademais, Mercúrio é praticamente destituído de atmosfera. Sua atmosfera vestigial é composta por traços de gás: Hélio, Sódio e Oxigênio. Mercúrio, por possuir baixa massa e encontra-se muito próximo ao Sol não consegue manter, em torno de si, uma atmosfera considerável que o possibilite manter um efeito estufa e, assim, acumular calor em patamares favoráveis à vida. Maior proximidade do Sol, temperaturas extremas e quase constantes em

cada uma de suas faces; inexpressiva atmosfera, entre outros fatores, inviabilizam a presença de água na forma líquida na superfície desse planeta. Não sendo, portanto, um palco ideal para o surgimento, florescimento e manutenção da vida (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____).

Vênus é outro planeta peculiar. Encontra-se envolto por uma atmosfera muito densa, noventa por cento mais densa que a atmosfera terrestre, o que impossibilita a visualização de sua superfície. A composição de sua atmosfera (aproximadamente 96% dela) é basicamente gás carbônico (CO₂), o gás que mais otimiza o efeito estufa. A radiação solar que nele chega é facilmente absorvida pelas moléculas de gás carbônico que compõem sua densa atmosfera propiciando o efeito estufa mais intenso do sistema solar; fator que superaquece o planeta, de tal modo, a fazer com que o mesmo atinja, em sua superfície, uma temperatura em torno de 457 °C. O restante da constituição da atmosfera venusiana é 3,5% de gás nitrogênio (N₂), 1,6% de argônio (Ar) e 0,003% de gás oxigênio (O₂) (WIKIPÉDIA, (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____).

A ínfima porcentagem de gás oxigênio na composição da atmosfera venusiana se deve ao fato de que com uma temperatura superficial de 457 °C, a água que porventura tenha existido no planeta, vaporizou. O Vapor d'água ao atingir camadas mais altas de sua atmosfera, devido a intensidade da luz do sol, sofreu foto-dissociação, ou seja, os raios ultravioletas decompõem essas moléculas de água (na forma de vapor) em gás hidrogênio (H₂) e gás oxigênio (O₂). Assim, devido a sua baixa densidade o gás hidrogênio escapou da atmosfera de Vênus, enquanto o gás oxigênio reagiu com metais presentes na superfície desse planeta oxidando os mesmos, o que reduziu sobremaneira o percentual de gás oxigênio na atmosfera venusiana. Um dado inusitado acerca de Vênus é que sua rotação consegue se mais extensa do que sua translação. A rotação de Vênus se completa com o equivalente a 243 dias terrestre; ao passo que sua translação com apenas 224 dias terrestre; logo um dia neste planeta é mais longo que o próprio ano venusiano (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____).

Mesmo encontrando-se próximo à beirada interna da zona habitável do sistema solar, Vênus possui um estupendo efeito estufa que faz sua temperatura superficial atingir 457°C o que inviabiliza a existência de água líquida em sua superfície e, conseqüentemente, a existência

de vida (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____).

A Terra é o nosso planeta. É o terceiro planeta (a contar a partir do Sol), de um total de oito, que orbita o Sol; a única estrela do nosso sistema planetário. A distância em que a Terra se encontra do Sol, aproximadamente cento e cinquenta milhões de quilômetros que equivale a uma unidade astronômica (1 AU) confere a ela, enquanto planeta rochoso, as condições físicas e químicas ideais para o surgimento, desenvolvimento e manutenção da vida (DUARTE, ____; RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____).

Dizemos que a Terra se encontra dentro da zona habitável de nossa estrela. Chega a ela, portanto, uma intensidade luminosa (fluxo de luz) em grau compatível com existência da vida, haja vista que o grau de luminosidade, entre outros fatores, que chega ao nosso planeta possibilita que exista água na forma líquida em sua superfície e, conseqüentemente a explosão do fenômeno vida caracterizado pela enorme manifestação de tipos de vida, biodiversidade, nos vários ecossistemas terrestres.

Dos planetas rochosos que compõem o nosso sistema planetário a Terra apresenta maiores diâmetro; aproximadamente, doze mil e setecentos quilômetros. Nosso planeta possui atmosfera funcionando ela como um filtro a proteger o planeta da ação de vários tipos de radiações deletérias à vida. A composição e estrutura da atmosfera terrestre resulta das características físicas do planeta, por ele se encontrar na zona habitável do Sol, e da interação entre o planeta e as várias espécies de organismos vivos que ela abriga.

Marte, o quarto planeta do sistema solar, em relação ao Sol. Há muito este astro fascina a humanidade. Encontra-se a 1,55 UA do Sol. Embora as densidades dos outros três planetas rochosos se equivalam: 5,4 g/cm³ para Mercúrio; 5,3 g/cm³ para Vênus e 5,5 g/cm³ para a Terra; a de Marte corresponde a tão somente 3,9 g/cm³, sua baixa densidade em relação aos outros três provavelmente indica que este planeta tenha menos ferro do que silício quando comparado aos outros três. Realiza seu movimento de translação em 1,88 anos terrestres e o de rotação em 24,6 horas (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____).

Por se encontrar dentro da zona habitável de nossa estrela, mesmo que no extremo externo desta, poderíamos, a princípio concluir que seria Marte um planeta propício à existência da vida como a conhecemos. Contudo sua atmosfera, em espessura, equivale a tão somente 7% da atmosfera terrestre. Mesmo assim, pouco mais de noventa e cinco por cento dela compõe-se de gás carbônico, sendo o percentual restante distribuídos entre os gases: nitrogênio, argônio e

oxigênio presentes, respectivamente, nos seguintes percentuais, 2,7%, 1,6% e 0,15 (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; *et al.*; ____; FILHO; SARAIVA, 2019; SOLMENDONÇA, 2019; CAVALCANTE, 2021; WIKIPÉDIA, ____).

No passado as primeiras imagens obtidas de Marte, por meio de telescópio, levaram a crer que sua superfície possuía estruturas na forma de canais desencadeando a exegese que haveria lá uma civilização; o que nos fez conceber a fantasia da existência de marcianos.

