

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ASTROBIOLOGIA: CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS DO ENSINO
FUNDAMENTAL SOBRE A VIDA, SUA ORIGEM, EVOLUÇÃO E
POSSIBILIDADES NO UNIVERSO.**

Elaborada por
ÍCARO DE MORAIS MONTEIRO

Orientadora
PROF^a DR^a LANA CLAUDIA DE SOUZA FONSECA

SEROPÉDICA – 2013

ÍCARO DE MORAIS MONTEIRO

PROF^a DR^a LANA CLAUDIA DE SOUZA FONSECA

**ASTROBIOLOGIA: CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS DO ENSINO
FUNDAMENTAL SOBRE A VIDA, SUA ORIGEM, EVOLUÇÃO E
POSSIBILIDADES NO UNIVERSO.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas do Instituto de Biologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SETEMBRO - 2013

ÍCARO DE MORAIS MONTEIRO

**ASTROBIOLOGIA: CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE
ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE A VIDA, SUA
ORIGEM, EVOLUÇÃO E POSSIBILIDADES NO UNIVERSO**

MONOGRAFIA APROVADA EM 13/09/2013



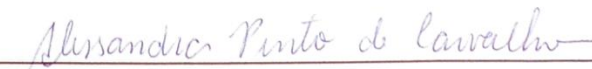
**LANA CLAUDIA DE SOUZA FONSECA
PRESIDENTE**



LÚCIO CARRAMILLO CAETANO



GABRIEL ZAMITH LEAL DALMASO



ALESSANDRA PINTO DE CARVALHO

AGRADECIMENTOS

Tenho duas considerações quanto aos agradecimentos. A primeira é que normalmente muitos deixam esta como a última parte do trabalho. Escrevem às pressas, vinte minutos antes de mandar o arquivo para impressão. Eu vou fazer diferente: começo a digitar estas linhas com mais de um mês e meio de prazo para entregar a monografia aos membros da banca. Outra consideração é o alcance desses agradecimentos. Ele não se restringirá apenas às pessoas que me ajudaram nesta monografia, mas também a todos que estiveram comigo durante o curso, e me ajudaram a crescer como pessoa e profissional. Portanto, aviso que esta seção ocupará algumas páginas. Aviso também que minha memória é um pouco problemática, de forma que peço perdão àqueles que eventualmente não estiverem aqui contemplados.

Agradeço primeiramente à **Natureza**, em todas as suas faces, dos quarks aos quasares, do visível ao invisível, essa força inconcebível, ao mesmo tempo pontual e difusa, que muitos (inclusive este que aqui escreve) convencionaram colocar um ou mais nomes e chamar de Deus (ou deuses).

Agradeço à minha **família**, minha mãe, **Maria**, e meu pai **José**, que em conjunto, ajudaram a construir meu caráter, se esforçaram e sacrificaram muitos dos sonhos deles para garantir que eu e meu irmão **Yuri** tivéssemos muitas das oportunidades que lhes foram negadas. E não, pai, eu ainda não sou “*doutor*”.

À minha namorada, quase noiva, **Nathália Pereira** que me aturou esses últimos dois meses, quando o trabalho aumentou e o tempo diminuiu. Se eu já sou insuportável em tempos normais, imagina com monografia atrasada... Meu porto seguro, a primeira pessoa que penso quando acordo e a última que penso antes de dormir. Desculpe pela ausência neste período tão conturbado. Prometo lhe retribuir.

Agradeço também ao Colégio Técnico da Universidade Rural – **CTUR**, do qual sou egresso. Foi graças ao CTUR que eu conheci a UFRRJ, e me encantei com esta universidade maravilhosa. Agradeço especialmente aos professores **Ana Lúcia, Eliane e Hélio**, com os quais tive o prazer de estudar biologia.

Agradeço também aos amigos que lá fiz, um grupinho muito bacana conhecido como “G-Muitos”: **Bruna, Camilla, Elena, Gabriella, Glauber, Joyce, Luis Felipe e Victor**. Vocês estão sempre comigo!

Agradeço é claro à **UFRRJ**, esta universidade única, o *campus* mais lindo do mundo, que me acolheu e foi como uma verdadeira mãe, me dando todo o suporte acadêmico e estrutural de que precisei. Espero poder um dia retribuir.

Agradeço aos meus **veteranos** (alguns dos quais ainda estão por aqui, não é **Danilo?**), que me proporcionaram uma semana de integração inesquecível, um verdadeiro mergulho nas Ciências Biológicas, sem falar na convivência durante esses anos. Ao **Tiago Ramos** (ou Tiago *Sargassum*), o monitor de todas as disciplinas, pelos momentos de descontração no quarto 635, juntamente com o “Zootecnólogo” **Rafael Ribeiro**, por sempre rir das minhas piadas (sqn).

Ao meu colega de quarto, (ou melhor, meu amigo de quarto) **Anderson** (o *Hata*) que me atura boa parte do tempo e sempre de bom humor, muito obrigado!

A todos os colegas de curso que conheci durante estes quase cinco anos, em especial o **Iuri Régis**, pelas boas conversas e indicações de livros e filmes, e também pelo interesse nesse tema tão incomum que escolhi trabalhar.

Agradeço é claro aos meus colegas da turma “*Cês são 10!*”: **Amanda Mendes**, menina rosa e “*hidrofilica*”, “*conterrânea*” de Nova Iguaçu, e companheira de viagem no Ponte Coberta por muito tempo; **Bianca Carbogim**, a “*Bianquéénha*”, defensora das tartarugas, sempre elétrica, espevitada e hiperativa; **Diego Penedo** (o *Ném*), meu “*Blódi*”, que sempre consegue piorar ainda mais o nível das minhas piadas... *Diego, você não sabe brincar!*; Ao Ícaro, digo, o **Igor Azevedo**, meu dublê, sócia, sombra, quase homônimo, até eu me confundo às vezes, desenhista de berinjelas e botânico nas horas vagas; À **Fernanda Amigo Pinto** (*hum... amigo pinto, heim!*), nossa *Fernadjéénha*, essa pessoa concluinte, a “*cocotinha*” da turma!; À **Lilian Brito**, pessoa “*frutofóbica*”, de mãos leves e movimentos furtivos, protetora das baratas (*olha a barata...*), agradeço por não ter tocado no meu computador com o seu “*Toque do Mal*”, que consegue queimar qualquer aparelho eletrônico; Ao **Ramiro Melinski**, companheiro de PIBID, o “*terror das consultorias*”, aquele cara que já está tonto antes mesmo de a festa começar; Ao **Rodrigo Feitoza**, que apesar de ser flamenguista, é uma ótima pessoa, afinal ninguém é perfeito, não é? E a **Gabriela Canosa**, a nossa “*patricinha de Botafogo*” e gerente do “*Erva Doce*”.

Aos “*anexos*” que foram se agregando à turma ao longo do tempo: **Bianca Ferreira da Silva** (*Qual Bianca?...*), meio pancada, mas uma pessoa excelente, mais conhecida como a “*Maria-Catanho*” da Marambaia!; **Viviane Lameirão** (a Vivi), pelas festas, Bixurrascos, dicas de concursos, e principalmente por sua monografia, que muito me inspirou sobre as concepções alternativas, muito obrigado!; A **Ariel Ludiosa**, a menina

que demora duas horas pra comer um pouquinho de arroz, sua amizade foi muito importante para mim. A **Helen, Melissa, e Jeniffer** (as irmãs da Lílian), pelos momentos de descontração e riso falando mal da Lílian.

Aos membros do **Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Biologia (GEPEnBio-UFRRJ)**, coordenado por Lana, que muito contribuíram para a construção desse trabalho com discussões, comentários e sugestões: **Bruna, Cássia, Polyanna, Rafaela, Karen, Letícia, Aline, Bianca, Diego, Fernanda, Vitor, Leandro, e outros**, pois as reuniões do grupo são sempre lotadas. Temos que começar a cobrar ingresso, Lana.

Aos “Atravessadores” da Biologia: **Priscyanne Siqueira, Daniel de Aquino, Daniel Ferreira, Tayane Martins, Bruno Pão de Queijo, Drielly Mokona, Jeferson Henrique** e tantos outros não se cansam de atravessar a *ponte entre o bem e o mal*.

Aos **alunos do sexto ano** que participaram dessa pesquisa, tão animados e prestativos. Em breve voltarei à escola com uma surpresa para vocês! Aguardem! Agradeço também à **professora da turma, a direção e coordenação** da escola: obrigado, meninas!

Um agradecimento especial à **equipe PIBID – zoologia: Aline Donato** (*Tô com tanto soooooono...*), **Bruna Giovanelli** (ou Bruninha, como ela prefere), **Cristiane Alves** (“*flango*”!) e seus altos papos impublicáveis, além de Fernanda e Ramiro, já citados antes. Agradeço pelos momentos em sala de aula, as fofocas, e os eventos locais e nacionais que participamos juntos, e pela convivência sempre divertida entre esse grupo incrível!

Falando no PIBID, não poderia deixar de agradecer (se que tenho como agradecer) às professoras **Lenir Furtado, Rosa Mendes e Solange Brandolini**. Mais do que orientadoras, verdadeiras mães para mim (e para todo o grupo)! Sempre vou me lembrar dos momentos de descontração, das reuniões, da bagunça de papéis na mesa do Ildemar, das viagens, dos eventos. Mesmo sem reunião marcada, nós sempre dávamos um jeito de nos encontrarmos na sala da Lenir. Esse professor que aqui se forma deve muito a todas vocês.

À professora **Veronica Moura**, minha primeira e eterna orientadora, professora, mãe, amiga e, no que dependesse dela, sogra também. “*Mas Carol chegou tarde, infelizmente*”, como ela costuma dizer. Como sinto falta dos tempos em que fui seu monitor. Mas não se preocupe, de vez em quando apareço para perturbar você!

À professora **Maria Luiza Krueel**, uma das pessoas mais “*primorosas*” que tive a honra de conhecer. Me ensinou muito do que sei sobre ser professor. Com amizade e disciplina, com simplicidade e elegância, professora por excelência.

Não posso deixar de agradecer à **banca** maravilhosa e multidisciplinar que topou participar desta obra:

Agradeço à professora **Alessandra Carvalho**, do curso de comunicação social e jornalismo da UFRRJ, trabalhando com jornalismo científico e divulgação, e que se mostrou solícita desde antes desse projeto tomar forma. Suas palavras, principalmente antes da defesa, foram muito importantes para mim.

Agradeço ao professor **Lúcio Carramillo**, do DG. Sim, o melhor professor da Biologia é um geólogo! Para mim, mais do que da Biologia, mas sim do mundo, do sistema solar, da galáxia! Muito obrigado!

Agradeço ao **Gabriel Dalmaso**, o *astrobiólogo* da banca, que viajou até os confins da galáxia para chegar em Seropédica (e quase não o deixaram voltar para o Rio)! Não tenho como agradecer suas contribuições neste trabalho. Transmita meus agradecimentos também à sua orientadora, professora **Claudia Lage**, por tão preciosa e acertada indicação. Desejo muito sucesso em suas pesquisas!

E terminando (ufa, eu avisei que ia ser longo!), agradeço à professora **Lana Fonseca**, minha orientadora, conselheira, amiga, mãe, *maione se*, digo, patronesse da nossa turma. Sempre com um conselho, uma palavra de carinho, ou um sorriso tranquilizador “*Calma, que vai dar tempo, querido*”, e não é que deu mesmo?! Não tenho palavras para expressar minha gratidão por aceitar participar desta aventura, por contribuir de tal forma com minha formação. Lana, vou logo avisando: vai ser difícil largar de você! E eu não imito ninguém, eu sou uma pessoa séria! Rsrrsrsrs...

Por fim (quase lá) a **todos** que puderam ir, que lembraram (mesmo com um “*ih, caramba... foi ontem!*”) ou que enviaram bons pensamentos durante a defesa desta monografia. Vocês ajudaram muito!

E a todos os autores, professores, pesquisadores, estagiários, divulgadores, entusiastas e simpatizantes da Astrobiologia do Brasil. Pois, como disse certa vez um tal de Isaac Newton, se cheguei até onde estou e consegui olhar mais longe, foi porque estava erguido sobre os ombros de gigantes! (Agora sim acabou!)

Ausência de evidência não é evidência de ausência.”

Carl Sagan

RESUMO

ASTROBIOLOGIA: CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE A VIDA, SUA ORIGEM, EVOLUÇÃO E POSSIBILIDADES NO UNIVERSO.

Neste trabalho objetivamos investigar as concepções de alunos do sexto ano do ensino fundamental de uma escola municipal de Seropédica (RJ) sobre a Astrobiologia, uma recente disciplina científica que estuda a vida como um elemento intrínseco do universo. Apresentamos um breve resumo da construção da astrobiologia ao longo do tempo, bem como algumas considerações sobre as linhas de pesquisa atuais e perspectivas futuras da busca de vida fora da Terra. Incluímos também uma discussão sobre a definição de vida, e as implicações dessa questão para a pesquisa astrobiológica. Como metodologia de investigação dos conhecimentos prévios dos alunos, usamos questionários compostos por questões objetivas, discursivas e de desenho, versando sobre vida fora da Terra, conhecimentos de Astronomia, religião e outros. Analisamos o conteúdo das respostas de modo a conhecer que concepções esses alunos trazem sobre esse tema tão instigante que se situa na fronteira do conhecimento.

Palavras-chave: Astrobiologia, Concepções prévias, Ensino de Ciências, Questionário, Definições de Vida.

ABSTRACT

In this study we aimed to investigate the previous knowledge of sixth graders of elementary education at a public school of Seropédica (RJ) on Astrobiology, a recent scientific discipline that studies the life as an intrinsic element of the universe. We present a brief summary of the construction of astrobiology over time, as well as some considerations about the lines of current research and future prospects of the search for life beyond Earth. We have also included a discussion on the definition of life, and the implications of this question for astrobiology research. As methodology for investigating students' previous knowledge, we use questionnaires consist of objective, discursive and design questions, dealing with life beyond Earth, knowledge of astronomy, religion and others. We analyzed the contents of responses to know what ideas these students bring about this subject so compelling that lies at the frontier of knowledge.

Keywords: Astrobiology, previous conceptions, Science Education, Questionnaire, Definitions of life.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiii
LISTA DE ANEXOS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABELAS	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Astrobiologia: considerações sobre a busca científica de vida no universo ...4	
2.1.1. “Tem alguém aí?” Fazendo boas perguntas	4
2.1.2. Alguns acontecimentos importantes na história da Astrobiologia.....	6
2.1.3. Evolução química e o universo “biófilo”.....	7
2.1.4. Extremófilos e a vida como praga.....	8
2.1.5. As sondas espaciais e a pesquisa in loco.....	9
2.1.6. Marte ataca! Panspermia balística.....	11
2.1.7. Descobrimos exoplanetas.....	12
2.1.8. Descobrimos vida em exoplanetas.....	17
2.1.9. “Ora direis, ouvir estrelas”o projeto SETI e a inteligência extraterrestre....	18
2.1.10. Astrobiologia no Brasil – breve comentário.....	19
2.1.11. Astrobiologia e Educação – um processo em construção	21
2.1.12. Discussões filosóficas em Astrobiologia.....	22
2.2. Vida: reflexões de uma busca circular	26
2.2.1. Posição atual da Ciência sobre a origem da vida no planeta Terra.....	26
2.2.2. Tentando definir vida.....	27
2.2.3. A vida nos livros: um breve comentário.....	30
2.2.4. O que é a vida <i>terrestre</i> ? Nosso ponto de partida.....	32
2.2.5. Que outros tipos de vida podem existir?.....	35
2.2.6. O que é vida? O que é o tempo?.....	37
3. METODOLOGIA	39
3.1. Objetivos.....	39
3.2. O local de coleta de dados.....	39
3.3. Os sujeitos da pesquisa	39
3.4. O instrumento de coleta de dados.....	40

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1. Bloco 1 – Astrobiologia.....	42
4.2. Bloco 2 – Vida Fora da Terra.....	43
4.3. Bloco 3 – Terra: planeta único?.....	45
4.4. Bloco 4 – Astronomia.....	47
4.5. Bloco 5 – Religião.....	49
4.6. Bloco 6 – Influência da Religião.....	50
4.7. Bloco 7 – Desenho.....	52
4.8. Bloco 8 – Comentário livre.....	58
4.9. Questionário para a professora.....	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
6. ANEXOS.....	63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AstroLab:** Laboratório de Astrobiologia – USP
- BWA:** Brazilian Workshop on Astrobiology
- CHON:** Carbono, Hidrogênio, Oxigênio e Nitrogênio
- DNA:** Deoxyribonucleic Acid – Ácido Desoxirribonucleico
- ESA:** European Space Agency (Agência Espacial Europeia)
- ET:** Extraterrestre
- GEPEnBio:** Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Biologia – UFRRJ
- HP:** Habitabilidade Planetária
- IDEB:** Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
- LDB:** Lei de Diretrizes e Bases da Educação
- MEC:** Ministério da Educação
- NAI:** NASA Astrobiology Institute (Instituto de Astrobiologia da NASA)
- NAP-AstroBio:** Núcleo de Pesquisas em Astrobiologia da USP
- NASA:** National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço)
- OVNI:** Objeto Voador Não Identificado
- PCN:** Parâmetros Curriculares Nacionais
- PIBID:** Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
- RBA:** Rede Brasileira de Astrobiologia
- SETI:** Search of Extraterrestrial Intelligence (Busca por inteligência extraterrestre)
- SPASA 2011:** São Paulo Advanced School of Astrobiology – 2011 (Escola Avançada de Astrobiologia de São Paulo – 2011)
- UEL:** Universidade Estadual de Londrina
- UEPG:** Universidade Estadual de Ponta Grossa
- UFRJ:** universidade federal do rio de janeiro
- UFRGS:** Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UFRRJ:** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- Unisinos:** Universidade do Vale dos Sinos
- USP:** Universidade de São Paulo

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Questionário aplicado aos alunos do sexto ano do ensino fundamental.....	63
Anexo 2 – Questionário aplicado à professora da turma.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas científicas envolvidas na pesquisa astrobiológica.....	5
Figura 2 - Laboratórios astrobiológicos naturais do nosso sistema solar.....	11
Figura 3 - O meteorito marciano ALH84001 e uma suposta bactéria fossilizada.....	12
Figura 4 - Esquema ilustrativo do método de trânsito planetário.....	13
Figura 5 - Esquema ilustrativo da interação gravitacional entre estrela e planeta.....	14
Figura 6 - Esquema ilustrativo do fenômeno microlente gravitacional.....	15
Figura 7 - Imagens de exoplanetas em torno de suas estrelas.....	16
Figura 8 - Zonas habitáveis tradicionais do Sol e da estrela Kepler-22.....	17
Figura 9 - Gráficos de espectro e composição atmosférica da Terra.....	18
Figura 10 - Radiotelescópios usados pelo SETI para captar sinais de rádio estelares.....	20
Figura 11 - Equação de Drake.....	24
Figura 12 - Lagos de Titã, a maior lua de Saturno.....	37
Figura 13 - Bloco 1 – Astrobiologia.....	42
Figura 14 - Bloco 2 – Vida fora da Terra.....	43
Figura 15 - Bloco 3 – Terra: planeta único.....	45
Figura 16 - Bloco 4 – Astronomia.....	47
Figura 17 - Bloco 5 – Religião.....	49
Figura 18 - Bloco 6 – Influência da Religião.....	51
Figura 19 - Bloco 7 – Desenho.....	52
Figura 20 - Aluna G.....	55
Figura 21 - Aluno U.....	55
Figura 22 - Aluna K.....	55
Figura 23 - Aluna F.....	55
Figura 24 - Aluna M.....	55
Figura 25 - Aluno N.....	55
Figura 26 - Aluna V.....	55
Figura 27 - Aluno B.....	55
Figura 28 - Aluno I.....	55
Figura 29 - Aluna O.....	56
Figura 30 - Aluna S.....	56
Figura 31 - Aluna T.....	56
Figura 32 - Aluna D.....	56
Figura 33 - Aluna A.....	56
Figura 34 - Aluno L.....	57
Figura 35 - Aluna Q.....	57
Figura 36 - Aluno E.....	57
Figura 37 - Aluno P.....	57
Figura 38 - Aluno J.....	57
Figura 39 - Aluno R.....	57
Figura 40 - Aluna C.....	57
Figura 41 - Aluno H.....	57
Figura 42 - Bloco 8 – comentário livre (opcional).....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação e exemplos de organismos quanto a resistência a condições extremas.....	9
Tabela 2 - Faixa etária dos alunos que responderam o questionário.....	42
Tabela 3 - Respostas à questão 4 “ <i>Se você respondeu sim à pergunta anterior, onde você ouviu falar sobre isso?</i> ”.....	44
Tabela 4 - Opções marcadas pelos alunos na questão “ <i>Onde você aprendeu sobre Astronomia?</i> ”.....	48
Tabela 5 - Religiões dos alunos sujeitos da pesquisa.....	50
Tabela 6 - Constância com que os alunos relataram frequentar suas religiões.....	50
Tabela 7 - Resultados da análise dos desenhos dos alunos.....	54

1. INTRODUÇÃO

Creio ser mais adequado começar esta introdução contando brevemente sobre os acontecimentos que aos poucos foram delineando, direta ou indiretamente, a trajetória que culminou na minha escolha pela pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia, bem como despertou meu interesse pela temática do presente trabalho, a Astrobiologia.

Os conteúdos da disciplina de ciências despertaram meu interesse desde cedo. No ensino fundamental, assim que chegava o livro eu folheava-o do início ao fim, procurando assuntos interessantes sobre qualquer coisa. No ensino médio, onde os conteúdos de Ciências são desmembrados e aprofundados em outras três disciplinas, a Física, a Química e a Biologia, foi por esta última que meu interesse prevaleceu, embora continue acompanhando temas referentes às outras. Além dos conteúdos, a atuação de diversos professores de Ciências e Biologia que tive nesse tempo também contribuíram com construção desse interesse dentro de mim pela área biológica, e principalmente pela escolha da licenciatura.

Nos primeiros períodos de faculdade, deparei-me com uma questão que me deixou um tanto decepcionado: a fragmentação e a especialização das pesquisas em biologia. Os exemplos que eu tinha até então de profissionais das ciências biológicas eram os meus professores de ciências e biologia, pessoas que me passavam a impressão de saber sobre um grande leque de assuntos, de modo que o conceito de biólogo construído por mim era algo semelhante a esses professores, que discutem de tudo um pouco. Essa necessidade de escolher apenas um pequeno campo de estudo e só a ele se dedicar fez com que eu não buscasse estágio em nenhum laboratório por mais de dois períodos, enquanto muitos já o faziam desde os primeiros meses de curso.

No início do terceiro período, abriram duas vagas de monitor para a disciplina Morfologia Externa de Fanerógamas, do departamento de Botânica. Fiz a prova e passei, e assim começou minha primeira experiência docente na graduação, conhecendo a dinâmica de preparação e condução das aulas pelos professores, bem como auxiliando os alunos com os conteúdos dessa disciplina, o que muito me agradava mesmo na época de provas, quando o trabalho triplicava.

Depois de três períodos como monitor, concorri ao processo de seleção para o PIBID, um projeto voltado exclusivamente para a licenciatura, do departamento de Biologia Animal. Vi a oportunidade de estar mais perto da prática docente, inserido em meu futuro ambiente de trabalho. E o mais importante: foi no PIBID que descobri efetivamente a pesquisa em Educação e Ensino de Ciências e Biologia. Nesse campo, eu

poderia falar tanto sobre pulgas quanto sobre galáxias, dialogando com reflexões e práticas pedagógicas, como atestei ao participar de um encontro regional e outro nacional em ensino de Biologia.

Resumidamente, foi essa a trajetória que me trouxe à pesquisa em educação. Mas isso ainda não explica minha opção por abordar o tema Astrobiologia nesta monografia. Como disse anteriormente, embora tenha escolhido Biologia, sempre mantive interesse por certos assuntos e discussões de outras disciplinas, uma das quais é a Astronomia. Os conteúdos de Astronomia no Ensino Fundamental são comumente abordados no sexto ano. No Ensino Médio, geralmente nas aulas de Física do primeiro ano, com um enfoque muito matemático e descontextualizado. Algumas vezes, também no terceiro ano dentro de tópicos de física moderna, quando muito. No meu caso, estudei astronomia apenas no sexto ano, e muito superficialmente, mas sempre procurei me informar sobre essa temática, pela qual tenho um grande fascínio.

Foi pesquisando sobre astronomia que tomei conhecimento da Astrobiologia, um campo de estudo recente, de tecnologia de ponta, porém que mais parecia ficção científica, pois se propunha a estudar a origem e evolução da vida em um contexto cósmico, universal. É uma ciência interdisciplinar, reunindo conhecimentos de Biologia, Astronomia e Geologia (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010), o que vai contra a atual especialização do conhecimento, que tanto me frustrou no início da graduação. Em outras palavras, ao escolher trabalhar com Astrobiologia nesta monografia de licenciatura, estou unindo várias áreas de interesse para mim, as Ciências Biológicas, a Astronomia e a pesquisa em ensino de Ciências e Biologia.

Quanto as concepções alternativas, optei por essa abordagem pois os trabalhos acadêmicos sobre astrobiologia e ensino de Ciências e Biologia ainda são muito escassos, de modo que seria relevante trabalhar inicialmente com os conhecimentos que os alunos trazem sobre esse tema.

As concepções alternativas, conhecimentos prévios, concepções espontâneas, entre outros sinônimos, podem ser vistas como raciocínios cognitivos que os alunos trazem sobre os mais diversos fenômenos científicos, uma tentativa deles de entender o conhecimento científico com base nas suas próprias experiências cotidianas. Segundo Lima (2012), “cada aluno leva para a sala de aula sua estrutura cognitiva própria, construída a partir das suas experiências diárias que servem para ele explicar e prever o que está ocorrendo a sua volta”. Embora costumem divergir do cientificamente aceito, esses conhecimentos não devem ser vistos necessariamente como obstáculos a

aprendizagem, mas sim como pontes. Quanto à possibilidade de vida extraterrestre, não faltam concepções, quase sempre incorretas do ponto de vista científico, mas que podem constituir o ponto de partida para iniciar uma abordagem crítica dessa ciência. Conforme nos diz Oliveira (2008), a Astrobiologia, especialmente no que diz respeito aos extraterrestres usados em todo o lado, já tem incorporado uma carga de concepções. Em vez de ignorar, o ensino pode muito bem utilizá-las a seu favor.

Abordarei este tema tão complexo começando por situar o leitor quanto ao surgimento e institucionalização da Astrobiologia como ciência, descrevendo sucintamente os principais eventos que a impulsionaram, bem como as atuais linhas de pesquisa e os objetivos futuros da busca por vida no universo. Inevitavelmente, a questão sobre a vida em outros planetas leva à discussão sobre o que é a vida, o que separa a matéria viva da matéria não viva, como caracterizamos um ser vivo, seja terrestre ou não, entre tantas outras questões. É claro que não pretendo construir aqui uma definição, mas apenas aprofundar essa discussão, relacionando as implicações que essas incertezas trazem para a astrobiologia e para o Ensino de Ciências e Biologia.

Em um terceiro momento, discutirei sobre os dados levantados na pesquisa realizada em uma escola de Ensino Fundamental sobre as concepções dos alunos do sexto ano acerca da possibilidade de vida em outros locais do universo. Além disso, faço comentários sobre como utilizar o caráter multidisciplinar da Astrobiologia como elemento integrador nas aulas de Ciências e Biologia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão abordará dois grandes temas. O primeiro é a Astrobiologia, onde introduzo conceitos básicos, situando o leitor sobre as principais ocorrências históricas, linhas de pesquisa, e demais aspectos que culminaram na construção dessa ciência que estuda a vida como elemento cósmico. A segunda trata de uma questão decorrente da primeira: a Vida. Conduzirei o leitor por alguns pontos sobre a busca por uma resposta para a pergunta “o que é vida?” e as implicações dessa discussão para a Astrobiológicas.

2.1. Astrobiologia: considerações sobre a busca científica de vida no universo

Falar cientificamente sobre possibilidade de vida extraterrestre não é tarefa simples. Ainda existe um desconhecimento no meio acadêmico e muitos pesquisadores, mesmo biólogos, veem com ceticismo a validade dessa ciência. Por ser um campo recente do conhecimento, a Astrobiologia (também conhecida como Exobiologia, Cosmobiologia ou Bioastronomia) é uma disciplina mais susceptível a críticas (MATSUURA, 2000). Esses fatores exigem que se faça aqui um maior detalhamento sobre essa ciência.

Começo então com uma crítica, que tenho visto com certa frequência em minhas pesquisas: a Astrobiologia não pode se constituir como ciência, uma vez que não tem um objeto de estudo concreto. Respondo que a Astrobiologia tem sim objeto de estudo concreto: a vida no planeta Terra. Ora, se a Astrobiologia estuda a vida no contexto do universo, e a Terra faz parte do universo, logo a evolução deste tem consequências diretas sobre aquela. Do mesmo modo, a própria vida provoca alterações importantes nas características do planeta ou lua que a hospeda. Um bom exemplo é a quantidade de oxigênio e ozônio na atmosfera da Terra, que se deve à atividade biológica que aqui se desenvolveu. Como já mencionei anteriormente, a vida é vista aqui como um elemento intrínseco do cosmo.

Enfocarei então os principais acontecimentos que impulsionaram a pesquisa, as linhas de investigação, os principais centros de estudo, a participação brasileira nesse campo tão promissor e, principalmente, delimitar o que é ciência e o que é ficção.

2.1.1. “Tem alguém aí?” Fazendo boas perguntas

Início esta seção repetindo uma pergunta que a humanidade vem fazendo às estrelas através dos tempos: “Tem alguém aí?” Essa pergunta, do modo como é construída, transfere o ônus da resposta para fora da Terra, e chega a afastar do ser humano (e por que não dizer da Ciência?) a responsabilidade e a propriedade de respondê-la. Em outras

palavras, ao construir a pergunta deste modo, nos colocamos em posição passiva diante do problema, apenas aguardando que “alguém” o resolva. Cientificamente falando, essa não é uma pergunta tão boa.

“Existe vida semelhante à terrestre em outros lugares do universo?” Essa sim é uma boa pergunta. Segundo Daminieli (2011), “*essa é uma questão que pode ser testada experimentalmente, encaixando-se assim no paradigma tradicional da ciência.*” De fato, a tecnologia espacial hoje nos permite buscar a resposta para essa questão, e o campo da ciência que se ocupa desse tema é a Astrobiologia.

Segundo o Instituto de Astrobiologia da Nasa (NAI), a Astrobiologia é o campo da ciência que estuda a origem, evolução e distribuição da vida no universo (NAI, 2013, *tradução minha*). Em outras palavras, é a área do conhecimento que busca estudar a vida como elemento intrínseco do contexto cósmico, e não separada deste. Busca conhecer como a vida se originou e evoluiu, inferindo, ainda, se existe vida em outros locais do universo e qual o futuro da vida na Terra e onde quer que ela exista. Para isso, trabalha com o desenvolvimento de tecnologias que permitam a detecção de possíveis assinaturas biológicas à distância.

É um campo recente e multidisciplinar, o que vai contra a tendência atual de especialização da ciência, englobando conhecimentos e tecnologias de Biologia, Astronomia, Geologia¹ e suas respectivas subdivisões (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010) (Figura 1), sendo, portanto, um campo de pesquisas onde especialistas de diferentes áreas podem interagir (RODRIGUES *et al.*, 2012). Nas palavras de Friaça (2010), “*a Astrobiologia envolve dois objetos tão vastos, a Vida e o Cosmos, que, mais do que interdisciplinar, torna-a transdisciplinar.*”



Figura 1. Áreas científicas envolvidas na pesquisa astrobiológica (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010).

¹ Há variação entre os autores sobre que campos do conhecimento integram a Astrobiologia. Cuello (2007), por exemplo, também inclui a Engenharia, a Química e a Filosofia.

Antes de prosseguir, é preciso ter em mente duas considerações importantes: (i) até o momento, **não existe nenhuma evidência científica que comprove a existência de vida, seja de que forma for, fora do planeta Terra, neste sistema solar ou em qualquer outro lugar do universo.** Como bem disse Quillfeldt (2010) *“Esse pequeno, mas decisivo ‘detalhe’ é a primeira coisa que devemos levar em conta quando discutimos cientificamente a possível existência (ou não) da vida extraterrestre”*; e (ii) a pesquisa astrobiológica, tal como é hoje, **não se confunde com a Ufologia ou a Religião.** A Astrobiologia é uma disciplina que segue rigorosamente o método científico, trabalha com hipóteses testáveis e produz dados mensuráveis. Os astrobiólogos, assim como a comunidade científica em geral, são céticos quanto à existência de civilizações extraterrestres, assim como fenômenos envolvendo OVNI e seus supostos tripulantes. De qualquer modo, uma das linhas de pesquisa da astrobiologia, como será detalhado mais à frente, se dedica a analisar sinais de rádio estelares, buscando padrões não naturais que possam indicar algum tipo de comunicação inteligente, em uma tentativa de responder cientificamente à primeira pergunta, “Tem alguém aí?”.

Com estas considerações feitas, podemos prosseguir com um resumo de alguns aspectos históricos da Astrobiologia.

2.1.2. Alguns acontecimentos importantes na história da Astrobiologia

A primeira ocorrência conhecida do termo Astrobiologia data de janeiro de 1941 (BLUMBERG, 2003), na forma de um artigo intitulado “Astrobiology”, publicado por Laurence J. Lafleur no *Astronomical Society of the Pacific* (LAFLEUR, 1941). Porém é possível que essa terminologia já viesse sendo usada antes, pois o contexto do artigo dava a entender isso (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010). Outras ocorrências antigas desse termo são de Hubertus Struhold (STRUHOLD, 1953) e Flávio Pereira, no Brasil (PEREIRA, 1958) segundo Paulino-Lima & Lage (2010) e Blumberg (2003).

No início da década de 1970 foi criado pela NASA o programa Exobiologia (atualmente Astrobiologia), e em 1976 as duas sondas Viking 1 e Viking 2 chegaram ao planeta Marte, realizando lá experimentos para determinar a existência de vida na superfície do planeta vermelho, obtendo resultados inconclusivos (BLUMBERG, 2003).