Contudo, com o avanço da ciência, várias missões não tripuladas foram direcionadas à Marte e, até o presente momento, forma de vida alguma foi detectada neste planeta. Os dados coletados pelas diversas missões a Marte enriqueceram nosso conhecimento sobre o planeta vermelho (WILLIAMS; *et al.*, 2013; VAN DISHOECK; *et al.*, 2014; BASHARAT, 2021).

Como cediço, a presença de água, no estado líquido, na superfície de um astro, representa um passo importante para a existência de vida no mesmo, pois para a vida como a conhecemos existir, ainda que na seara microscópica, a disponibilidade de água líquida é um fator preponderante.

A água é considerada um solvente universal devido a sua capacidade de dissolver uma imensa variedade de tipos diferentes de substâncias. A célula é a estrutura morfofisiológica dos seres vivos é constituída, em média, por setenta por cento de água. Substância que na célula, entre outras funções, atua como meio de aproximação das diversas substâncias nela dissolvida, possibilitando, deste modo, a dinâmica das diversas reações químicas que compõem o metabolismo celular. A vida, por consequência, é plenamente dependente dessa substância em seu estado líquido.

Embora a superfície de Marte se mostre um ambiente inóspito; composto basicamente de rocha e poeira. Imagens obtidas pelas várias expedições feitas a este planeta e por satélites a ele direcionados nos levam a crer que, no passado, teria havido fluxo de líquido em sua superfície devido a um conjunto de traçados em pontos da sua superfície que simulam canais afluentes desembocando em um canal principal. Hoje, é consenso da comunidade astronômica a existência de água, na forma sólida, no subsolo desse planeta.

Marte, assim como a Terra, apresenta calotas polares. Todavia essas não são constituídas de água na forma sólida, mas sim, de dióxido de carbono (CO₂) no estado sólido (gelo seco).

Em 2012 a NASA empreendeu uma expedição não tripulada ao planeta. Para tanto construiu um complexo e grande veículo espacial; um carro robô, com tração nas quatro rodas, programado para vencer os obstáculos do relevo marciano, coletar, fazer análise geoquímica do material coletado e enviar os resultados à agência espacial. Batizado de Curiosity (VAN DISHOECK; *et al.*, 2014; WILLIAMS; *et al.*, 2013) seu objetivo era esmiuçar parte do solo

marciano em busca de pistas que viessem a confirmar se realmente existiu vida em Marte ou mesmo se haveria, no tempo presente, algum tipo de manifestação de vida no planeta.

As diversas pesquisas empreendidas neste planeta perpetrada ao longo do tempo nos revelaram, entre outras coisas, que o relevo marciano se compõe de diferentes estruturas a exemplo de vales, montanhas e vulcões. Marte possui o maior canyon do sistema solar, este norteia seu equador sendo, aproximadamente, dez vezes maior e três vezes mais profundo que o nosso Grand Canyon, localizado no Arizona, Estados Unidos.

Em Marte se encontra também o maior vulcão do nosso sistema planetário, além de gigantescas crateras comporem, igualmente, a morfologia de sua superfície. E é também em Marte que se encontra a mais alta montanha do sistema solar, o Monte Olimpo, com quase 20 quilômetro de altitude.

Mas se Marte foi um dia um mundo habitável, hoje não é mais! Nos primórdios de sua formação se formou o núcleo do planeta, uma massa de ferro fundido que gerou um poderoso campo magnético, este foi projetado para a superfície envolvendo o planeta como um escudo protetor invisível, passando a desviar o vento solar, exercendo, então, a função de bloqueador das projeções prejudiciais do Sol.

Contudo, ao fim da formação de Marte, quando cessou o processo de acreção, o planeta começou a esfriar, conseqüentemente seu núcleo não conseguiu continuar gerando o campo magnético do planeta. Com a perda do campo magnético os ventos solares passaram a atingir a superfície de Marte.

A atmosfera marciana era originalmente mais espessa que a sua atmosfera atual. Todavia, sem a proteção do escudo magnético a atmosfera original do planeta passou a ser continuamente atingida por intensas radiações solares o que levou e vem levando o planeta a perder mais e mais frações de sua atmosfera.

Hoje, a atmosfera marciana corresponde, em termo de espessura, a sete por cento da atmosfera terrestre, significando dizer que ela é cerca de cento e cinquenta vezes mais delgada que a nossa atmosfera.

Tal fato despiu a superfície marciana de calor e pressão. Temperatura e pressão são as duas grandezas físicas que agem sobre uma substância para mantê-la em determinado estado físico. Á água precisa estar submetida a uma certa intensidade de calor e pressão para que se mantenha no estado líquido. Estas são as razões de hoje não existir água líquida na superfície do planeta vermelho.

Nesse cenário atual de Marte se, hipoteticamente, colocarmos um frasco com uma porção de água líquida em sua superfície essa água congelaria ou vaporizaria instantaneamente.

Acreditamos que a vida como a conhecemos não teria como surgir e se desenvolver na hodierna superfície marciana. Vários são os fatores físicos que, em conjunto, inviabilizariam o surgimento e desenvolvimento da vida, mesmo que bacteriana, em Marte.

Essa “vida marciana” para existir deveria não ser diretamente dependente da água e não se utilizar de gás oxigênio para a produção da energia (respiração celular) necessária ao seu desenvolvimento e manutenção.

São grandes as diferenças de gravidade e pressão atmosférica quando se compara Marte com a Terra. O planeta vermelho encontra-se amplamente aberto as radiações advindas dos ventos solares e as radiações componentes do espectro eletromagnético, pois não possui campo magnético e sua atmosfera pode se dizer que é insignificante para que consiga absorver as radiações eletromagnéticas deletérias à vida.

O filtro, que nos protege da radiação eletromagnética é basicamente a atmosfera nossa atmosfera. A tênue ou quase inexistente atmosfera de Marte não consegue filtrar essa radiação eletromagnética. Por outro lado, Marte, por não possuir campo eletromagnético, as partículas presentes nos ventos solares não são desviadas do planeta. Assim, a intensidade de radiações, de origem solar ou eletromagnética, que um ser vivo estaria exposto em Marte seria similar à quantidade que o ser vivo receberia se estivesse exposto no espaço aberto.