Em 1979, esse tema foi, pela primeira vez, discutido oficialmente na Assembleia Geral da União Astronômica Internacional, na cidade de Montreal (MATSUURA, 2000). Desde seus primórdios, a Astrobiologia pode ser considerada como uma ciência à frente de seu tempo. Ela precisou esperar décadas para que a tecnologia que hoje garante a

testabilidade de suas hipóteses fosse desenvolvida, legitimando-a como ciência. Por exemplo, o primeiro planeta orbitando outra estrela que não o sol, chamado por isso planeta extrassolar ou exoplaneta, só foi descoberto em 1989, e nem foi imediatamente reconhecido como tal (LATHAM *et al.*, 1989 *apud* OLIVEIRA-FILHO & SARAIVA, 2013).

O desconhecimento gerou preconceito, e durante muitas décadas a astrobiologia foi vista com certo receio e ceticismo pela comunidade científica, mesmo entre biólogos. Para Matsuura (2000),

“Os astrônomos foram os cientistas que, de fato, assumiram a tarefa de estudar a vida extraterrestre como um tema de sua própria especialidade e formação. É que a origem da vida na Terra está intimamente ligada a processos cosmológicos e estelares de formação de elementos químicos, e pode estar ligada também ao processo de formação do sistema solar, que envolve nuvens interestelares, cometas, um tipo especial de meteoritos (os condríticos carbonáceos), a hidrosfera e atmosfera da Terra”. (p. 275)

Apesar dessas décadas “nas sombras”, hoje a Astrobiologia se constitui como ciência de ponta, sendo vista como um dos grandes projetos da ciência no século XXI (DAMINELI, 2010), com um número crescente de pesquisas.

O número cada vez maior de pesquisas em astrobiologia gerou a necessidade de meios de comunicação científica mais específicos. Foram criadas, assim, revistas voltadas unicamente para a publicação de artigos científicos sobre astrobiologia, como os periódicos *Astrobiology* e *International Journal of Astrobiology* (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010), e mais recentemente o *Journal of Astrobiology and Outreach*.

Continuo a seguir apresentando algumas considerações sobre diversas linhas que apoiaram e apoiam a Astrobiologia, e que ao longo do tempo culminaram para compor o amplo espectro de pesquisas dessa ciência interdisciplinar.

2.1.3. Evolução química e o universo “biófilo”

No início da década de 1950, o cientista Stanley Miller realizou um experimento na intenção de testar a hipótese de que os precursores da vida poderiam se originar a partir de elementos abióticos encontrados na Terra primitiva. Em um sistema fechado, Miller submeteu uma mistura de gases que se acreditava formarem a atmosfera primitiva do planeta (amônia, metano, vapor de água, hidrogênio) a descargas elétricas, simulando raios, e água, simulando os oceanos (MILLER, 1953). Ele obteve várias moléculas

orgânicas, entre elas aminoácidos. Apesar das críticas, essa experiência mostrou que moléculas orgânicas complexas e importantes para a vida podem ser sintetizadas abioticamente a partir de moléculas inorgânicas e/ou orgânicas simples. A partir desse e de outros experimentos realizados desenvolveu-se a Teoria da Evolução dos Sistemas Químicos, atualmente a mais aceita para explicar a origem da vida no planeta. Mesmo que inicialmente esses estudos focassem a vida na Terra, os resultados têm implicações astrobiológicas, uma vez que a síntese de biomoléculas pode ocorrer tanto em um planeta primitivo quanto no próprio meio espacial, basta que os ingredientes estejam disponíveis, como de fato estão (VIEYRA & SOUZA-BARROS, 2000), e haja uma fonte de energia, como uma estrela, descargas elétricas ou atividade vulcânica. Segundo Damineli (2010), “as condições necessárias para a vida são amplamente disseminadas no universo. Isso leva a um cenário de que ele é biófilo”, isto é, favorável ao desenvolvimento da vida. Nesse mesmo sentido, De Duve (1995) vai além ao “afirmar que a vida é um imperativo cósmico”, como será discutido mais a frente.

2.1.4. Extremófilos e a vida como praga

Por muito tempo, os biólogos conceberam a vida como um evento raro, um processo delicado que só poderia se desenvolver em condições especiais e confortáveis de pressão, temperatura, pH, umidade, luminosidade, radiação, etc. (BARCELOS & QUILLFELDT, 2003). Talvez por isso alguns pesquisadores tenham sido até ridicularizados, numa época em que a astrobiologia não tinha o respaldo científico que tem hoje (MATSUURA, 2000)

Essas concepções começaram a cair com a descoberta, aqui na Terra, de organismos conhecidos genericamente como “extremófilos.” Como o nome sugere, são seres vivos, principalmente bactérias e arqueobactérias, que sobrevivem em condições extremas da salinidade, temperatura, pressão, pH, luminosidade, radiação, umidade (ROTHSCHILD & MANCINELLI, 2001). Como exemplo, podemos colocar a bactérias do gêneros *Halobacterium* e *Haloarcula*, que vivem nas águas altamente salinas do Mar Morto (OREN *et al.*, 1990)

Outro exemplo que vem chamando a atenção dos pesquisadores desde sua descoberta é a bactéria *Deinococcus radiodurans*, capaz de resistir a doses extremas de radiação gama, graças a um sistema de reparo de seu DNA único entre os seres vivos conhecidos (BATTISTA *et al.*, 1999; DALY, 2000). Segundo Rothschild & Mancinelli (2001) e Lage *et al.* (2012), a *D. radiodurans* poderia sobreviver às condições do meio

espacial, a bordo de um meteorito por exemplo, corroborando a hipótese conhecida como Panspermia, abordada mais a frente.

Existem inúmeros outros exemplos. Oarga (2009) enumera uma série de parâmetros extremos e os respectivos organismos extremófilos que vivem ou poderiam viver nas condições descritas. Rothschild & Mancinelli (2001) elaboraram uma classificação detalhada dos extremófilos, que apresento na tabela 1 a seguir:

Parâmetro ambiental	Tipo	Definição	Exemplos
Temperatura	Hipertermófilos	crescimento em $T > 80 \text{ }^\circ\text{C}$	<i>Picrolobus fumarii</i> , 113 °C
	Termófilos	crescimento em $60 < T < 80 \text{ }^\circ\text{C}$	<i>Synechococcus lividis</i>
	Mesófilos	crescimento em $15 < T < 60 \text{ }^\circ\text{C}$	<i>Homo sapiens</i>
	Psicrófilos	crescimento em $T < 15 \text{ }^\circ\text{C}$	<i>Psychrobacter</i> , alguns insetos
Radiação			<i>Deinococcus radiodurans</i>
Pressão	Barófilos	Atração por pressão	Para microrganismos, 130 Mpa
	Hipobarófilos	Baixa pressão	<i>Bacillus subtilis</i>
Vácuo		Toleram o vácuo (espaço destituído de matéria)	Tardígrados, insetos, microrganismos e sementes
Dessecação	Xerófilos	Anidrobiótico	<i>Artemia salina</i> , nematóides, microrganismos, fungos e líquens
Salinidade	Halófilos	Crescimento em salinas (NaCl 2,0 - 5,0 mol/L)	<i>Halobacteriaceae</i> , <i>Dunaliella salina</i>
pH	Alcalófilos	pH > 9	<i>Natronobacterium</i> , <i>Bacillus firmus</i> OF4, <i>Spirulina</i> spp. (todos pH > 10.5)
	Acidófilos	Baixo pH	<i>Cyanidium caldarium</i> , <i>Ferroplasma</i> spp. (ambos pH 0,0)
Tensão de O ₂	Anaeróbios	Não suportam O ₂	<i>Methanococcus jannaschii</i>
	Microaerófilos	Toleram baixos níveis de O ₂	<i>Clostridium</i>
	Aeróbios	Requerem O ₂	<i>Homo sapiens</i>
Extremos Químicos	Gases		<i>C. caldarium</i> (CO ₂ puro)
	Metais	Podem tolerar altas concentrações de metais	(metalotolerantes) <i>Ferroplasma acidarmanus</i> (Cu, As, Cd, Zn); <i>Ralstonia</i> sp. CH34 (Zn, Co, Cd, Hg, Pb)

Tabela 1. Classificação e exemplos de organismos quanto a resistência a condições extremas. Adaptado de Rothschild & Mancinelli (2001) por Paulino-Lima & Lage (2010).

Esses organismos mostraram-nos que a vida não é um fenômeno tão frágil, e que a zona de conforto na qual ela pode se desenvolver não era tão estreita como se supunha (GROSS, 1998; ROTHSCILD & MANCINELLI, 2001; CARVALHO & RODRIGUES, 2012). A vida, nas palavras de Damineli & Steiner (2010) “é uma praga agressiva e resistente”. A descoberta dos extremófilos repercutiu rapidamente na astronomia, “a qual ampliou a faixa denominada de zona habitável dos sistemas estelares, inclusive do Sistema Solar e também das galáxias como um todo” (PAULINO-LIMA, 2013).

Desse modo, faz-se aqui uma importante delimitação quanto ao tipo de vida que a maioria dos programas de pesquisa astrobiológica busca encontrar em outros planetas: **vida microscópica**. Veremos mais a frente que os seres unicelulares, apesar de seu tamanho diminuto e quase imperceptível, são muito mais resistentes, abundantes e

diversificados do que qualquer ser pluricelular. E, além disso, causam maiores impactos planetários.

2.1.5. As sondas espaciais e a pesquisa *in loco*

Outro importante impulso para a moderna astrobiologia foi o advento das sondas espaciais: naves não tripuladas, movidas à energia solar, operadas remotamente da Terra. Esses aparelhos são lançados ao espaço e, munidos dos mais variados tipos de sensores, podem ser enviados a outros planetas e luas do sistema solar (figura 2), realizar observações e testes *in loco* e enviar os resultados e imagens de volta para a Terra. Marte é o planeta mais visitado por sondas, tanto orbitais quanto de superfície. Elas não só revelaram fortes indícios de que Marte teve um passado úmido, como também identificaram água congelada no solo do planeta (QUILLFELDT, 2010).

Com essa nova ferramenta de prospecção, Marte logo teve que dividir as atenções com outros candidatos a abrigar vida: as luas dos planetas gigantes gasosos, Júpiter e Saturno. Orbitando Júpiter está um dos alvos mais promissores para a Astrobiologia moderna: a lua Europa, uma das quatro grandes luas descobertas por Galileu Galilei em 1609. Essa lua é tão especial porque ela é coberta por uma crosta de gelo de água de vários quilômetros de espessura. Trabalhos posteriores revelaram que em Europa existe mais água do que na Terra, e que por baixo do gelo deve haver um enorme oceano de água salgada (GRINSPOON, 2005; GREENBERG, 2008 *Apud* PAULINO-LIMA & LAGE, 2010). Encélado, uma das luas de saturno, é um caso semelhante. Um próximo passo seria o desenvolvimento de sondas capazes de perfurar a camada glacial para estudar o oceano interior desses satélites, abrindo possivelmente uma nova fronteira para a compreensão da natureza e da diversidade da vida (BARCELOS & QUILLFELDT, 2003).

Ainda em Saturno, a lua Titã chama a atenção por ser a única do sistema solar a possuir uma atmosfera densa. Porém, se existirem seres vivos por lá, estes serão muito diferentes da vida como conhecemos. As temperaturas de Titã chegam perto dos -200 °C, de modo que a água só existe em estado sólido (QUILLFELDT, 2010). Em Titã os rios e lagos são de metano e etano, que se mantêm líquidos a essa temperatura. Porém, há uma intensa dinâmica entre líquidos e gases que lembram o ciclo hidrológico terrestre. Segundo alguns estudos, seria teoricamente possível o desenvolvimento de vida, ou pelo menos, precursores de vida, à base de metano, tornando esse satélite um laboratório natural de química pré-biótica (RAMPELOTTO, 2012).

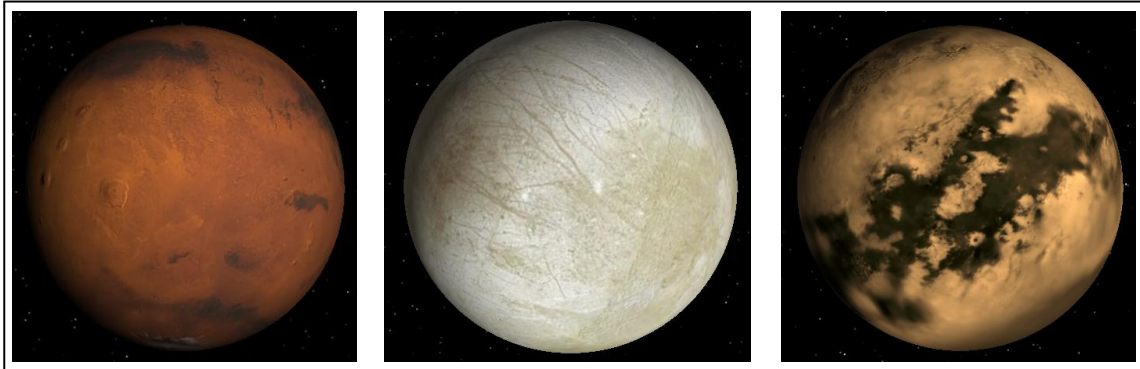


Figura 2. Laboratórios astrobiológicos naturais do nosso sistema solar. Da esquerda para a direita temos: o planeta Marte, a lua Europa (de Júpiter) e a Lua Titã (de Saturno). As imagens não estão em escala, e foram geradas pelo software livre Celestia.

2.1.6. Marte ataca! Panspermia balística

Em 1996, um artigo publicado na prestigiada revista *Science* reacendeu a expectativa de que o planeta Marte já tenha sido habitado: cientistas anunciaram ter descoberto o que pareciam ser fósseis de bactérias em um meteorito marciano recuperado da Antártida (MCKAY *et al.*, 1996). Isso tem imediatamente duas implicações: primeiro, seria uma indicação que houve vida em Marte, em um passado remoto, o que está de acordo com os indícios de Marte já teve água em abundância e um clima mais quente do que tem hoje. A segunda implicação reforça a hipótese conhecida como Panspermia balística, segundo a qual a vida originada em um planeta ou lua em um passado recente ou remoto pode ser deslocada para outro lugar (QUILLFELDT, 2010). O meteorito em questão, conhecido pelo código de registro ALH84001, e uma das estruturas apontadas pelo estudo como sendo uma bactéria fossilizada estão ilustrados na figura 3 a seguir.

É sabido que impactos de asteroides podem ejetar rochas contaminadas com microrganismos para o espaço (LAGE *et al.* 2012). Se nessas rochas existirem organismos extremófilos, é possível que eles resistam às condições extremas do meio cósmico. Se eventualmente esse meteorito contendo microrganismos cair em outro planeta ou lua, pode então retomar a atividade e se reproduzir naquele novo local, colonizando-o. É claro que isso envolve uma série de outros fatores, mas fato é que a notícia da *Science* reacendeu os debates. Mesmo com o rigor das análises, os pesquisadores não conseguiram provar definitivamente se já houve vida em Marte (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010).

Atualmente, diversos pesquisadores trabalham simulando condições extremas possivelmente enfrentadas por microrganismos durante uma viagem espacial a bordo de um meteorito. Esses estudos são feitos com extremófilos terrestres dentro de equipamentos

onde os pesquisadores podem controlar os níveis de pressão, radiação, temperatura, entre outros (OARGA, 2009; LAGE *et al.*, 2012).

O mais recente acontecimento que pôs novamente em destaque a Panspermia foram as declarações do pesquisador Steven Benner em uma conferência na Itália. Segundo ele, a Terra primitiva como a concebemos não teria condições para o surgimento e evolução inicial da vida. Ele argumenta então que o planeta Marte, que nessa época possuía as condições adequadas, forneceu o material biológico para a Terra, transportado em meteoritos ejetados por algum impacto (REDFERN, 2013).

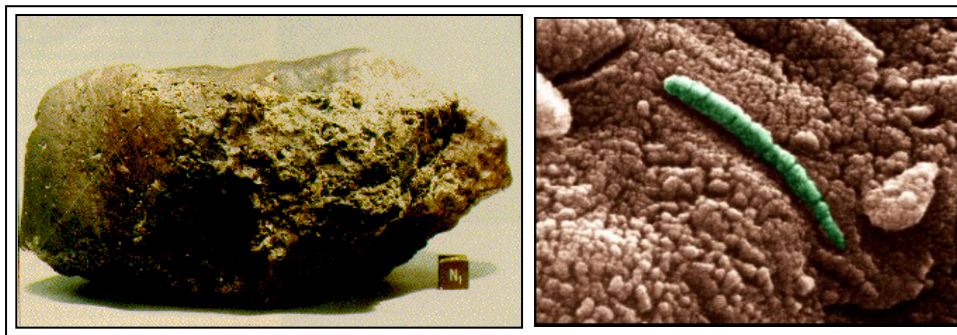


Figura 3. Na esquerda, o meteorito marciano ALH84001, recuperado na Antártida, o pequeno cubo tem 1 cm de lado. À direita e em cores artificiais, uma micrografia do meteorito, revelando o que poderia ser uma bactéria fossilizada. (NASA/NAI).

2.1.7. Descobrimos exoplanetas

Segundo Oliveira-Filho & Saraiva (2013), o primeiro planeta orbitando outra estrela que não o Sol só foi descoberto em 1989 por Latham e colaboradores, e nem foi reconhecido como tal na época (LATHAN *et al.*, 1989). Em 1995 foi identificado o primeiro planeta orbitando uma estrela semelhante ao Sol, a 51 Pegasi, na constelação do Pégaso (MAYOR & QUELOZ, 1995). Desde então já foram descobertos mais de 920 planetas extrassolares (ou exoplanetas), e esse número aumenta quase semanalmente².

Antes de prosseguirmos falando sobre planetas extrassolares, talvez caiba aqui um pequeno resumo sobre o nosso sistema solar, a nossa vizinhança. O sistema solar é composto por uma estrela, o Sol (que sozinho responde por mais de 99% da massa do conjunto), pelos oito planetas clássicos com suas luas e anéis, pelos asteroides, planetas-anões e pelos cometas (OLIVEIRA-FILHO & SARAIVA, 2013). Os planetas são divididos em dois grupos bem distintos: (i) os **rochosos** ou telúricos, formados basicamente por rochas e metais, com atmosferas tênues. Existem quatro: Mercúrio,

² Para obter o número atualizado, veja o site *The Exoplanet Encyclopaedia - Virtual Observatory* em: <http://exoplanet.eu/>. O site informa não apenas os planetas confirmados, mas também os “candidatos”, e dá outras informações interessantes.

Vênus, Terra e Marte; e (ii) os **gigantes gasosos** ou jovianos, compostos por grandes quantidades de gás, principalmente hidrogênio e hélio, e pequenos núcleos rochosos. São também quatro: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno (PICAZZIO, 2011). Identificar planetas do tipo rochoso e contendo água no estado líquido é uma das grandes metas da Astrobiologia.

Embora possamos visualizar alguns planetas do nosso sistema solar a olho nu durante a noite, as distâncias enormes entre as estrelas da galáxia torna difícil visualizar diretamente um exoplaneta, mesmo usando os telescópios mais potentes. Além da distância, o brilho da estrela-hospedeira ofusca a luz refletida pelo planeta. Assim, a maioria dos planetas extrassolares é descoberta por meios indiretos. Oliveira-Filho & Saraiva (2013) explicam muito didaticamente esses métodos. A partir disso, descrevo sucintamente alguns deles a seguir:

- **Método dos trânsitos:** imagine um caminhão com o farol alto ligado, a 2 quilômetros de distância. Agora imagine que um mosquito passe na frente do farol. Você dificilmente vai perceber, mais houve uma redução momentânea na quantidade de luz que chega até você. Esse exemplo simples ilustra como funciona o método de trânsito: quando um planeta passa na frente de sua estrela (figura 4), a luminosidade desta sofre uma pequena redução. Sensores instalados em telescópios terrestres ou em órbita captam essa redução e a expressam em gráficos. Observações subsequentes confirmam o tempo de translação, o tamanho e podem dar indícios sobre a composição atmosférica. Mais de dois mil possíveis exoplanetas já foram identificados por essa técnica (ZOLNERKEVIC, 2012).

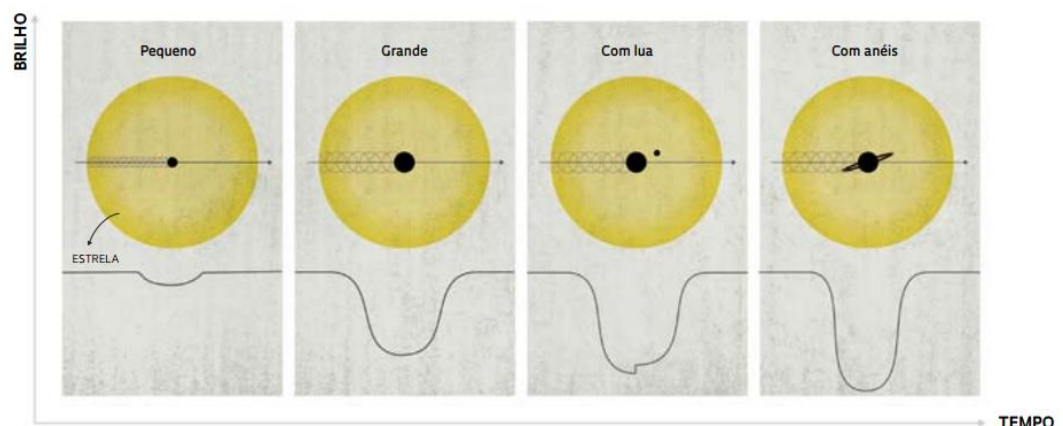


Figura 4. Esquema ilustrativo do método de trânsito planetário. A configuração da curva de luminosidade da estrela indica a presença de exoplanetas. Cientistas acreditam que essa técnica logo poderá ser usada para identificar outras características, como a presença de luas ou anéis. Extraído de Zolnerkevic (2012).

- **Método da Velocidade Radial ou Método de Doppler:** os planetas giram em torno de suas estrelas devido à força gravitacional delas. Porém, a atração gravitacional do planeta também causa efeitos sobre a estrela. Sem entrar em maiores detalhes astrofísicos, um desses efeitos é uma espécie de oscilação ou “bamboleio” da estrela, resultado da interação gravitacional entre ela e o planeta (figura 5). Esse movimento faz com que a estrela ora esteja se movendo em direção à Terra, ora esteja se afastando desta. Os comprimentos de onda da luz emitida pela estrela nessas duas situações (o recuo e a aproximação) apresentam diferenças sutis (efeito Doppler), que são identificadas por sensores e transformadas em gráficos mostrando essa variação. Isso indica aos astrônomos que pode haver um planeta a orbitando aquela estrela. E quanto maior a massa do planeta, maior será o movimento e maior será a diferença observada.

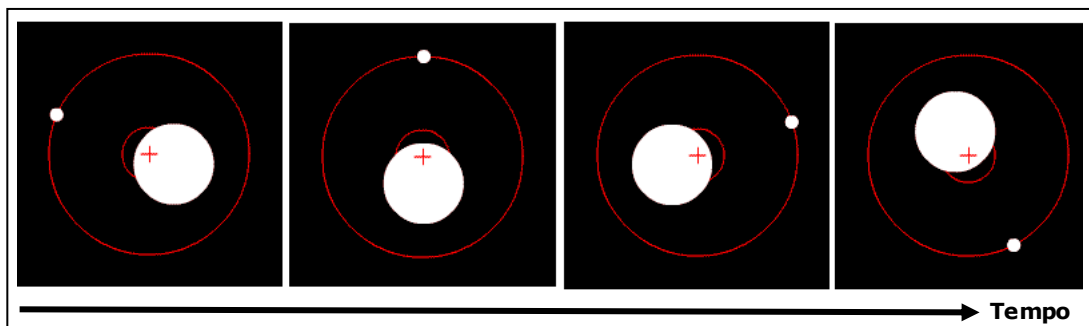


Figura 5. Esquema ilustrativo da interação gravitacional entre uma estrela (círculo claro maior) e seu planeta (círculo claro menor) fora de escala. A cruz marca o centro do sistema. Repare como a estrela oscila conforme o planeta percorre sua órbita. Adaptado de Oliveira-Filho & Saraiva (2013).

- **Método da Microlente Gravitacional:** esse método se aproveita de um efeito previsto na famosa (e ao mesmo tempo desconhecida para muitos biólogos) Teoria Geral da Relatividade de Albert Einstein: a distorção do espaço-tempo causada por objetos com muita massa. Mais uma vez sem entrar em maiores detalhes astrofísicos, sabe-se que um objeto massivo, como uma estrela ou planeta, pode deformar o espaço a sua volta, de modo que um raio de luz que passe próximo pode ser curvado, sofrendo um desvio, como em uma lente de aumento (figura 6). Desse modo, quando um planeta passa na frente de uma estrela, ele pode desviar a trajetória normal da luz da estrela, e esta passa a aparecer por algumas horas ou mesmo dias com um aspecto anormal, geralmente mais luminosa. Mas para isso

deve haver um alinhamento quase perfeito entre a estrela, o exoplaneta e a Terra (MAKLER, 2009).

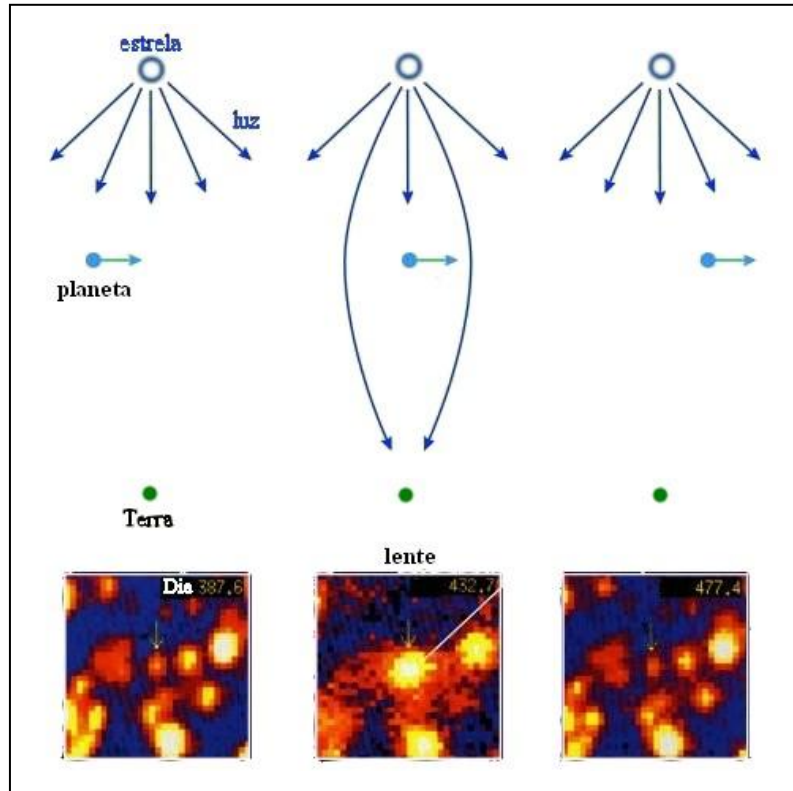


Figura 6. Esquema ilustrativo da ocorrência do fenômeno microlente gravitacional. O planeta, por ser um objeto massivo, deforma o espaço a sua volta, fazendo com que a luz descreva uma trajetória curva também. Essa alteração causa o efeito observado na imagem do meio, um aumento momentâneo na luminosidade da estrela. Adaptado de Oliveira-Filho & Saraiva (2013).

- **Método de Imagens:** como dito anteriormente, ainda é muito difícil obter imagens dos planetas em luz visível, pois o brilho da estrela hospedeira ofusca o brilho refletido pelo planeta. Entretanto, é possível obter imagens no comprimento do infravermelho, onde os planetas brilham mais do que as estrelas (PICAZZIO, 2011), como ilustrado na figura 7:

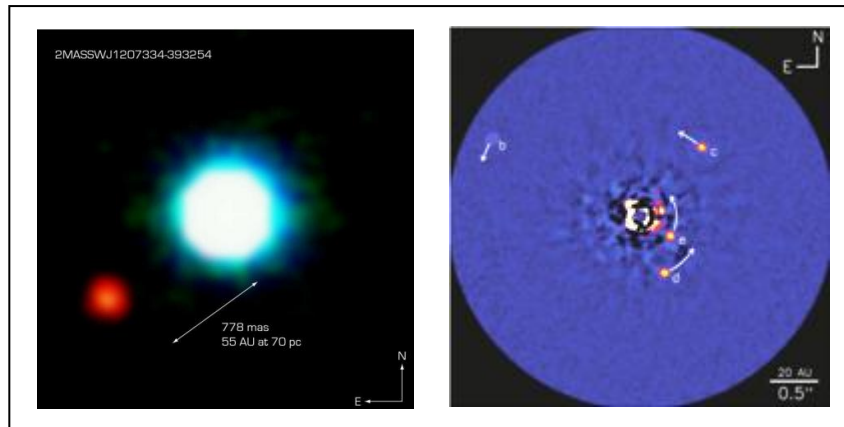


Figura 7. Imagens de exoplanetas. Na esquerda, a primeira imagem direta de um planeta extrassolar (disco vermelho menor) e sua estrela-hospedeira 2M1207 (disco claro no centro), feita em 2004 (extraído de Paulino-lima & Lage, 2010). Na direita, três planetas (pontos claros) são vistos em comprimento de onda infravermelho em torno da estrela HR 8799 (disco escuro no centro da imagem) (PICAZZIO, 2011).

Devido às limitações tecnológicas atuais, a maioria dos exoplanetas descobertos são gigantes gasosos, como Júpiter e Saturno. Planetas rochosos, como a Terra, Mercúrio, Vênus e Marte costumam ser menores e por isso de identificação mais difícil. Para a astrobiologia, os planetas mais prováveis a abrigar vida são os rochosos que estejam dentro da chamada **Zona Habitável**, isto é, a região próxima de uma estrela na qual as temperaturas sejam compatíveis com a existência de água líquida e onde a atmosfera possa conter gás carbônico, água e nitrogênio (RAMPELOTTO, 2012; SEAGER, 2013). Cabe ressaltar que essa definição vale primariamente para a vida semelhante a terrestre, baseada em carbono e usando água como solvente. Para outras eventuais formas de vida as zonas habitáveis seriam outras. Além disso, como existem estrelas de várias categorias de brilho e tamanho, a localização dessa zona também varia conforme o tipo e a idade da estrela. Estrelas mais frias têm zona habitável mais próxima de si do que estrelas mais quentes, por exemplo. A figura 8 abaixo compara as zonas habitáveis do nosso sistema solar e do sistema da estrela Kepler-22, menor e mais fria do que o Sol.

Cabe apontar que o fato de estar dentro ou fora da zona habitável de uma estrela por si só não garante ou elimina a possibilidade de vida. Júpiter, por exemplo, está fora da zona habitável do Sol, mas uma de suas luas, Europa, provavelmente possui água líquida em seu interior, mantido quente pelas marés gravitacionais do planeta gigante.

Com dados sobre distância da estrela, localização na zona habitável, composição atmosférica, estrutura do planeta, entre outros, os astrobiólogos criaram o grau de habitabilidade planetária (HP). Esse dado indica o quão favorável é o planeta a manutenção da vida. A Terra é o parâmetro, e seu HP é igual a 1,0. Marte, por sua vez, tem HP de 0,64 e o Kepler-62e, na constelação de Lyra, tem HP de 0,83 (SCHNEIDER, 2013).

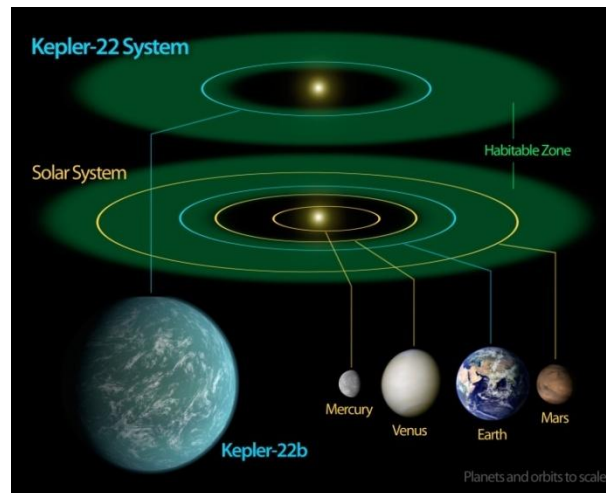


Figura 8. Comparação entre as zonas habitáveis tradicionais do Sol (abaixo) e da estrela Kepler-22 (acima). Essa estrela é menor e menos luminosa do que o Sol, de forma que a zona habitável se encontra mais próxima. Os planetas estão em escala. Extraído de astropt.org.

2.1.8. Descobrimos vida em exoplanetas

Se os telescópios mais modernos mal conseguem ver um exoplaneta, como poderemos saber se há vida nele? E que tipo de vida os astrobiólogos procuram?

Como já mencionei, a maioria dos exoplanetas conhecidos são gigantes gasosos. Esses mundos não são muito favoráveis para se encontrar vida, pelo menos não como a conhecemos. Segundo DAMINELI (2011) “*A convecção atmosférica desses mundos recicla os gases entre a superfície fria e o interior escaldante, fazendo deles ambientes autoesterilizantes.*” Então, o alvo dos astrobiólogos são os planetas rochosos, de tamanho semelhante ou pouco maior do que a Terra (se for muito menor, não conseguiria reter uma atmosfera suficientemente densa; Se for muito maior, torna-se um gigante gasoso).

Destaco novamente que a maioria dos astrobiólogos prudentemente assume poder identificar em outros planetas apenas vida microscópica. E essa escolha é justificada pelo único paradigma de vida que conhecemos: a vida terrestre. Na Terra existem não só mais espécies, como também mais indivíduos microscópicos do que macroscópicos. Além disso,

os unicelulares existem há muito mais tempo e seu metabolismo somado causa um impacto muito maior sobre a biosfera, como a camada de ozônio, por exemplo (DAMINELI, 2011).

Aplicando esse raciocínio, inicialmente, os astrobiólogos tentam identificar alguns sinais específicos, também chamados de assinaturas, que indiquem com um alto grau de certeza que existem seres vivos naquele planeta. Essas assinaturas são obtidas através da análise do espectro de absorção da atmosfera dos planetas, indicando sua composição química (figura 9). Segundo Vieyra & Souza-Barros (2000), “em qualquer outro sistema planetário, a existência de vida semelhante à terrestre teria uma assinatura inconfundível: o pico de absorção de ozônio na região de 10 microns.”