Assim, para existir vida em Marte, o hipotético organismo vivo teria que estar adaptado às reais condições físico-química a que a superfície do planeta se encontra submetida.

Afirmar que não existe água no estado líquido na superfície de Marte não significa dizer que inexistia esta substância neste astro.

Robustas evidências indicam a presença de água na forma sólida, no planeta. Registros feitos por sondas espaciais, em órbita, detectaram fortes indicadores da existência de gelo sob as calotas polares marcianas, a exemplo dos altos índices de hidrogênio no solo dessa região quando da realização de medições remotas da composição do solo. Faz a comunidade científica astronômica acreditar que sob as calotas polares desse planeta exista abundância de água sólida. Parte da comunidade científica acredita ser esse gelo resíduos de antigos oceanos. Existe também água, na forma sólida subterrânea em latitudes mais próximas à linha equatorial marciana. Estas reservas equatoriais não se encontra a grandes profundidades, muitas delas se encontram a apenas a algumas dezenas de metros da superfície marciana o que possibilitaria, portanto, a sua extração.

No passado o planeta vermelho possuía abundância de água líquida em sua superfície. O carro robô Curiosity (VAN DISHOECK; *et al.*, 2014; WILLIAMS; *et al.*, 2013) detectou demasiadas evidências que nos levam a uma certeza quanto a existência de água líquida na

superfície marciana de outrora. Lá colheu amostra diversos tipos de rochas, que só se formam em presença de água, a exemplo da magnetita.

Portanto, o Marte de outrora possuía uma atmosfera densa o suficiente para manter um certo grau de calor aprisionado (efeito estufa) junto à superfície do planeta bem como para exercer pressão em grau ideal que o possibilitou manter água, no estado líquido, em sua superfície, formando rios e lagos e talvez mares.

Destarte, se Marte, em seu passado, abrigou vida, essa foi vida bacteriana, vez que logo após a sua formação o planeta perdeu seu campo magnético e conseqüentemente parte considerável do que seria sua atmosfera inicial, não havendo, portanto, tempo hábil, em termos evolutivo, para o surgimento de seres vivos mais complexo; até porque, a vida, na superfície de Marte não resistiria aos efeitos deletério das contínuas radiações advindas do vento solar e de das radiações eletromagnética. Mas se houve manifestação de vida em Marte, provavelmente o registro dessa existência passada encontra-se aprisionado em seu gelo subterrâneo.

Por derradeiro, registre-se, que o fascínio de nos terráqueos pelo planeta vermelho continua. Em 2020 a Nasa aporta em Marte, o Perseverance (BASHARAT, 2021), outro carro robô, cuja função principal é descobrir vestígios e/ ou provas da existência do Marte de outrora.

A pesquisa no território marciano, perpetrada pela NASA, começa em 1997 quando lá ela pousa o robô Sojourner, o objetivo da agência espacial era, por meio do Sojourner, verificar se o pequeno carro robô conseguiria se deslocar pela superfície do planeta (WILCOX; NGUYEN, 1998). O desiderato se mostrou exitoso, assim, em 2004 foi enviado ao planeta vermelho o Spirit (MORRIS; *et al.*, 2010) e o Opportunity, dois robôs gêmeos cuja função era descobrir se houve, no passado marciano, água, na forma líquida, circulando em sua superfície (LEMMON; *et al.*, 2004).

Em 2012 o grande robô Curiosity (VAN DISHOECK; *et al.*, 2014; WILLIAMS; *et al.*, 2013) aporta em solo marciano. Foi por meio dele que se provou que Marte, no passado, possuía as condições necessárias para o desenvolvimento da vida.

Contudo o grande questionamento que ainda se mantém em aberto é o de se saber se Marte, em seu passado, abrigou ou não vida. E a missão de buscar indícios ou mesmo provas de que a vida tenha se desenvolvido em Marte, há cerca de 3,5 bilhões de anos, é agora do robô Perseverance (BASHARAT, 2021).

Em 1984 descobriu-se, na Antártida, um meteorito que provavelmente veio de Marte. A ele se deu o nome de Allan Hills 84001 ou ALH 84001 (TREIMAN, 1998). Em estudos mais recentes de amostras desse meteorito descobriu-se que ele possui algumas moléculas orgânicas, ricas em nitrogênio, datadas de quatro bilhões de anos (MORRIS; *et al.*, 2010, HALEVY; *et al.*,

2011) e também grafite (STEELE; *at al.*, 2012). Contudo não há provas de que estes compostos orgânicos encontrados sejam de origem biológica.

Ademais há a possibilidade desses compostos não terem sido formados em Marte, haja vista que no início da evolução do sistema solar interno acredita-se que Marte tenha recebido uma grande quantidade de matéria orgânica que a ele chegou por meio de meteoritos, cometas ou poeira cósmica. Também não se descarta que o aludido meteorito tenha incorporado essa matéria orgânica quando já se encontrava na própria Terra, ou seja, tenha sido aqui diretamente contaminado.

De qualquer forma, a certeza de existência de vida, no passado do planeta vermelho, ainda é um mistério não completamente solucionado. Por enquanto a comunidade científica trabalha apenas com indícios físicos e químicos que sinalizam para uma possível existência de vida no passado marciano.

Contudo, acreditamos que em breve, face os objetivos traçados para o Perseverance - entre eles a coleta de materiais que serão, posteriormente enviados ao nosso planeta, aumentando, assim, o leque de estudo sobre os quais os pesquisadores poderão se debruçar - teremos uma resposta concreta rumo ao solucionar desse ressurgente questionamento.

3.11 A impossibilidade de um planeta gasoso abrigar vida

Como dito alhures, o sistema solar é constituído por uma única estrela, o Sol (ZABOTI, ____) e, entre outros astros, por oito planetas (RODRIGUES, 2003; MENDES, 2013; POLON, ____; SARAIVA; et al.; ____). Os quatro planetas gasosos ou gigantes do sistema solar são: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno

Sob o prisma estrutural um planeta rochoso/terrestre é internamente constituído de metal líquido ou pastoso e por uma camada externa sólida. Esta consistência sólida de sua camada mais externa possibilita, no caso da Terra, aos seres vivos nele vagar ou se fixar. O mesmo aconteceria nos demais planetas internos, postos todos rochosos, se eles abrigassem vida.