Damineli (2011) ainda afirma que,

O ozônio (O_3) em quantidade considerável e por longo tempo só é possível através da fotossíntese. Essa reação química produzida por seres vivos libera átomos de oxigênio na atmosfera, que sobem, formando O_2 e depois O_3 (...) A molécula de ozônio absorve a luz em comprimentos de onda específicos do infravermelho, constituindo-se numa assinatura inconfundível de sua presença. Esse é o principal sinal que vai ser procurado em outros planetas (p. 279).

A quantidade atual de oxigênio e ozônio na atmosfera terrestre se deve à atividade fotossintética não das plantas e outros organismos pluricelulares, mas principalmente das bactérias e algas unicelulares. Também seria possível identificar clorofila em exoplanetas (DOYLE, 2012), indicando algum tipo de vegetação semelhante à terrestre.

Existem também pesquisas que trabalham com a possibilidade de vida macroscópica e inteligente. Trataremos desse aspecto na próxima seção.

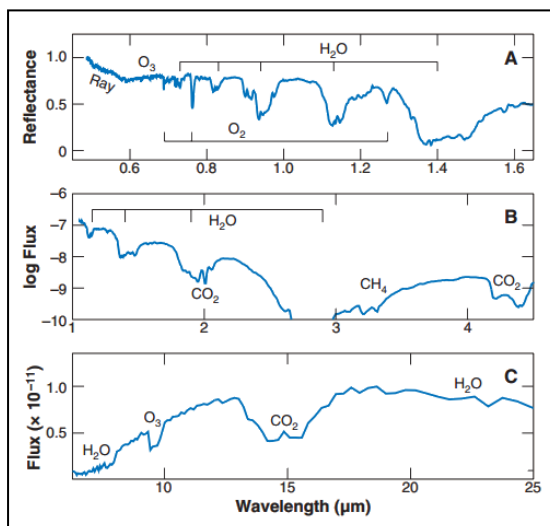


Figura 9. Estes gráficos são gerados a partir da análise do espectro de luz refletida por exoplanetas, permitindo determinar sua composição atmosférica. Estes foram gerados analisando a Terra. Se um planeta distante possuir vida como a nossa, os gráficos também devem ser semelhantes aos nossos. Extraído de Seager (2013).

2.1.9. “Ora direis, ouvir estrelas...” o projeto SETI e a inteligência extraterrestre

Essa é a linha de pesquisa astrobiológica vista com mais ceticismo pela ciência, inclusive por muitos astrobiólogos: a busca por vida inteligente extraterrestre. Em linhas gerais, o SETI (*Search for Extraterrestrial Intelligence*) parte da premissa de que, se pode existir vida em outros pontos do universo, por que não supor que exista vida inteligente? (COCCONI & MORRISON, 1959 *apud* BARCELOS & QUILLFELDT, 2003) Além disso, essa vida inteligente deve ser capaz de se comunicar, provavelmente com ondas de rádio, como nós fazemos. Então iniciou-se um programa sistemático envolvendo radiotelescópios (figura 10) e astrônomos muito pacientes, pois é um trabalho sabidamente lento, que até hoje não obteve resposta (ou melhor, “a” resposta) à pergunta que abre esse capítulo (Tem alguém aí?). Além disso, esses profissionais têm que aguentar as críticas, as ironias e o descrédito que sofrem até hoje (QUILLFELDT, 2010).

Apesar disso, projetos como o SETI não devem ser vistos como descabidos ou empreendimentos infundados. Como nos dizem Paulino-Lima e Lage (2010),

São investigações genuínas, inerentes a curiosidade humana, fundamentalmente científicas, em que o longo prazo necessário para se chegar a algum resultado almejado pelos objetivos é imposto pela própria realidade, pela própria natureza (p. 19).

Esses mesmos autores ainda enumeram três soluções para a questão da existência (ou não) de civilizações extraterrestres inteligentes, as quais reproduzo a seguir:

1. “Somos os únicos! (Mais provável?)
2. Existem civilizações extraterrestres, mas por uma questão das barreiras do espaço-tempo essas civilizações NUNCA entrarão em contato.
3. Existem civilizações extraterrestres e, algum dia, mesmo que num futuro muito distante, se sobreviverem por tempo suficiente, algumas dessas civilizações tomarão conhecimento umas das outras. E isso não significa que serão os seres humanos.” (p. 19)

O SETI é um empreendimento que se baseia na espera. Como mencionei no início do capítulo, a pergunta “Tem alguém aí?” afasta do ser humano a propriedade de respondê-la. Podemos dizer que estamos fazendo nossa parte, isto é, mantemos nossos “ouvidos”

apontados para o céu. Dependemos de que “alguém” fale. Pode ser que ninguém nunca diga nada. Mas se disser, é bom saber que temos os meios necessários para ouvir.



Figura 10. Radiotelescópios como esses são usados pelo SETI Institute para captar sinais de rádio estelares, com o objetivo de identificar possíveis comunicações de vida inteligente. Extraído de SETI Institute.

2.1.10. Astrobiologia no Brasil – breve comentário

No contexto brasileiro, um dos primeiros registros de publicações com o termo astrobiologia data de 1958, com o livro “Introdução à Astrobiologia”, de autoria do biólogo Flávio Augusto Pereira (PEREIRA, 1958), de acordo com levantamento feito pelos trabalhos de Paulino-Lima & Lage (2010) e Rodrigues *et al.* (2012). Pode-se dizer que o Brasil participou de certa forma do nascimento desta ciência, uma vez que essa ocorrência é considerada por Blumberg (2003) um dos primeiros registros conhecidos desse termo no mundo. Porém, por muitas décadas, esse campo de estudo foi muito inexpressivo, com pouquíssimas publicações. Em 2001 o historiador Eduardo Dorneles Barcelos publicou o livro “Telegramas para Marte - A Busca Científica de Vida e Inteligência Extraterrestre” (BARCELOS, 2001) fruto das pesquisas desenvolvidas em seu mestrado e doutorado na área de História da Ciência, onde ele estudou a evolução das pesquisas em Astrobiologia em vários países ao longo do século XX. Esse trabalho contribuiu para por em destaque a Astrobiologia no contexto nacional.

O Brasil ainda é considerado iniciante, porém promissor, com um volume de produção acadêmica que cresce a cada ano. Quanto à infraestrutura, em 2009 foi inaugurado o primeiro laboratório destinado exclusivamente ao desenvolvimento de pesquisas em Astrobiologia, o *AstroLab*, localizado no Observatório Abrahão de Moraes, na cidade de Valinhos (SP), vinculado à USP, onde se desenvolvem, além de pesquisa,

ações de divulgação científica do tema Astrobiologia e educação ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2012).

Em março de 2006 foi realizado o Primeiro Workshop Brasileiro de Astrobiologia (1st BWA, Brazilian Workshop on Astrobiology), na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Contou com 171 participantes do Brasil e do exterior, e um total de 60 trabalhos apresentados na forma de pôster ou oralmente (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010).

No mês de dezembro de 2011 ocorreu um dos eventos mais importantes e representativos para a Astrobiologia no Brasil, a *São Paulo Advanced School of Astrobiology - SPASA 2011* (Escola Avançada de Astrobiologia de São Paulo). Este evento, realizado na Universidade de São Paulo (USP), reuniu diversos pesquisadores em Astrobiologia de renome do Brasil e do mundo, além de estudantes de graduação e pós-graduação em biologia, astronomia, física, química, geologia e outras áreas (CASTRO, 2012). O periódico *International Journal of Astrobiology* publicou uma edição especial contendo os artigos produzidos a partir das palestras e trabalhos realizados durante o evento. A escola também rendeu uma importante parceria entre o Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia da USP (NAP-Astrobio) com o Nasa Astrobiology Institute (NAI), facilitando o intercâmbio de cientistas e a realização de pesquisas conjuntas (ALISSON, 2013a).

Pode-se dizer que o corrente ano, 2013, também está sendo muito importante para a Astrobiologia nacional. Em maio, foi lançada a Rede Brasileira de Astrobiologia - RBA (www.astrobiologia.net.br), uma iniciativa sem fins lucrativos, voltada para a integração e comunicação entre pesquisadores, professores, estudantes de graduação e de pós-graduação que atuam em pesquisa, ensino ou divulgação da astrobiologia (ALISSON, 2013b). E entre os dias 23 e 27 de setembro, na cidade do Guarujá (SP), será realizado o Segundo Workshop Brasileiro de Astrobiologia (2nd BWA - www.astro.iag.usp.br/~2ndbwa/index.html).

Algumas universidades brasileiras já oferecem disciplinas relacionadas à pesquisa de vida fora da Terra, como é o caso da Universidade do Vale dos Sinos (Unisinos), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2012).

Por enquanto ainda não há no Brasil nenhum programa próprio de Astrobiologia em nível de pós-graduação. Algumas universidades, como a UEL (Londrina), dispõem de um

curso de especialização para graduados (RBA, 2013). Entretanto, diversos pesquisadores já vem trabalhando há bastante tempo com linhas de pesquisa relacionadas à Astrobiologia, e orientam mestrados e doutorados nas mais diversas áreas, como História da Ciência, Biotecnologia, Astronomia, Química, Microbiologia, entre muitas outras.

2.1.11. Astrobiologia e Educação – um processo em construção

A abordagem da Astrobiologia relacionada ao ensino de ciências no Brasil ainda possui um vazio de trabalhos acadêmicos, por mais que esse tema represente uma grande possibilidade de discussões e diálogos em sala de aula.

Em levantamento feito por Paulino-Lima & Lage (2010), dos 60 trabalhos apresentados no Primeiro Workshop Brasileiro de Astrobiologia (1st BWA), ocorrido em 2006 no Rio de Janeiro, apenas quatro eram da categoria de ensino de ciências, o que, segundo os autores, pode ser reflexo da falta de divulgação da Astrobiologia. Muitos profissionais que atuam na área da Educação sequer conhecem o termo, nem têm conhecimento de que se trata de uma área de pesquisa científica.

Nesse sentido, vários esforços tem sido feitos para trazer essa discussão para as salas de aula de todos os níveis. Neitzel (2006) abordou em sua dissertação de mestrado uma proposta de uso da temática Astrobiologia como forma de melhorar a abordagem da Astronomia nas aulas de física do Ensino Médio. Andrade (2012), também em uma dissertação de mestrado, propôs o tema exoplanetas como forma de motivação para astronomia no ensino de física. Dias & Rita (2008) foram ainda mais longe, reivindicando a criação de uma disciplina de Astronomia no ensino médio.

Em relação aos esforços na formação inicial de professores de ciências e biologia, podemos citar Langhi & Nardi (2003), que elaboraram um estudo para a inclusão de astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental (1º ao 5º ano), e Dalmaso (2008) que trabalhou com a percepção desse tema por parte de alunos do ensino superior, propondo a criação de uma disciplina introdutória na Universidade Federal Fluminense (UFF).

O Segundo Workshop Brasileiro de Astrobiologia ocorrerá dentro de pouco tempo, entre os dias 23 e 27 de setembro deste ano, e um de seus eixos temáticos trata especificamente da educação e divulgação da Astrobiologia. Nós da educação esperamos que trabalhos relacionados ao Ensino de Ciências e Biologia estejam mais presente desta vez.

2.1.12. Discussões filosóficas em Astrobiologia

Como foi visto, a Astrobiologia é uma área que envolve pesquisa de ponta, alta tecnologia empregada em sondas espaciais e telescópios, computação para analisar os dados que chegam a todo o momento de estrelas e planetas distantes, engenharia e biotecnologia nos estudos com extremófilos, entre outras áreas.

Mas não é somente nos núcleos de “ciência dura” que a astrobiologia é discutida. A busca de vida fora da Terra carrega consigo uma carga imensa de implicações filosóficas, e o caráter interdisciplinar, ou “metadisciplinar” conforme Friaça (2010), permitem que discussões ocorram nos (e entre os) mais diversos campos do saber humano, perpassando os conhecimentos filosófico e científico, resultando em construções e reflexões sobre a vida e o universo. Vários autores se dedicaram a abordar essa visão filosófica sobre a Astrobiologia (BARCELLOS & QUILLFELDT, 2003; CARRAPIÇO, 2001; CHELAFLORES, 2001; FRIAÇA, 2010; QUILLFELDT, 2010).

Um fato que me chamou muito a atenção durante as pesquisas para esta obra foi perceber que os mesmos pesquisadores que trabalham em laboratórios, cercados de reagentes, meios de cultura, câmaras de vácuo, submetendo microrganismos a todo tipo de condições extremas, ou atrás de computadores analisando dados atmosféricos de exoplanetas, enfim, o “núcleo duro” como já mencionei, são os mesmos autores que também publicam textos filosóficos e de divulgação da Astrobiologia. E isso é uma coisa que normalmente não vemos em pesquisadores de outras áreas.

Dentro dessas discussões filosófico-científicas, considero especialmente ricos em reflexão dois “duelos astrobiológicos”, que não necessariamente envolvem disputas, mas que se configuram como interessantes maneiras de se ver e se pensar a Astrobiologia.

- **Drake X Fermi:** Em 1961, um jovem astrônomo chamado Frank Drake desenvolveu uma equação matemática na qual relacionava uma série de variáveis com o objetivo de quantificar o número de possíveis civilizações inteligentes na galáxia (figura 11). Como a maioria dos fatores da equação de Drake não pode ser avaliada com segurança, o resultado pode variar de menos de um até milhões de civilizações extraterrestres inteligentes e capazes de comunicação na Via Láctea. Ora, se podem existir tantas civilizações avançadas na galáxia, uma questão levantada na década anterior por Enrico Fermi se faz impossível de conter: “Cadê todo mundo?” Esse é o chamado paradoxo de Fermi, isto é, considerando que a Via Láctea possui bilhões de estrelas e planetas, mesmo que uma fração ínfima deles desenvolva vida inteligente, em poucos milhões de anos os extraterrestres deveriam

ter colonizado a galáxia, deviam estar a nossa volta neste momento (FRIAÇA, 2010). Frank Drake é atualmente o diretor do SETI.

$$N = R_* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

Figura 11. Equação de Drake. Onde R_* é a taxa de formação estelar; f_p é a fração de estrelas com planetas; n_e , a fração de planetas habitáveis; f_l a fração de planetas habitáveis que desenvolverão a vida; f_i , a fração de planetas com vida que desenvolverão a inteligência; f_c , a fração de planetas com inteligência que desenvolverão a comunicação interestelar; L , a duração de uma civilização durante a fase de comunicação interestelar. Adaptado de Friaça (2010).

- **Vital Dust X Rare Earth:** Esse duelo é representado por dois livros: *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe* (Terra Rara: por que a vida complexa é incomum no universo), de autoria de Peter Ward e Donald Brownlee (WARD & BROWNLEE, 2000) e *Vital Dust: life as a cosmic imperative* (Poeira Vital: a vida como um imperativo cósmico) de Christian de Duve (DE DUVE, 1995). Em linhas gerais, a hipótese da Terra rara, defendida por Ward e Brownlee, argumenta que o surgimento da vida no planeta Terra envolveu uma gama tão grande de eventos específicos (a distância do Sol, a existência da lua, a posição na periferia da galáxia, composição química do planeta, gravidade, entre outras) que seria difícil que ocorressem muitos outros casos semelhantes no universo, de modo que se não estamos sós, provavelmente não temos muitos “vizinhos”. De Duve, por outro lado, argumenta que a vida é um elemento inerente ao universo, e que as condições necessárias para seu desenvolvimento e manutenção são muito mais comuns e flexíveis do que supomos. Em outros termos, que o surgimento de vida é parte inseparável da evolução do universo. A vida seria como poeira, estaria espalhada por muitos cantos do cosmos.

Essas e outras discussões serão esclarecidas à medida que a tecnologia avança e novos dados são analisados. A questão é que não podemos afirmar com certeza quando a resposta virá. Pode ser que amanhã acordemos com o noticiário anunciando a descoberta de assinaturas de ozônio em um exoplaneta situado na zona habitável, ou até mesmo da recepção de um sinal de rádio em padrões não naturais pelo SETI. Mas pode ser também

que continuemos “sozinhos” por muito tempo. Qualquer dos dois resultados terá um profundo impacto no pensamento humano (DAMINELI, 2010).

De uma maneira ou de outra, essa recente ciência tem nas mãos a possibilidade e a responsabilidade de responder a essas perguntas que nos acompanham há tanto tempo. Apesar de jovem, a Astrobiologia já nasceu na fronteira da ciência, sendo às vezes esquecida e até marginalizada, mas sempre a frente de seu tempo. Termino esta parte compartilhando a opinião de Friaça (2010): um assunto tão vasto como a busca de vida no universo tem um perigo adicional, o de encantar.

2.2. Vida: reflexões de uma busca circular

Quando falamos sobre vida extraterrestre, inevitavelmente outro questionamento nos vem à mente: **o que é vida?** Nesta seção, explorarei alguns aspectos que considero importantes para essa discussão, e explicarei porque usei a expressão **busca circular** no título acima.

Cabe deixar claro de início que a dissertação que segue será muito sucinta, incompleta, e muitos aspectos e posições importantes acerca deste tema não serão abordados. Qualquer um que se aventure a fazer uma pesquisa sobre essa temática entenderá logo o porquê deste comentário inicial. A questão é muito complexa, envolve muitos pontos de vista distintos e contradições entre os teóricos, mesmo sendo reduzido (em relação a outras áreas) o número de biólogos que se dedicam ou se dedicaram a estudá-la a fundo. Fazer uma análise minimamente completa fugiria aos objetivos deste trabalho, ocupando um número muito grande de páginas. De imediato então, reconheço e chamo a atenção do leitor para a superficialidade com que este assunto será tratado neste texto.

A discussão em torno do que é a vida é imensa. Vários teóricos, dos mais variados campos do conhecimento humano se debruçaram sobre essa questão. Biólogos, filósofos, teólogos e até mesmo poetas manifestam as mais diversas opiniões. Dependendo da área e do paradigma assumido ao analisar o tema, surgem diversas definições, cada uma atendendo a uma determinada gama de pressupostos. Segundo Emmenche e El-Hani (1999) *“diferentes definições de vida, que satisfazem a um conjunto de critérios relevantes, podem ser encontradas em paradigmas distintos da biologia teórica.”*

Antes de nos aventurarmos pelas complicadas questões que envolvem a vida, apresento um resumo sobre a origem da vida no planeta Terra, de acordo com o conhecimento científico atual.

2.2.1. Posição atual da Ciência sobre a origem da vida no planeta Terra

A hipótese mais aceita hoje para explicar a origem da vida na Terra é conhecida como Evolução dos Sistemas Químicos. Proposta independentemente por Oparin e Haldane na década de 1920, esta teoria alega, em linhas gerais, que as condições atmosféricas e geológicas primitivas do planeta favoreceram a formação espontânea de “protobiontes”, isto é, pequenas gotas separadas do meio externo por membranas (CAMPBELL, 2010). Os componentes dessas formas ancestrais da vida eram moléculas orgânicas simples presentes na Terra e/ou trazidas do espaço por meteoritos e cometas

(VIEYRA & SOUZA-BARROS, 2000). Segundo Campbell *et al.* (2010), o desenvolvimento de células simples a partir de processos físicos e químicos poderia ter ocorrido seguindo-se quatro passos principais: (i) síntese abiótica de moléculas orgânicas, como aminoácidos e nucleotídeos; (ii) polimerização dessas moléculas simples em moléculas maiores, como proteínas e ácidos nucleicos; (iii) organização dessas macromoléculas em protobiontes, com separação por membrana entre os meios interno e externo; (iv) formação de moléculas que se autorreplicam, tornando a hereditariedade e a seleção natural possíveis.

Em outros termos, as primeiras formas de vida em nosso planeta são o resultado de uma lenta evolução química, a qual precedeu a atual evolução biológica (RAMPELOTTO, 2012). Essa hipótese, apesar de especulativa, pode ser testada empiricamente. O famoso experimento de Stanley Miller em 1953, como já foi abordado, mostrou que este é um caminho plausível para se pensar a origem da vida na Terra e no universo.

2.2.2. Tentando definir vida

Primeiramente, por que definir? O que é definir? Isso tem realmente importância? Deixo estas perguntas no ar, e pretendo respondê-las (se for possível) gradualmente ao longo do texto.

Segundo o tradicional dicionário Aurélio (2004) definir é “1. *Determinar a extensão ou os limites de.* 2. *Explicar o significado de.* 3. *Fixar, estabelecer.*” Do ponto de vista linguístico e semântico, pode parecer suficiente. Mas quando falamos em definições do ponto de vista biológico (e científico em geral) a questão não é tão simples. Em ciência, definir não é necessariamente sinônimo de explicar. De acordo com Friaça (2010)

Talvez seja o vício enciclopédico que nos leve a crer que responder a uma questão equivalha a dar uma definição. Em ciência, assim como em outras formas de saber, o caminho para responder uma pergunta que amplie o nosso horizonte de conhecimento raramente envolve encontrar definições (p. 98).

Apesar de parecer uma daquelas questões antigas, que acompanham a humanidade desde os tempos imemoriais, a vida só veio a aparecer como um “problema” para a ciência no final do século XVIII. Antes disso, a vida não existia como uma ideia científica, então não se falava exatamente em um estudo da vida, mas apenas uma medicina e uma história natural (EMMENCHE & EL-HANI, 2000).

A partir de então, começou a discussão científico-filosófica em busca de uma resposta. Descartes, por exemplo, resolveu o problema da maneira mais simples: ignorando-o (MAYR, 1982). Em 1944, o físico e filósofo Erwin Schrodinger escreveu um livro intitulado *O que é vida?* dando ênfase principalmente às propriedades físico-químicas dos seres vivos. Para ele, uma definição de vida acabaria por surgir pela química ou pela física. (SCHRODINGER, 1944 *Apud* MARGULIS & SAGAN, 2002).

A busca pela definição de vida é realmente uma discussão muito mais teórica do que prática. E envolve uma série de questões ideológicas e de mérito. Segundo Emmeche e El-Hani (2000) existe uma visão tradicional da maioria dos biólogos, representado pela seguinte afirmação de Ernest Mayr:

Tentativas foram feitas repetidamente para definir vida. Esses esforços são um tanto fúteis, visto que agora está inteiramente claro que não há uma substância, um objeto ou uma força especial que possa ser identificada com a vida (MAYR, 1982 *apud* EMMENCHE & EL-HANI, 2000, p. 36).

Por essa posição, entende-se que a existência ou não de uma definição de vida não representa um problema prático ou imediato, visto que os estudos dos seres vivos existem há séculos, mesmo sem uma definição. Desde o levantamento da fauna de caranguejos de um pequeno mangue até o sequenciamento do código genético humano, passando pela elucidação da via metabólica da mais complexa bactéria, entre muitos outros feitos da Biologia, essa indefinição parece não atrapalhar o progresso da ciência. É uma questão irrelevante na biologia prática.

Porém o mesmo autor reconhece que o “processo da vida” pode ser definido, ou melhor, que existem certas características presentes nos seres vivos que os distinguem da matéria inanimada:

O processo da vida, contudo, pode ser definido. Não há dúvida de que os organismos vivos possuem certos atributos que não são encontrados da mesma maneira em objetos inanimados. Diferentes autores salientam diferentes características, mas não pude encontrar na literatura uma lista adequada de tais propriedades” (MAYR, 1982 *apud* EMMENCHE & EL-HANI, 2000, p. 37).

Mas essa “definição” do processo da vida, nos alertam Emmenche & El-Hani (2000), não apresenta vantagem clara em relação a uma (possível) definição da vida propriamente dita. Porém vários outros autores, partindo de raciocínio semelhante, elaboraram suas próprias listas de características que “definiriam” a vida (ou o processo da

vida), e isso é o que se observa nos livros didáticos de ensino de ciências e biologia, e em muitos livros-texto de ensino superior. Sobre essa variedade de definições-lista, Rampelotto (2012) afirma que,

Existem definições termodinâmicas, metabólicas, bioquímicas, genéticas e fisiológicas, para citar as mais comuns. Geralmente essas definições se resumem a meras listas de propriedades observáveis. Isso significa que embora a caracterização da vida seja possível, uma definição precisa do conceito de vida ainda está longe de ser estabelecida. Cada teoria, hipótese ou ponto de vista adota uma definição, de acordo com suas próprias premissas e interesse científico (p. 2).

Um dos principais problemas dessas definições-lista é justamente o número excessivamente variável de características que cada teórico atribui como indispensáveis para que um determinado sistema seja considerado vivo. Monod (1971) cita três propriedades essenciais, De Duve (1991) enumera sete, e Mayr (1982) lista oito. Percebe-se então que uma definição de vida esbarra não só na complexidade do fenômeno vida, mas também na variedade de definições existentes. O problema talvez não seja a inexistência de uma definição, como afirma o senso comum entre os biólogos, mas sim o excesso de definições (ou de definições-listas).

Por exemplo, se quiséssemos definir o que é um “carro”. Seguindo a lógica das definições-lista poderíamos afirmar que um carro é qualquer veículo terrestre que tenha quatro rodas, uma carroceria metálica, um habitáculo interno destinado aos ocupantes, um sistema de controle de movimento e direção, etc. Dependendo do pesquisador, essa lista poderia ser maior ou menor, mais vaga ou mais específica. Mas logo surgiriam problemas: e se existirem carros de três rodas? E se a carroceria fosse feita de fibra de carbono em vez de metal? E se pudesse ser operado remotamente, dispensando ocupantes? Um ônibus também poderia ser considerado um carro, um tipo de carro maior? E um avião, que na maior parte do tempo fica em solo, poderia ser considerado um veículo terrestre, como um carro? Enfim, esses problemas também ocorrem com as definições de vida, especialmente quando tocamos os limites entre o vivo e o não-vivo. Um bom exemplo dessa fragilidade das definições-lista de vida foi evidenciado com o debate acerca dos vírus, que possuem algumas características presentes em muitas listas que os caracterizariam como seres vivos, e ao mesmo tempo se comportam como matéria não viva, semelhante a minerais ou cristais (RAMPELOTTO, 2012). Mas se as definições-lista apresentam essas falhas, como seria então uma definição mais consistente para a vida?

As definições-lista não são o único tipo. Existem definições que fogem a essa regra, pelo menos para a vida *terrestre*. Para Zhuravlev & Avetisov (2006) a vida é ao mesmo

tempo um *estado da matéria* (o estado vivo), um *sistema hierárquico específico* (o sistema vivo) e um *processo* (o processo da vida). Para a NASA, *Vida é qualquer sistema químico autossustentável capaz de sofrer evolução darwiniana*. Para Maturana & Varela (1980) é um *sistema autopoietico*, isto é, uma rede de componentes que se autoproduz, fechada em termos organizacionais, mas aberta em termos materiais e energéticos (EMMENCHE & EL-HANI, 2000). Isso só para citar alguns, pois existem outros modelos.

Tanto entre as definições-lista quanto entre as outras definições, a diversidade de construções distintas é grande. Como então avaliar conceitos tão diversos? Em outras palavras, quais os elementos essenciais que uma **definição** de vida (e não a vida em si) deveria ter? Emmenche & El-Hani (2000) citam quatro requisitos para uma definição de vida:

- 1) **Universalidade:** isto é, deve abranger todas as formas possíveis de vida, não apenas a terrestre, baseada em carbono, DNA, proteínas, etc.;
- 2) **Coerência com o conhecimento científico:** ou seja, precisa ser estabelecida de acordo com os princípios da ciência atual e da pesquisa biológica. Não deve, portanto, se referir a forças sobrenaturais ou energias vitais ocultas, por exemplo, que fogem do alcance da ciência;
- 3) **Elegância conceitual e capacidade de organização cognitiva:** deve possuir uma estrutura clara, coerente e unificada do conhecimento do que é vida;
- 4) **Especificidade:** deve encontrar um equilíbrio conceitual que permita incluir especificamente seres vivos, não dando margem ou brechas a outras estruturas não vivas ou fenômenos físicos.

2.2.3. A vida nos livros: um breve comentário

Embora não seja o objetivo deste trabalho, fica aqui um rápido comentário sobre a abordagem da vida nos livros didáticos.

A maioria dos livros didáticos de ciências e Biologia quando aborda essa questão apresenta uma lista de características e propriedades que um determinado sistema precisa ter para ser considerado um ser vivo (FERRARO, 2010).

Consultei quatro livros, dois de ciências do ensino fundamental, um de biologia do ensino médio e outro de biologia geral voltado para o ensino superior. Em todos os livros, esse assunto é tratado no primeiro ou segundo capítulo.

No livro *Ciências e Educação Ambiental: Seres Vivos* (CRUZ, 2002), voltado para o sétimo ano do ensino fundamental, o autor afirma que

Os seres vivos apresentam muitas características diferentes das que são encontradas na matéria bruta: são formados por células, possuem ciclo vital, nutrem-se, respiram, evoluem, reproduzem-se. Na verdade são consideradas funções realmente características dos seres vivos a nutrição, o crescimento e a reprodução” (p. 7).

No outro livro de ensino fundamental, *Ciências: Os seres vivos* (BARROS & PAULINO, 2009), também para o sétimo ano, os autores dizem que “*Explicar o que é vida não é uma tarefa fácil. Mas podemos reconhecer um ser vivo por suas características básicas*”. Em seguida, enumeram e explicam as seguintes propriedades: Organização celular, necessidade de alimento, ciclo vital (incluindo nascimento, crescimento, desenvolvimento, reprodução e morte), metabolismo próprio, reação a estímulos do ambiente.

No livro de ensino médio, *Biologia: Volume único* (LOPES & ROSSO, 2005), a explicação é mais completa, e os autores citam uma caracterização geral e uma lista, porém, ambas são listas, uma com mais e outra com menos requisitos.

Biologia é o estudo da vida. Mas o que é vida? Definir vida não é simples, mas podemos definir o que é um ser vivo. Assim, a Biologia passa a ser a ciência que estuda os seres vivos. Várias são as listas de características que os cientistas apresentam para definir um ser vivo, e essas listas muitas vezes diferem entre si. Uma caracterização mais geral tem sido feita por alguns pesquisadores (os autores não citam a fonte): *seres vivos são entidades que apresentam as propriedades de reprodução, variação e hereditariedade*. Podemos usar essa classificação mais geral ou adotar uma das listas de características, como a seguinte. Os seres vivos: são formados por uma ou mais células; podem se reproduzir; podem apresentar crescimento; possuem metabolismo; respondem a estímulos do meio; evoluem; possuem composição química do corpo com predominância dos elementos químicos hidrogênio (H), oxigênio (O), carbono (C) e nitrogênio (N.) (p.13, grifo meu)

Por fim o livro de ensino superior, o tradicional *Biologia* (CAMPBELL *et al.*, 2010), não é muito diferente dos anteriores:

Mas o que é vida? Até mesmo uma criança pequena percebe que cães e plantas estão vivos, ao passo que pedras não. Entretanto, o fenômeno que chamamos vida desafia uma definição simples, de apenas uma sentença. Reconhecemos a vida pelo que os seres vivos realizam (p. 1).

Em seguida usa uma figura para citar as propriedades observadas em seres vivos: ordem, regulação, processamento de energia, adaptação evolutiva, crescimento e desenvolvimento, resposta ao ambiente, reprodução.

Acredito que deveria haver alguma menção às outras tentativas de definição de vida. Isso poderia ser mais um estímulo ao diálogo e à argumentação, a análise crítica e

compreensão da construção do conhecimento científico como um processo contínuo e em constante mudança.

2.2.4. O que é a vida *terrestre*? Nosso ponto de partida

Se um alienígena hipotético e muito curioso nos perguntasse “O que é a *vida terrestre*?” O que responderíamos? Como caracterizar o tipo de vida que existe no planeta Terra?

Como vimos anteriormente, as respostas podem variar de acordo com o tipo de definição que pretenda ser usada. Por exemplo, se quisermos usar uma definição-lista, podemos dizer que a vida terrestre:

- Organiza-se em estruturas funcionais altamente organizadas denominadas células;
- Tem capacidade de reprodução, apresentando um código químico transmissível à prole;
- Possui metabolismo próprio, trocando e transformando matéria e energia com o meio externo;
- Sofre evolução biológica, produzindo variedades mais ou menos adaptadas em relação ao ambiente. As mais adaptadas tentam a deixar mais descendentes;

Listei estas características sem consultar diretamente nenhum autor, apenas alocando propriedades que considero essenciais aos seres vivos, construídas ao longo dos anos de graduação. De acordo com alguns autores, essa lista é incompleta. Para outros, é restritiva demais.

Do ponto de vista astrobiológico, a questão da definição de vida pode ser vista por dois prismas. No primeiro, há a ideia de que pode parecer um pouco cedo para criar uma definição ampla e universal da vida com base em um único objeto de estudo: a vida terrestre. E se encontrarmos outras formas de vida completamente diferentes da que conhecemos, usando outros solventes, outros átomos biogênicos, etc.? Ela não seria considerada vida? O segundo prisma é mais relacionado à prática de detecção. É a vida terrestre, nosso único exemplo conhecido, quem guia as principais missões de detecção de vida extraterrestre, é o nosso ponto de partida. Como o orçamento da pesquisa espacial (e das pesquisas em geral) é limitado, os astrobiólogos tendem a procurar aquilo que lhes é mais familiar, o modelo que eles sabem que “deu certo”(o que também ocorre em outras ciências). Os experimentos feitos por sondas em solo marciano, por exemplo, buscavam

identificar evidências de metabolismo microbiano semelhante ao terrestre. Quando analisamos os espectros da atmosfera de exoplanetas, buscamos assinaturas biológicas semelhantes às da Terra (DAMINELI, 2011).

Sobre as implicações astrobiológicas de uma definição (ou da falta de uma definição) universal da vida, Rampelotto (2012) questiona:

“o que exatamente estamos procurando?”. Dessa forma, uma resposta adequada para a questão “o que é vida?” é fundamental para a astrobiologia, uma vez que o design dos experimentos de detecção de vida a ser realizado por telescópios e sondas espaciais depende de suposições sobre o que é vida e quais observações serão levadas em conta como prova para a sua detecção (p. 2).