E os planetas gasosos como estão estruturados? Eles são essencialmente gasosos. Jamais conseguiremos andar ou nos fixar em sua superfície. No máximo que, hipoteticamente, conseguiríamos seria fazermos um mergulho entre as moléculas gasosas que os constituem, pois neles inexiste superfície sólida.

Percebemos, então, outra exigência, mesmo que indireta, para surgimento, florescimento e manutenção da vida, um substrato! O Astro candidato a abrigar vida,

necessariamente, tem que ser rochoso! Os seres vivos precisam se deslocar, nadar ou até mesmo se fixar. Para tanto necessitam de uma superfície sólida, que lhes sustentem, que lhes possibilitem sobre ela se deslocarem ou que lhes sirva de reservatório de água onde eles possam viver, em se tratando de organismos aquáticos.

Assim, não descartando as condições que um ambiente tem que oferecer para que a vida nele surja e se desenvolva, a formação, em sua maioria, eminentemente gasosa dos planetas gigantes revela-se um empecilho estrutural planetário para que a vida neles surja e se desenvolva. Ademais, os planetas gasosos do nosso sistema planetário encontram-se muito distante do Sol, sendo, por consequência, muito frios.

Júpiter e Saturno não são totalmente gasosos, a terceira camada, abaixo da superfície desses planetas, com espessura de sete mil quilômetros em Júpiter e de oito mil quilômetros e Saturno, são compostas por água na forma sólida.

A composição química dos planetas gasosos é bastante semelhante à do Sol. Assim, os planetas gasosos são ricos em gás hidrogênio. A camada mais externa do planeta Júpiter tem aproximadamente doze mil quilômetros de espessura sendo constituída por hidrogênio molecular, ou seja, por moléculas de gás hidrogênio (H_2).

A segunda camada, a contar do limite interno da primeira, possui 45 mil quilômetros de espessura, sendo constituída de hidrogênio metálico. Por suportar toda a massa da primeira camada, essa segunda camada encontra-se submetida a uma grande pressão. Algo similar acontece com Saturno (segunda camada com 14 mil quilômetros). A pressão exercida sobre a segunda camada desses dois planetas é tão grande que elas são comprimidas intensamente, de modo que os elétrons das moléculas de gás hidrogênio (H_2) ou hidrogênio molecular se desprendem dessas moléculas se difundindo entre elas formando um mar/nuvem de elétrons a ligar umas às outras. Nesta nova conformação química não se tem mais hidrogênio molecular (H_2) e sim, uma massa líquida altamente condutora de eletricidade. Essa é uma característica que se destaca, tanto em Júpiter quanto em Saturno, haja vista que esse campo elétrico tem a função de induzir e/ou manter o fortíssimo campo magnético presentes nesses dois planetas. Pode-se inferir, portanto, que a maior parte de Júpiter e Saturno são constituídas de hidrogênio metálico.

Todos os planetas gasosos apresentam núcleo rochosos. Assim, tanto para Júpiter como para Saturno, após a segunda camada (que é de hidrogênio metálico) temos o núcleo. O de Júpiter com um raio de aproximadamente sete mil quilômetros e o de Saturno oito mil. Os núcleos de Netuno e urano possuem, respectivamente, 8 e 10 mil quilômetros de raio.

As camadas de Netuno e Urano não são subdivididas em hidrogênio molecular, hidrogênio metálico e núcleo. Basicamente eles são constituídos de duas camadas, uma de hidrogênio molecular e outra que é o próprio núcleo. A ausência de hidrogênio molecular, em ambos, liga-se ao fato de a pressão exercida pela camada de hidrogênio molecular não ser suficiente para comprimir intensamente as moléculas de hidrogênio que se encontram mais internamente. Deste modo parte de seu hidrogênio molecular não tem como transmutar em hidrogênio metálico.

Reiterando, não existe possibilidade de desenvolvimento de vida nos planetas gasosos. Dentre a ausência de outras condições para a existência e manutenção da vida, eles não possuem uma superfície sólida a servir de substrato, nicho ecológico para a manutenção da vida como a conhecemos.

3.12 Alguns satélites naturais, do sistema solar, sob o prisma da vida

Satélite natural é um corpo celeste que gravita em torno de outro. Este é classificado como primário, aquele, secundário. São seis os planetas do sistema solar que possuem satélites naturais: Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

A Terra tem somente um satélite natural, a Lua. Marte possui dois: Fobos e Deimos. Júpiter é adornado por 79 satélites naturais dos quais quatro deles, Io, Europa, Ganimedes e Calisto foram descobertos por Galileu com o uso de sua luneta. O planeta Saturno também tem um grande time de satélites, 62 das quais daremos destaque a Enceladus. Urano possui vinte e sete enquanto Netuno é transladado por 13 satélites naturais.

Nosso satélite natural, a Lua, situado à aproximadamente quatrocentos mil quilômetros da Terra, é o corpo celeste mais próximo a nós. Os mistérios que dela emanam guardam estreita relação com a nossa existência. Sua expressiva onipresença no céu é algo que nos encanta, fascina e suscita em nós curiosidades desde os primórdios da humanidade.

Quais influências esse vizinho tão próximo pode exercer sobre nosso organismo e sobre nosso comportamento? Uma robusta corrente científica acredita que sem ele nosso planeta não teria trilhado o caminho evolutivo que o possibilitou adquirir o conjunto de características que hoje ostenta.

A pequena distância entre a Lua e a Terra, conjuntamente com seu grau de refletividade, seu albedo, que é o percentual de luz que incide sobre um corpo e é por ele refletida, é 0,12 fazem com que a intensidade de luz por ela refletida nos dê a impressão de ser ela o corpo mais

brilhante no céu noturno, quando, na verdade, ela é um corpo refletor de luz, e não emissor, que emite doze por cento da luz do Sol que a ela chega.

Embora seja fonte de mistérios e mitos, é um ambiente inóspito. Existe a mais de quatro vírgula cinco bilhões de anos. Nos seus últimos três ou quatro bilhões de anos era repleta de intensas atividades vulcânicas, mas hoje encontra-se aparentemente inativa.