Outra forma plausível de definir (ou pelo menos qualificar) a vida de um planeta é apontar o *tipo* mais comum, ou mais marcante na biosfera, que cause o maior impacto detectável a grandes distâncias no espaço (esse tipo de definição tem óbvias implicações astrobiológicas). No caso da Terra, à primeira vista seria razoável dizer que somos nós, humanos, o tipo mais comum. Mas não somos. Deixando o antropocentrismo de lado e olhando mais atentamente, veremos que nem mesmo os vertebrados, tão familiares a nós, são o *tipo terrestre*. Nem mesmo os animais. Nem as plantas. Nenhum ser macroscópico é o tipo. Então, qual seria a resposta apropriada à questão “O que é a *vida terrestre*?”

Segundo Margulis & Sagan (2002) **a vida terrestre é Bactéria**. São, em conjunto, os organismos mais diversificados, os mais antigos, os mais abundantes, colonizando proveitosamente os mais variados habitats do planeta, incluindo a superfície e o interior de outros seres vivos (*Op. cit.*). Daminski (2011) considera não só as bactérias, mas todos os microrganismos como o *tipo terrestre*. **A vida terrestre é microscópica**. Os microrganismos existem na Terra há mais de 3,5 bilhões de anos, seis vezes mais do que os meros 600 milhões (0,6 bilhão) de anos da vida macroscópica.

Embora o ser humano venha modificando o ambiente, extinguindo espécies, destruindo florestas, poluindo as águas, para um observador situado a vários anos-luz³ de

³ Ano-Luz: unidade de medida de tempo-espaço usada em astronomia. Um ano-luz é a distância que a luz percorre no vácuo no intervalo de um ano. A velocidade da luz é de aproximadamente 300 mil quilômetros por segundo (km/s). Um ano-luz corresponde a cerca de 9,3 trilhões de quilômetros. A estrela mais próxima da Terra, depois do Sol, se chama *Próxima do Centauro*, e está a pouco mais de 4 anos-luz de distância. Isso implica que se essa estrela desaparecesse, só depois de 4 anos notaríamos que ela deixou de brilhar no céu.

distância esses impactos seriam invisíveis, assim como os seres humanos⁴. Existem impactos muito mais significativos sobre o planeta, que podem ser detectados à distância, e se constituem como uma assinatura praticamente inequívoca da presença de vida. Vida microscópica. Refiro-me principalmente a impactos atmosféricos causados pela vida.

Marte e Vênus, nossos vizinhos mais próximos, tem atmosferas com mais de 90 por cento de gás carbônico, enquanto a Terra possui menos de 0,1 por cento desse gás (MARGULIS & SAGAN, 2002). Além disso, um observador distante notaria a presença de uma quantidade considerável de ozônio (O₃) e metano na (CH₄) na alta atmosfera terrestre. E a presença desses gases se deve principalmente à atividade biológica de microrganismos. O ozônio, formado a partir do oxigênio, pode ser produzido por processos abióticos (sem a participação de seres vivos), porém em pequenas quantidades e em condições muito especiais. Além disso, a radiação solar ultravioleta decompõe esse gás, de modo que se o oxigênio (O₂) não fosse continuamente renovado pela fotossíntese, não seria possível a existência permanente de uma camada de ozônio na atmosfera (DAMINELLI, 2011).

O metano é um caso semelhante, mas com uma ressalva. Embora exista em planetas gigantes gasosos como Júpiter e Saturno, sua presença ali não indica existência de vida. Mas em planetas rochosos, mais próximos do Sol, onde a radiação ultravioleta decompõe esse gás, a presença contínua de grandes quantidades de metano é um sinal muito forte da presença de vida, de microrganismos anaeróbios que o renovam constantemente (*Op. cit.*).

A vida terrestre é então microscópica e mantém os níveis de ozônio e metano atmosféricos constantes. Mas ainda é possível qualificar um pouco mais. A vida precisa de energia. As reações químicas que promovem o movimento, o crescimento, a manutenção dos gradientes de membrana, depende de energia. E a fonte principal de toda a energia para a vida na Terra é o Sol. A riqueza da biosfera terrestre provém, em última análise, do Sol. Vida é a transmutação da luz solar (MARGULIS & SAGAN, 2002).

Os seres fotossintetizantes usam a energia solar, transformando-a em energia química durante a formação de moléculas orgânicas, que servirão de alimento para toda a cadeia alimentar. Porém, existem organismos que sobrevivem em ambientes onde a luz solar não consegue alcançar. No fundo dos oceanos há locais onde a água brota das

⁴ Exceto se os observadores apontassem algum tipo de antena ou sensor de ondas de rádio. Seríamos não apenas visíveis, mas também audíveis, pois praticamente toda a comunicação humana recente, incluindo as transmissões de TV, é feita por ondas de rádio.

profundezas da crosta, em temperaturas superiores a 200 °C e carregadas de minerais. Nessas regiões, chamados de chaminés negras⁵ (*black smokes* ou *hydrothermal vents*), colônias de bactérias se desenvolvem independentemente da luz solar e da fotossíntese, constituindo a base de um ecossistema que sustenta vermes gigantes e crustáceos, entre outros invertebrados (JONES et al., 1983; VON DAMM, 1990; RAMPELOTTO, 2013). A energia é fornecida pela oxidação de compostos inorgânicos por essas bactérias. Seja solar ou não, fato é que a vida terrestre depende de uma fonte inicial de energia.

Se analisarmos a vida do ponto de vista puramente químico, chegaremos ao fato de que existem alguns elementos básicos que compõem a maior parte do corpo (ou das células) de todos os seres vivos. Esses elementos são o Carbono (C), o Hidrogênio (H), o Oxigênio (O) e o Nitrogênio (N), chamados de CHON. Segundo Damineli (2011) esses quatro elementos químicos estão entre os cinco mais comuns do universo e formam mais de 99 por cento da matéria viva, pelo menos no planeta Terra. A vida terrestre é baseada em CHON.

Só falta falar então de um solvente onde as reações químicas essenciais à vida possam ocorrer, envolvendo a transformação de uma forma de energia em outra, moléculas sendo formadas e quebradas, processos que podemos chamar de metabolismo. Val *et al.* (2002) nos chama a atenção para o fato de que “*apesar da imensa diversidade de seres vivos existentes neste planeta, as principais etapas do metabolismo – tanto as de construção (biossíntese) como as de degradação (fermentação e oxidação) – guardam muitas semelhanças (...)*” (p. 105-106, grifo do autor)

Não só as etapas são semelhantes, mas todo o metabolismo da vida terrestre até hoje conhecida depende de um solvente comum, um requisito essencial: a água no estado líquido (VIEYRA & SOUZA-BARROS, 2000; DAMINELI, 2011). A vida terrestre depende da existência de água líquida.

Poderíamos continuar qualificando a vida terrestre, mas creio que a essa altura já temos elementos suficientes para pelo menos caracterizá-la minimamente. Pelo menos do ponto de vista mais útil para a Astrobiologia, isto é, da detecção à distância, listamos aqui o impacto planetário, a zona onde esse tipo de vida pode se desenvolver e alguns de seus requisitos. Pelo exposto, temos então que:

⁵ Há uma certa esperança de que um fenômeno semelhante esteja ocorrendo no fundo do oceano de Europa, uma lua de Júpiter coberta de gelo.

A Vida terrestre é microscópica; a vida terrestre é identificada por assinaturas de ozônio e metano; a vida terrestre é baseada em CHON; a vida terrestre depende de água líquida e de uma fonte de energia.

É importante ressaltar que esta “definição”, se é que pode ser assim chamada, de forma alguma se propõe a competir com outras definições já existentes. É tão somente um esboço, um exercício prático feito aqui a título de ilustração. Considero esta uma *descrição planetária da vida terrestre*, obviamente mais geral do que muitos autores gostariam. Uma descrição que possa “ser vista do espaço”. Percebam que eu não mencionei *evolução*, mas sabemos que a vida terrestre evoluiu. Mas essa evolução não é vista do espaço. O mesmo raciocínio vale para o DNA e para algumas outras propriedades.

É por esses sinais, ou assinaturas biológicas, que a maioria dos empreendimentos astrobiológicos procuram em exoplanetas. Mas isso não impede que façamos especulações sobre bioquímicas alternativas.

2.2.5. Que outros tipos de vida podem existir?

A partir daqui estamos pisando em terreno desconhecido. Nesse campo somos guiados apenas por hipóteses e suposições. Que tipos de vida podem existir? Essa é uma pergunta cujo reduzido número de palavras mascara sua complexidade. Atualmente, só temos conhecimento de um único tipo de vida, a terrestre. Baseada principalmente na combinação de elementos químicos CHON, e tendo água líquida como solvente, conforme foi discutido anteriormente.

Entretanto, em uma revisão feita por Rampelotto (2012), nas últimas décadas, experimentos em laboratório e trabalhos teóricos vêm indicando que a vida pode ser baseada em estruturas moleculares substancialmente diferentes dos CHON, obviamente em locais com condições bem diversas das que conhecemos.

Esse mesmo autor enumera e descreve como outras formas de vida podem existir baseadas em outras combinações químicas estruturais de solventes, como a amônia, o metano, o ácido sulfúrico e o silício.

No sistema solar, existem pelo menos dois candidatos a abrigar essa química exótica: Vênus, nosso planeta vizinho e o segundo em distância do Sol, possui grandes quantidades de ácido sulfúrico; e Titã, o maior satélite de Saturno, possui tanto metano que este se acumula em lagos (figura 12) (RAMPELOTTO, 2012; QUILLFELDT, 2010). Essas questões, assim como tantas outras na Astrobiologia, continuam em aberto e sobre elas pouco podemos fazer além de especular e procurar.

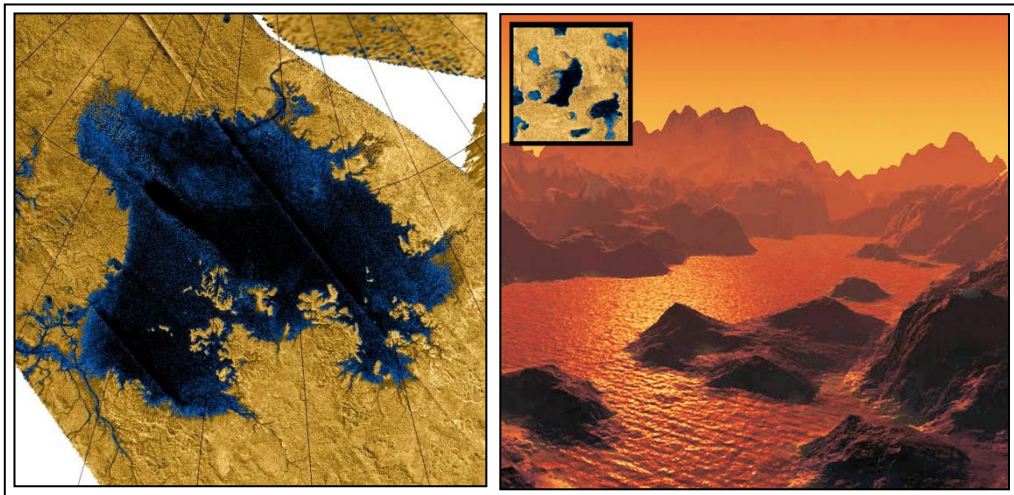


Figura 12. Lagos de Titã, a maior lua de Saturno. Na esquerda uma imagem obtida por radar e colorida artificialmente de um dos lagos de hidrocarbonetos desse satélite. A direita temos uma representação artística de um desses lagos. (NASA/JPL-Caltech/USGS)

2.2.6. O que é vida? O que é o tempo?

Emmeche (1997) aplicou o termo *ontodefinição* para designar definições situadas na fronteira entre a ciência e a metafísica. A vida, assim como a mente, a consciência e a matéria são consideradas uma ontodefinição por esse autor. São categorias muito amplas e integrativas que se apresentam como os conceitos mais gerais de um determinado campo científico. Este é, certamente, o caso do conceito de vida na Biologia (COUTINHO *et al.*, 2007). Definir uma ontodefinição não é tão simples como definir um detalhe qualquer, um termo específico, a parte de um todo. Envolve esforço teórico e prático, integração e cooperação entre as diferentes disciplinas daquela área do conhecimento. Embora a tendência atual da ciência seja a fragmentação do conhecimento, a Astrobiologia vai claramente contra esse movimento, sendo uma área interdisciplinar (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010)

Além disso, conforme Friaça (2010), a questão “O que é a vida?” também está carregada de subjetividade, tanto daquele que pergunta, quanto de quem se propõe a (tentar) responder. Ele sabe o que é a vida, mas não sabe como explicá-la para outro. Dilema semelhante é colocado para o tempo por Santo Agostinho: “*Que é, pois, o tempo? Se ninguém me pergunta, eu o sei; se desejo explicar a quem o pergunta, não o sei.*”

Acredito que estamos tentando definir algo que provavelmente não conhecemos em sua totalidade, querendo apressadamente definir um possível **todo**, isto é, todas as possíveis (mas ainda não prováveis) formas de vida que podem existir, usando como base

somente uma das **partes** (a vida como a conhecemos). É por isso que usei a expressão **busca circular**, pois é uma definição incompleta que sempre implicará em ver a vida somente com os “óculos” que estamos acostumados a usar. É como tentar entender o funcionamento de um motor tendo em mãos apenas um parafuso.

A Astrobiologia nos fornece a possibilidade de encontrar, se não uma definição, pelo menos um caminho para se chegar a tal. Vasculhamos o espaço entre as estrelas em busca de algo que não entendemos bem, como se procurássemos uma coisa que não sabemos o que é, mas quando encontrarmos, saberemos, e aí sim teremos, quem sabe, mais alguns “parafusos” para trabalhar.

Enfim, cabe lembrar algo que muitas vezes nos esquecemos em ciência: que qualquer definição ou modelo que busque representar algum fenômeno da realidade, por mais completo e consolidado que seja, nunca será a própria realidade, mas apenas a noção humana, limitada e incompleta.

3. METODOLOGIA

3.1 Objetivos

Esta parte da pesquisa, realizada com alunos de uma escola municipal, teve como objetivo maior conhecer algumas concepções alternativas dos alunos do ensino fundamental sobre temas e discussões referentes à possibilidade de vida fora da Terra, o principal objeto de pesquisas em Astrobiologia. Além de levantar as concepções, tentamos também descobrir suas origens e possíveis fontes de influência, como a ficção científica, os meios de comunicação, a religião, entre outros. Usamos um questionário como ferramenta para levantar esses dados.

3.2. O local de coleta de dados

A pesquisa de campo foi realizada em uma escola municipal do município de Seropédica, no estado do Rio de Janeiro. Essa escola é classificada como escola rural pelo MEC, e seu IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica) é 4,0, considerado abaixo da média, configurando situação de alerta (MEC, 2011).

Escolhi trabalhar com esta escola pois é o local onde desenvolvo as atividades do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID há quase um ano. Desse modo, a direção, os professores e os alunos já eram familiares para mim e eu para eles.

Localiza-se a cerca de 5 quilômetros do centro do município, no bairro de Santa Sofia. Foi reformada há menos de um ano. O prédio antigo, em péssimas condições, foi totalmente demolido e um prédio novo foi erguido no lugar. As salas são bem amplas, claras e arejadas. Possui pouco mais de 20 alunos por turma.

3.3. Os sujeitos da pesquisa

Os sujeitos foram os alunos da turma 601, sexto ano do ensino fundamental. A turma é composta por 25 alunos, mas no dia da aplicação do questionário estava presente um total de 22 alunos. Antes da aplicação, conversei um pouco com eles, explicando que estava fazendo uma pesquisa e que precisaria da ajuda e da opinião de todos. Todos os presentes participaram da pesquisa respondendo ao questionário.

Foi nessa turma que percebi que um trabalho como este, envolvendo astronomia e biologia, era possível de ser realizado com o ensino fundamental, pois vi um grande interesse dos alunos quando ministrei uma aula sobre Astronomia básica nas primeiras semanas em que comecei a trabalhar nesta escola. Houve uma alteração no cronograma do sexto ano e o conteúdo de Astronomia deveria ser dado logo no primeiro bimestre. Esse

não é um conteúdo que costuma se aprender na maioria das faculdades de Biologia, na formação inicial (LANGHI & NARDI, 2003). Ao saber que eu me interessava por esse assunto, a professora da turma sugeriu que eu ministrasse essa aula para eles.

Eu já esperava que os alunos demonstrassem algum interesse por esse tema, mas confesso que me surpreendi. O que mais me fascinou não foram apenas as respostas que eles davam às questões que eu propunha, mas principalmente as perguntas que **eles** faziam, a curiosidade e o desejo de aprender mais. Perguntas complexas, bem elaboradas, sobre temas atuais, temas que eles só veriam no nono ano, ou mesmo no ensino médio: “Por que se a terra é redonda, quem fica em baixo ou dos lados não cai?”; “O que é o arco-íris?”; “Por que Plutão não é mais planeta?”; “O que é o Sol?” Foi uma aula realmente muito marcante para mim.

Desse modo, a turma já teve um breve contato com Astronomia, embora a possibilidade de vida fora da Terra não tenha sido comentada naquela ocasião.

3.4. O instrumento de coleta de dados

Como forma de investigar as concepções dos alunos sobre a possibilidade de vida em outros locais do universo escolhi trabalhar com questionários (Anexo I). Embora apresente limitações, o questionário é um dos instrumentos de coleta de dados mais utilizado nas pesquisas em educação, devido à praticidade de elaboração, aplicação e análise de dados (MOREIRA & CALEFE, 2008).