Voltemos aos efeitos que este astro, do qual emanam mistérios, à existência da vida em nosso planeta. Que influências a Lua cheia exerce sobre a vida? A existência da relação entre a Lua e a Terra é um fato incontestável, salutar, então, imaginarmos que as fases da Lua exercem influência sobre a dinâmica da vida (BENN, 2001). Nossa tentativa de correlacionar comportamento humano e dos animais à Lua é histórico, advém dos primeiros passos da humanidade.

A ação da Lua sobre os oceanos é fato cientificamente comprovado. Os oceanos cobrem cerca de setenta por cento da superfície de nosso planeta, e, em média, setenta por cento do organismo humano é composto por água. Algumas pessoas comumente fazem essa correlação na tentativa de justificar a crença de que a Lua exerça influência sobre os corpos e, conseqüentemente, a mente (comportamento) humano.

Todavia o fato de a Lua exercer influência sobre as marés, este efeito de maré não é extensivo ao corpo humano. Assim a suposta influência que Lua exerce sobre nossos corpos e mentes, por carecer de embasamento científico, permanece no campo das conjunturas advindas do poder mítico que esse astro exerce sobre nosso imaginário.

As imagens tiradas da superfície da Lua evidenciam que sua superfície é formada por áreas claras e escuras. Essas diferenças de cores se traduzem em regiões de vales e montanhas. As áreas claras são planaltos acidentados remanescentes da primordial crosta lunar intensamente destruída pelos impactos de cometas, asteroides e meteoroides.

Já as regiões mais escuras, comumente nominadas de “Maria” em alusão a mar – constituem depressões (crateras) que no passado eram cheias de lavas na forma líquida, mas que hoje, mostram-se solidificadas. Essas crateras presentes na superfície lunar se originaram devido a impactos, contra o astro, de asteroides, cometas e meteoroides no decorrer dos bilhões de anos de existência da Lua.

Dos efeitos que Lua causa na Terra o mais facilmente identificável é o relacionado às marés. O conhecimento popular interpreta o fenômeno das marés como os dois momentos de um dia em que o nível da água do mar sobe e depois desce ou, mais comumente entendido, como o avanço e recuo do mar.

Contudo, este avanço e posterior recuo da água do mar é um fenômeno relacionado à interação gravitacional entre a Terra e a Lua. Quando, em seu movimento de translação ao redor da Terra, a Lua passa pelas regiões de oceanos ela atrai a massa de água dos oceanos em sua direção (formando as protuberâncias de marés), com isso há a elevação do nível dos oceanos e o consequente avanço do mar. É isso que nominamos de maré alta.

Tanto a força gravitacional do Sol como a da Lua influenciam na formação das marés. Contudo, pelo fato de a Lua se encontrar mais próxima à Terra, a força gravitacional desta se mostra muito mais intensa do que a do Sol no que concerne ao fenômeno das marés.

As protuberâncias de marés, por sua vez, interferem no período de rotação da Terra, haja vista que a Lua, concomitantemente, se afasta da Terra nos pontos destas protuberâncias, fenômeno que causa uma desaceleração no movimento de rotação da Terra.

Assim, a Lua assume um papel estabilizador, pois sem ela nosso planeta giraria com velocidade maior, de maneira a completar seu movimento rotacional em apenas seis horas. A ausência de nosso satélite natural causaria consequências desastrosas à vida na Terra.

Sem a Lua, o período rotacional da Terra seria tão acelerado que um dia terrestre se reduziria a apenas seis horas; o que certamente, resultaria em uma efetiva interferência no surgimento e desenvolvimento da vida em nosso planeta, haja vista que a existência da vida no planeta Terra, se deve, em parte, à influência da Lua sobre ela (BENN, 2001; TRANFIELD, 2013; TRANFIELD, 2013).

A Lua propiciou a criação do ambiente, na Terra, que desencadeou a vida. Como já dito, é ela a responsável pelas marés oceânicas (BENN, 2001; TRANFIELD, 2013).

Há 4,5 bilhões de anos as forças gravitacionais entre a Lua e a Terra eram muito mais intensas que as atuais. Nestes tempos ela se encontrava muito mais próxima de nós; tanto é que levava apenas cinco horas para orbitar nosso planeta. A gravidade então exercida pela Lua de outrora, sobre a Terra, também contribuiu com a história do surgimento e evolução da vida em nosso planeta (BENN, 2001; TRANFIELD, 2013).

Essa maior proximidade entre a Lua e a Terra desencadeou marés até três mil vezes maiores que as atuais. Consequentemente volumes elevados de água invadiam cíclica e mais intensamente os continentes, em um curto período de tempo, já que o dia terrestre, de então, contava com apenas seis horas.

Os avanços dessas marés gigantes sobre os continentes deram as suas contribuições para que os oceanos fossem transformados em um ambiente propício ao surgimento e desenvolvimento da vida. A energia de movimento contida nestas marés invasoras (marés altas) traziam consigo, em seu recuo (maré baixa) um gama de nutrientes para dentro dos oceanos

formando, assim, a conhecida sopa primordial dos oceanos primitivos, base para o surgimento e desenvolvimento das primeiras manifestações de vida (TRANFIELD, 2013).

A vida como a conhecemos necessita fazer também reverências constantes a este satélite natural. O relógio biológico de muitas espécies foi programado, em decorrência da influência da Lua sobre a Terra, para perfazer um ciclo de aproximadamente vinte e quatro horas.

A não existência do nosso satélite natural reduziria o dia terrestre a apenas um quarto do dia atual e, certamente, se a vida ainda assim existisse neste planeta; provavelmente teria seguido por outros caminhos adaptativos; levando-nos a concluir, portanto, que seria completamente diferente da vida como hoje a conhecemos (TRANFIELD, 2013).

Os satélites naturais são classificados em regulares e irregulares. Regulares são os que percorrem órbitas circulares acima do equador de seus planetas, a exemplo da nossa Lua. A formação dos satélites regulares, com exceção da Lua, que se formou em decorrência de um impacto, se deu por conta da aglutinação de gases que se concentravam no entorno de seus planetas, num processo de acreção. Irregulares são os que perfazem órbitas alongadas e acentuadamente inclinadas em relação ao equador de seus planetas.

São dois os satélites naturais de Marte, Deimos e Fobos. Fobos orbita a seis mil quilômetros da superfície de Marte, dentre as Luas existentes no Sistema Solar é a que orbita em maior proximidade de seu planeta.

Júpiter, o gigante gasoso, atualmente contabiliza 79 satélites naturais. A gigantesca pressão que a atmosfera de Júpiter exerce impossibilita sua exploração mesmo que indireta. Contudo, algumas luas desse planeta colossal acenam como uma possível plataforma de colonização. Io, Europa, Ganimedes e Calisto são as luas regulares de Júpiter, também nominadas de satélites galileanos por terem sido descobertos por Galileu. Haveria manifestação de vida em alguma lua jupiteriana?

Io é o primeiro satélite galileano, descoberto em 1610, é também nominado Júpiter I, por ser o mais próximo, se encontra a quatrocentos e vinte e três mil quilômetros da superfície de Júpiter planeta. Ele foi sobrevoado por três naves espaciais, a Voyager-1 em 1979 e pela Voyager-2 e Galileu em 1999. Os registros feitos por estes sobrevoos possibilitaram tomarmos conhecimento de que essa lua galileana apresenta atividade “geológica”; aliás é ela o corpo com maior intensidade “geológica” do sistema solar. É repleta de vulcões ativos, dos quais muitos deles ejetam lava rica em enxofre, sendo isso o que confere o tom amarelado a este satélite. O ambiente hostil de Io, entre outros fatores, não só torna improvável a existência de qualquer forma de vida neste satélite, como elimina qualquer possibilidade de o mesmo se tornar uma plataforma de pesquisa do planeta gigante.

Contudo, o segundo satélite natural de Júpiter, chamado Europa ou Júpiter II acena como uma possibilidade de plataforma de pesquisa acerca do planeta gigante e também com a possibilidade da existência de vida nesta lua. Este satélite orbita a seiscentos e quarenta e três mil quilômetros de distância da superfície de Júpiter. Em 1998 a nave espacial Galileu sobrevoou Europa nos revelando ser ele um corpo coberto por uma espessa camada de gelo que apresenta fraturas. Em muitos pontos da superfície de Europa a temperatura chega a 323 graus negativos. Contudo ainda assim existe calor em alguns outros pontos dessa superfície congelante, calor esse que flui do seu interior para a sua superfície através das fraturas nela existentes. Mas a característica marcante dessa lua, no que tange a possibilidade de ela abrigar algum tipo de ser vivo é, precisamente, o fato de nela existir um oceano de água líquida abaixo da camada de gelo que a recobre, havendo, portanto, água líquida no subsolo desta lua. A água de Europa transborda na superfície por meio das fendas ou rachaduras da camada de gelo que constitui a sua superfície. Este oceano de água líquida, ao que tudo indica, encontra-se próximo à superfície; localizando-se entre dezesseis a vinte e quatro quilômetros abaixo desta. Este satélite também apresenta atividade “geológica” que é representada pelo tectonismo e pelo criovulcanismo – fenômeno, comum em luas e planetas gelados, similar ao vulcanismo, porém os vulcões, em questão, não expõem lava, e sim, algum tipo de substância volátil, a exemplo da água, amoníaco ou metano.

Ganimedes, também chamado de Júpiter III, é o terceiro do satélite galileano, enquanto Calisto ou Júpiter IV é o quarto deles. Também no subsolo destes satélites existe água na forma líquida.

Enceladus, um dos 62 satélites de Saturno é uma lua extremamente brilhante. Não possui, como todo satélite e planeta, luz própria, seu brilho intenso se deve ao seu alto grau de refletividade, ou seja, ao seu albedo que é o percentual de luz que incide sobre um corpo e é por ele refletida. O albedo de enceladus é 0,99. Significa dizer que 99% da luz que incide sobre este astro é por ele refletida. Aliás. Enceladus é o corpo que apresenta o maior albedo entre todos os outros corpos que compõem o sistema solar.

Enceladus possui um lago de água, ou seja, água na forma líquida, abaixo da grossa camada de gelo que recobre o satélite, precisamente em seu polo sul. As ejeções de água (gêiseres) neste polo, primeiramente verificadas pela nave espacial Cassini, se devem à presença de fraturas ou criovulcões nesta parte da camada de gelo que recobre o satélite (PORCO; *et al.*, 2006).

Percebe-se que a existência de água e de água no estado líquido não se constitui em uma prerrogativa da Terra. Em vários astros do sistema solar esta substância, imprescindível à vida

como a conhecemos, se faz presente. Como reportado alhures, água no estado sólido encontra-se presente em diversos planetas e satélites que compõem nosso sistema planetário, bem como em alguns outros corpos que dele fazem parte.

Contudo, nossa busca maior, pois o foco é a vida, é encontrar água na forma líquida em outros astros, que não a Terra, componentes do sistema solar. Esta substância, neste estado físico, também se encontra relativamente distribuída em nosso sistema planetário, porém no subsolo de alguns astros; a exemplo dos satélites: Europa, Ganimedes e Calisto – três dos quatro satélites galileanos; e de Titan e Enceladus, dois do conjunto de sessenta e dois satélites naturais pertencentes a Saturno. Nosso satélite natural também possui água em estado sólido sob sua superfície.

Todavia, a Terra, até o presente momento, é o único astro do sistema solar e do universo, em que temos ciência da existência de água líquida em sua superfície. Temperatura e pressão são as variáveis físicas que irão atuar na definição do estado físico desta substância. Portanto tem-se um conjunto de condições físicas e químicas que um astro deve estar submetido para que a água líquida coexista em sua superfície. Por exemplo, a distância em que ele se encontra da sua estrela, o grau de radiação (calor) que chega até ele, a espessura e composição de sua atmosfera, entre outros.

Logo, a existência de água líquida na superfície de um astro e, conseqüentemente, nele a possível existência de vida não são acontecimentos aleatórios, mas sim, fenômenos que se manifestam devido a um todo complexo de fatores físicos e químicos que ocorrem simultaneamente. Destarte, a existência de água líquida no subsolo de um astro não o caracteriza como habitável, porquanto essa água não existir, neste estado físico, na sua superfície.

Embora o presente trabalho foque o sistema solar sob a perspectiva biológica e química do planeta Terra, no que concerne ao surgimento, desenvolvimento e florescimento da vida, inevitavelmente seu desenvolvimento e sua aplicação junto aos alunos nos possibilitará a intermediá-los a uma viagem de conhecimentos que vai muito além do sistema solar em si, vez que este representa apenas uma ínfima fração de um todo chamado Universo. O Cosmo é formado por cerca de 200 bilhões de galáxias, contendo cada uma delas, aproximadamente, 300 bilhões de estrelas; portanto, com a possibilidade de uma profusão de sistemas planetários em cada uma das galáxias que o compõe; não sendo, por conseguinte, o Sistema Solar o único do Universo. Nosso trabalho nos conduz, então, reflexamente, ao grande questionamento, em voga; estamos sozinhos no Universo? É o planeta Terra, dentre todos os existentes no Universo, o único a abrigar vida?

Como o conhecimento devidamente estimulado é algo salutarmente viciante, nos tornando, conseqüentemente, dependente de mais e mais saberes; o presente trabalho de certamente não se resume em si mesmo, haja vista que se constitui, também, em deixa para se dar posterior continuidade a busca de novos saberes que enfoque a possibilidade de existência de vida em outros mundos além do sistema solar.

Serve de lastro, para futuramente, se trabalhar, junto aos alunos, com a linha de pesquisa que hoje a planetologia se debruça – o estudo dos exoplanetas; lançando o alunato em uma busca de conhecimentos acerca dos exoplanetas. Busca esta, alicerçada nos conhecimentos biológicos, químicos e físicos, gradativamente adquiridos e armazenados na mochila, os quais tornaram possível a vida na Terra.

Nesta pretensa futura aventura, rumo às pesquisas sobre exoplanetas, o alunato adquirirá conhecimentos que o possibilite identificar as principais características dos exoplanetas, onde buscar dados sobre eles, bem como aplicar o que foi apreendido sobre Zona de Habitabilidade, na seara do sistema solar, no que concerne aos sistemas exoplanetários a serem investigados (RAMANZOTI, 2015). Tudo isso com o objetivo maior de apreensão de conhecimentos acerca das atuais pesquisas sobre a possível existência de vida também fora do Sistema Solar (TVUNESP, 2018).

3.13 A origem da vida na Terra

Como a vida se originou (JOYCE, 1989), de que os seres vivos são formados? Estes eram os grandes questionamentos, da comunidade científica, no final do século dezessete XVII e início do século XVIII. E neste cenário entram em embate duas teorias: a teoria da abiogênese ou teoria da geração espontânea, de base aristotélica, segundo a qual a vida se origina da matéria inanimada, tendo como seu maior defensor o médico belga Jean Baptiste van Helmont (1577-1644) e a teoria da biogênese em que seu cerne era a afirmação de que um ser vivo só poderia existir de outro ser vivo pré-existente. Os expoentes que a defendia foram o médico italiano Francesco Redi (1577-1644), o naturalista, também italiano, Lazzaro Spallanzani (1729-1799) e o químico francês Louis Pasteur (1822-1895) que já no século XIX, através de um experimento, enterrou definitivamente qualquer possibilidade de se aventar que qualquer forma de vida fosse gerada a partir da matéria inanimada (KAUFFMAN, 2011).

3.13.1 A Teoria de Oparin e Haldane - uma exegese limitada da produção de moléculas orgânicas centrada, exclusivamente, na Terra

Consolidada a teoria da biogênese, surge, no início do século XX, a teoria elaborada por Oparin e Haldane, segundo a qual se afirma que a vida teria surgido a partir de uma evolução gradativa dos sistemas químicos (KAUFFMAN, 2011; TIRARD, 2017; KUMAR; STEELE; WICKRAMASINGHE, 2020).

Estes cientistas defendiam a tese de que a atmosfera da Terra primitiva era formada pelos gases: metano (CH₄), hidrogênio (H₂), nitrogênio (N₂), amônia (NH₃) e vapor d'água (H₂Og). A ausência de gás oxigênio na composição atmosférica redundava na não existência da camada de ozônio. Portanto, sob esse enfoque, nossa atmosfera primitiva não possuía a camada desse gás que hoje protege nosso planeta da maior incidência dos raios ultravioletas provenientes do Sol.

Essa atmosfera era o meio de condução de intensas e contínuas descargas elétricas e estas, juntamente como a alta incidência de raios ultravioletas que chegavam à superfície do planeta, constituíram-se em fonte de energia para, segundo esses cientistas, a síntese de matéria orgânica ocorresse.

Essa síntese de matéria orgânica necessitava de um substrato aquoso para que as reações químicas pudessem ocorrer de maneira satisfatória. Este, consoante Oparin e Haldane, existia naquele ambiente; era nosso oceano primitivo - uma sopa primordial em constante agitação que possibilitou, sob a ação de descargas elétricas e a incidência de raios ultravioletas, que as substâncias químicas, nela presentes, reagissem entre si produzindo os precursores da vida - os coacervados ou protobiontes - aglomerados de moléculas com um ambiente químico interno diferente do meio em que se encontravam inseridos, como ocorre hoje com a célula, a unidade fundamental dos seres vivos, mas diferentemente desta no tocante ao fato de não serem dotados do capacidade de reprodução (KAUFFMAN, 2011).

Nos anos cinquenta Stanley Miller e Harold Urey montaram uma aparelhagem que os possibilitaram testar a hipótese de Oparin e Haldane gerando, assim, um experimento, por meio do qual se simulou as condições, apontadas pelos dois teóricos, existentes na Terra primitiva. O experimento, simulando descargas elétricas e o aquecimento de uma solução aquosa, composta com amônia (NH₃), metano (CH₄), Nitrogênio (N₂) e hidrogênio (H₂), em um circuito fechado, resultou na produção de uma solução aquosa contendo moléculas orgânicas mais complexas do que o metano e habitualmente encontradas nos seres vivos (KAUFFMAN, 2011).

A crença da exclusividade na produção de moléculas orgânicas complexas, atribuída aos seres vivos, cai por terra.

Contudo, sem a pretensão de diminuir o mérito da teoria Oparin e Haldane, confirmada por Miller e Urey, mostra-se relevante observar que a teoria em foco, juntamente com o experimento que a referendou, considerou a Terra como um complexo pronto e acabado em si mesmo.

Parte alguma é maior que o todo! Não obstante, o fato de esses pesquisadores, aparentemente, não terem se preocupado em questionar como a água desse oceano primitivo surgira na Terra; como e onde se originaram as substâncias que compunham a atmosfera primitiva e, por conseguinte, a sopa primordial que caracterizava o oceano primitivo (BRACK, 1998).

Se ampliassem o campo de visão concluiriam que o universo foi e sempre será a base de tudo; mesmo que ainda no contexto científico e cultural da década de 1920, momento em que a presente teoria foi proposta, ou mesmo na década de 1950, quando a mesma foi testada e comprovada.

O Universo aí se encontra, não só fazemos parte dele, portanto, ele está aí a nos esperar, em sua contínua e complexa produção de elementos químicos e substâncias advindas do início do Big Bang, da fissão de raios cósmicos, de fusões de estrelas de neutros, de explosões de anãs brancas e de explosões de estrelas de pequena e alta massa, para que confirmemos a existência de vida fora desse ínfimo ponto dele faz parte que é o planeta Terra (DUARTE; LIMA, 2004)

3.13.2 Panspermia – uma teoria mais condizente acerca da origem das moléculas precursoras da vida

Não é difícil entender que a existência da vida, sob qualquer forma de manifestação, está intrinsecamente ligada ao Cosmo, precisamente às estrelas.

É cediço que água e poeira cósmica, essa com composição química diversificada e abundante no espaço, são produzidas continuamente no universo (BRANDÃO, 2020) - graças, entre outros, ao fenecimento de estrelas e a ejeção de matéria por buracos negros - é nele comumente são distribuídas.

A poeira cósmica tem em sua constituição uma gama de variedades de moléculas orgânicas. Aminoácidos são encontrados, com frequência, em meteoritos, provando que as moléculas orgânicas se formam em outras regiões do espaço e não tão somente na Terra. Os

cometas são outros corpos celestes dispersores de moléculas orgânicas e água. As nuvens moleculares densas – aquelas que se fragmentam para formar estrelas - também são reservatórios de moléculas orgânicas. Assim, a existência de complexas moléculas orgânicas fora do âmbito terrestre e do sistema solar é algo incontestável (CAMPINS; et al, 2010).

Destarte, embora só possuímos, ainda, lastro comprobatório de que a existência da vida, como a conhecemos, ter surgido e florescido somente na Terra; é cediço, hodiernamente, que substâncias orgânicas são produzidas em decorrência da etapa final, do ciclo de uma estrela moribunda e em outros fenômenos que ocorrem universo afora (DAVIS; LINEWEAVER, 2004).

O vocábulo panspermia nos remete à outra, entre as duas teorias anteriormente aludidas, a explicar a origem da vida, geralmente postas nos livros de biologia do primeiro ano do Ensino Médio.

Panspermia, palavra de origem grega, tem o significado de: “semente por todos os lados”. Segundo essa teoria, a vida na Terra teria se originado de seres vivos advindos do espaço. Estes encontraram, na Terra, ambiente profícuo para seu desenvolvimento, dispersão e biodiversidade (PARRILI, et al.; 2011).

A teoria da panspermia não é de agora. O primeiro que a ela fez alusão foi o filósofo grego Anaxágoras (500 a.C. – 428 a. C.). No século XIX alguns cientistas, a exemplo do médico e químico sueco Jön Jacob Berzelius (1779-1848) e do matemático e físico irlandês Willian Thomson (1821-1907), a recolocam em pauta no cenário científico de então. Para estes cientistas as substâncias orgânicas precursoras da vida teriam se originado no espaço e aqui aportaram por meio de meteoritos.

Hodiernamente essa teoria encontra-se assentada em duas correntes teóricas: a dos pesquisadores que defendem que não a vida; mas as substâncias componentes da bioquímica terrestre teriam chegado ao nosso planeta, vindo de variados pontos do universo, por meio de meteoritos; e a dos que afirmam que essa matéria aqui chegou transportada, ou seja, foi aqui plantada, por uma civilização inteligente alienígena.

A teoria defendida pelo grupo de pesquisadores componentes da primeira corrente recebeu, recentemente, relevante contribuição advinda de dois astrônomos: a do cingalês Chandra Wickramasinghe (1939-) e a do britânico Fred Hoyle (1915-2001). Eles se posicionaram no sentido da real possibilidade de os cometas carregarem vida bacteriana de um lugar para outro no espaço, frente a detecção da presença de matéria orgânica no espaço interestelar e sobretudo em cometas (HOYLE; WICKRAMASINGHE, 1986; HOYLE; WICKRAMASINGHE, 2000; CLELAND; *et al.*, 2006).

Um dos elementos probatório substancial dessa teoria foi o meteorito Murchison localizado em Murchison – Austrália (LAL, 2008; KVENVOLDEN; *et al.*, 1970).

Na década de 1970, um meteorito caiu em Murchison, Austrália (LAL, A. K., 2008). Chamado de meteorito Murchison, este material era um meteorito condronáceo rico em moléculas orgânicas, incluindo aminoácidos e lipídios. Resultados posteriores descobriram que a diversidade de moléculas orgânicas presentes no Murchison eram mais de 14.000, (...) o que levanta questões maravilhosas sobre a diversidade da química espacial, haja vista que o meteorito Murchison é anterior à formação da Terra. (KAUFFMAN, 2011. p. 35-36).

Parte alguma sobrepõe ao todo. A síntese pré-biótica vem se evidenciando comum ao Universo. São indícios de que a vida, sob condições planetárias ideais, certamente se desenvolveu em outros lugares do Cosmo, haja vista ser o Universo o laboratório químico original das substâncias químicas que possibilitaram o surgimento da vida, por enquanto sabida, nesta fração de seu todo chamada Terra.