Elaboramos questionários compostos por questões que buscavam levantar, de maneira geral, que conhecimentos prévios ou concepções os alunos traziam sobre a possibilidade de existência de vida fora da terra. Também queríamos saber minimamente de onde provinham aqueles conhecimentos.

Embora o termo Astrobiologia não seja muito popular, mesmo entre os professores (PAULINO-LIMA & LAGE, 2010), a primeira pergunta do questionário foi justamente se o aluno já tinha ouvido falar no termo Astrobiologia.

A seguir foram feitas perguntas sobre a possibilidade de vida fora da Terra, bem como se eles acreditavam nessa possibilidade e o porque de acreditar ou não.

Também incluímos uma questão a fim de investigar se os alunos já haviam aprendido algo sobre astronomia, bem como onde se deu este aprendizado.

Também queríamos saber se o aluno tinha religião, e caso a tivesse, se em sua doutrina havia menção a assuntos relativos à Astrobiologia. Além disso, perguntamos se a religião influenciou ou não as concepções do aluno.

Na penúltima questão, deixamos um espaço em branco e pedimos para que o aluno desenhasse como ele imagina que poderiam ser os seres vivos de outros planetas, caso existissem.

A última questão era um espaço livre, caso o aluno desejasse fazer algum comentário.

Cabe ressaltar que esse questionário é fruto de uma construção coletiva. A versão inicial, elaborada por mim, foi primeiramente testada com uma turma da disciplina Ensino de Biologia I, regida por minha orientadora, professora Lana Fonseca. Os alunos e ela sugeriram algumas mudanças. Os membros do Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino de Biologia (GEPEnBio - UFRRJ) também contribuíram com essa construção.

Também elaboramos um questionário aplicado à professora da turma (Anexo II). Nesse questionário perguntamos o curso de graduação, se ela trabalhava conteúdos de astronomia e astrobiologia com suas turmas, se a formação inicial que teve foi satisfatória em relação a esse tema, além de sua opinião sobre os principais obstáculos para o professor de ensino fundamental trabalhar com astronomia.

Quinze alunos (68,18%) responderam que sim, enquanto sete (31,82%) responderam que não. Para os que responderam sim, foi perguntado também onde eles ouviram falar sobre esse assunto.

A tabela 3 ilustra as respostas:

Termo citado na resposta	Número de ocorrências	Porcentagem
Televisão	9	60,00%
Livros	2	13,33%
Escola	2	13,33%
Jornal	2	13,33%
Revistas	1	6,67%
Rádio	1	6,67%
Não lembro	1	6,67%
Não respondeu	1	6,67%

Tabela 3. Respostas à questão 4 *Se você respondeu sim à pergunta anterior, onde você ouviu falar sobre isso?* Os alunos poderiam citar uma ou mais fontes de informação na mesma resposta.

A televisão foi apontada como fonte de informações sobre a possibilidade de vida fora da Terra por mais da metade dos alunos que responderam. O aluno J citou inclusive o programa Fantástico, da Rede Globo de Televisão.

Dois alunos responderam que ouviram falar sobre isso no *jornal*. Essa resposta pode significar um jornal impresso comprado em bancas, bem como um programa de televisão jornalístico, um noticiário.

Como nesta questão os alunos tinham liberdade para escrever, alguns colocaram, além das fontes, alguns comentários, os quais transcrevo na íntegra a seguir:

“Eu já ouvi falar no jornal, e também pela boca dos outros, e eu também na minha consciência eu tenho certeza que existe vida em outro planeta”(sic). Resposta e comentário da aluna V.

“Eu ovi fala na televisão Bem só não sei de é verdade”(sic). Resposta do aluno U.

“Eu mesmo acredito na possibilidade de existir vida fora do Planeta Terra”. Comentário da aluna O. Essa aluna não disse onde ouviu falar sobre essa possibilidade.

*“No planeta marte.”*Resposta do aluno L. Provavelmente ele pensou que a pergunta queria saber em que planeta ele já ouviu falar que poderia haver vida.

Aluna K: *Porque eu acredito que existe seres vivos que podem existir em outros planetas.*(sic)

Aluno J: *Por que eu vi no fantástico que o planeta marte falaram que poderia conte vida em marte.*(sic)

Aluno O: *Porque não é só na Terra que tem seres vivo. Eu acho.*(sic)

Aluno R: *Existem outras 'gaxicias'.* (sic)(creio que o aluno tentou escrever 'galáxias')

Aluna V: *Porque a possibilidade de vida que tem em nosso planeta então também tem em outros planetas.*

O aluno R evocou o fato de existirem outras galáxias, isto é, o universo é muito grande e deve existir pelo menos mais um lugar onde a vida também tenha se desenvolvido.

O aluno J citou o programa Fantástico, da Rede Globo de Televisão, que eventualmente exibe reportagens e até pequenas séries sobre astronomia, como a série Poeira das Estrelas, do físico Marcelo Gleiser, posteriormente transformada em livro homônimo (GLEISER & NEVES, 2006). Mencionou também a possibilidade de vida no planeta Marte, que vem alimentando a imaginação e a curiosidade de leigos e astrônomos há bastante tempo.

Destaco os comentários dos alunos K, O e V. Todos eles, cada um com suas palavras, parecem ter usado por base a presença de vida na Terra para justificar sua possível existência em outros lugares do cosmos. Essas opiniões lembram a posição defendida por De Duve (1995) que considerava “a vida como um imperativo cósmico.”

Apresento agora os comentários dos alunos que **não acreditam** que podem existir outros planetas habitados por seres vivos.

Aluna D: *Por quê não sei se os E.T.s são seres humanos.*(sic)

Aluno L: *Porque os cientistas pesquisão sobre outras vidas em outros planetas mais não acharam nada até hoje.* (sic)

Aluno P: *As pesquisas mostra que não.* (sic)

É interessante notar que os alunos L e P fundamentaram suas opiniões pelas pesquisas que tem sido feitas, e de fato, até o presente momento nunca foi encontrada qualquer evidência científica que confirme a existência de vida em outros locais do

universo (QUILLFELDT, 2010). Esses alunos não apenas não acreditam, como apresentam o motivo científico de sua descrença.

Quanto a aluna D, confesso que fiquei muito curioso e intrigado com a resposta que ela deu. Estaria ela se referindo aos extraterrestres do cinema, onde um ator humano veste uma fantasia? Ou a alguns casos envolvendo OVNI's, que depois se revelaram sendo aparelhos construídos pelo homem? Fiz uma busca na internet com os termos "extraterrestres são seres humanos" e obtive uma lista de muitos sites de ufologia, astrologia, teorias conspiratórias, mistérios da humanidade. Encontrei várias correntes de pensamento sugerindo que os supostos tripulantes de discos voadores seriam na verdade humanos vindos do futuro, de algum plano ou dimensão superior. Mas é claro que isso é tão somente uma suposição minha, e infelizmente não houve tempo hábil para esclarecer essa dúvida direto com a aluna. Cabe ressaltar que este trabalho não se presta a emitir juízo de valor quanto à temática da Ufologia, sendo o comentário anterior apenas uma curiosidade, uma tentativa minha de extrair possíveis significados à afirmação da aluna D.

4.4. Bloco 4 – Astronomia

Este bloco investigava se os alunos já tinham aprendido alguma coisa relacionada à Astronomia, bem como onde se deu esse aprendizado (figura 16).

7) Você já aprendeu alguma coisa sobre Astronomia (estrelas, constelações, planetas, galáxias, cometas, etc.)?	
<input type="checkbox"/> <i>Sim</i>	<input type="checkbox"/> <i>Não</i>
8) Se você respondeu <i>sim</i> à questão anterior, onde você aprendeu sobre Astronomia? (Você pode marcar mais de uma alternativa)	
<input type="checkbox"/> <i>Escola</i>	<input type="checkbox"/> <i>Livros</i>
<input type="checkbox"/> <i>Programas de TV</i>	<input type="checkbox"/> <i>Internet</i>
<input type="checkbox"/> <i>Jornais</i>	<input type="checkbox"/> <i>Revistas</i>
<input type="checkbox"/> <i>Filmes</i>	<input type="checkbox"/> <i>Outro. Qual? _____</i>

Figura 16. Bloco 4 – Astronomia

Do total de vinte e dois, 18 alunos (81,82%) responderam que sim, isto é, já tiveram algum contato com Astronomia antes. Apenas três alunos (13,64%) disseram nunca ter aprendido nada sobre Astronomia, e um aluno (4,54%) não respondeu.

A questão seguinte perguntava onde os alunos que responderam *sim* à questão anterior tinham aprendido sobre Astronomia. A tabela 4 a seguir resume os resultados:

Onde você aprendeu sobre astronomia?	Número de alunos que marcaram a opção	Porcentagem (considerando N=18)
Escola	14	77,78
Internet	11	61,11
Programas de TV	10	55,55
Filmes	9	50,00
Livros	7	38,89
Jornais	3	16,67
Revistas	1	5,56
Outros	2	11,11

Tabela 4. Opções marcadas pelos alunos. Um total de 18 alunos respondeu a essa questão. Cada aluno poderia marcar quantas opções quisesse.

Notamos que a escola foi citada por quase 80% daqueles que já haviam tido algum contato com Astronomia, seguida de perto pela internet, por programas de TV (um aluno até citou o Fantástico) e também por filmes.

Chamo a atenção primeiramente para a escola. Segundo Dias & Rita (2007) a maioria dos alunos da rede pública conclui o ciclo básico de ensino sem conhecimentos de assuntos de Astronomia que são pertinentes à sua formação. Porém, os PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais – do Ensino Fundamental encorajam o aproveitamento da grande variedade de conteúdos teóricos das disciplinas científicas, (a Astronomia inclusive) com todo o seu acúmulo de conhecimentos tecnológicos por parte do professor durante seu planejamento (LANGHI & NARDI, 2003). Mas, esses mesmos autores destacam, citando Barros (1997), que um dos grandes desafios do professor de ciências, ao trabalhar o tema Astronomia se deve à precariedade de sua formação nessa área. O professor de ciências, muitas das vezes um licenciado em Ciências Biológicas, sai da graduação sem estar preparado para trabalhar um dos grandes eixos no qual os PCN estruturam o ensino fundamental, o eixo Terra e Universo (BRASIL, 1998). Sobre isso, Brito *et al.* (2011) nos esclarecem que

A partir da LDB de 1996, somente pessoas com ensino superior em **ciências naturais, ciências físicas e biológicas, ou licenciadas em ciências biológicas poderiam ministrar aulas de ciências no Ensino Fundamental.** Tendo em vista a formação dos professores ao longo dos anos, percebe-se que a graduação em Ciências Biológicas, seja licenciatura ou bacharelado, não será suficiente para dar o suporte teórico necessário para ministrar o conteúdo relacionado às áreas citadas pelos PCN (...). O resultado disso é que podem ocorrer, nas escolas, diversas situações de improviso nas aulas de ciências das diversas áreas, especialmente no ensino de astronomia (p. 5. grifo meu).

Religião	N	Porcentagem (N=20)
Evangélica	11	55,00%
Católica	4	20,00%
Cristã	4	20,00%
Não informou	1	5,00%
Total	20	100,00%

Tabela 5. Religiões dos alunos sujeitos da pesquisa. N=20 pois na pergunta 9 um aluno respondeu não ter religião e outro deixou em branco.

Há uma clara predominância de evangélicos entre os alunos. Essa superioridade já era até esperada, visto que o município de Seropédica vem experimentando um crescimento da população que se declara evangélica, correspondendo a 44% dos habitantes entrevistados pelo Censo 2010, conforme trabalho de Alves (2013).

Também investigamos a constância com que esses alunos frequentam suas respectivas religiões:

Frequência	N	Porcentagem
Duas vezes por semana	9	42,85%
Três ou mais vezes por semana	6	28,57%
Uma vez por semana	3	14,28%
Raramente frequento minha religião	2	9,52%
Não informou	1	4,76%
Uma vez por mês	-	-
Total	21	100,00%

Tabela 6. Constância com que os alunos relataram frequentar suas religiões

Vemos que a maioria dos alunos pode ser classificada como praticantes de sua religião, com 85,7% deles frequentando no mínimo uma vez por semana seus locais de culto.

4.6. Bloco 6 – Influência da Religião

Como mencionado anteriormente, algumas religiões podem emitir pareceres sobre determinados campos da ciência de modo a esclarecer seus seguidores sobre as implicações e interpretações do conhecimento científico frente à doutrina que defendem.

Sobre isso talvez caiba aqui um comentário. Fiz um rápido levantamento sobre o que dizem algumas religiões sobre a possibilidade de vida fora da Terra. O famoso Livro dos Espíritos, escrito pelo médium Alan Kardec (1804-1869) possui uma seção intitulada “Pluralidade dos mundos” de onde destaco o seguinte trecho: *“Todos os globos que giram no Espaço são habitados? Sim, e o homem da Terra está longe de ser, como o supõe, o primeiro em inteligência, em bondade e em perfeição (...)”* (KARDEC, 2008, p. 61). Logo,

Todos os alunos afirmaram que suas respectivas religiões **não emitem nenhuma recomendação quanto à existência ou não de vida fora do planeta Terra**. Nenhuma doutrina se posiciona quanto a esses assunto, pelo menos não para eles. Acreditamos que esse resultado se deva à idade dos sujeitos (11-15 anos), e que uma futura pesquisa semelhante feita com alunos mais velhos poderia encontrar um resultado diferente.

Reforço mais uma vez que a Astrobiologia, tal como é feita hoje, não se confunde com a Religião ou com a Ufologia. Este trabalho não tem por objetivo qualificar ou desqualificar nenhum desses campos, e os comentários feitos aqui sobre esses assuntos tem por motivo tentar compreender e contextualizar algumas concepções dos alunos, e não a Astrobiologia em si.

4.7. Bloco 7 – Desenho

Este é o penúltimo bloco (figura 19), no qual pedi aos alunos que desenhassem como eles acham que seriam os seres vivos de outros planetas, caso existissem.

14) Se existissem seres vivos em outros planetas, como você imagina que eles seriam? Use o espaço abaixo para desenhá-los:

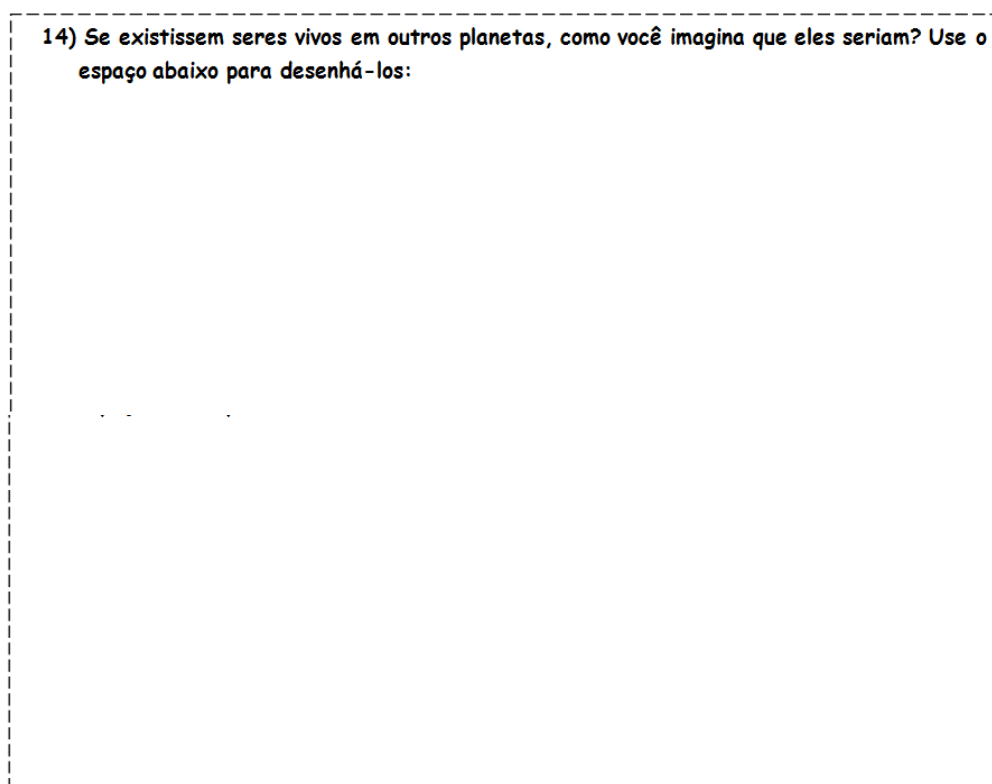


Figura 19. Bloco 7 – Desenho

Como já foi discutido, as formas de vida que a maioria dos astrobiólogos se propõe a buscar são organismos microscópicos, tanto pela resistência e adaptabilidade que esses seres podem ter, vivendo em praticamente todos os tipos de ambientes, muitos dos quais

matariam seres pluricelulares. E também devido ao impacto planetário, principalmente atmosférico, que o metabolismo conjunto da microbiota produz, constituindo as melhores assinaturas biológicas identificáveis à distância, conforme já foi apresentado.

Porém, o cinema, a ficção científica, a televisão e a mídia em geral tem tradicionalmente representado a vida extraterrestre de forma distorcida em relação ao cientificamente aceito. Seres macroscópicos, humanoides, formando civilizações tecnologicamente avançadas e muitas vezes com intenções bélicas para com a Terra são exemplos dessa distorção (o mesmo acontece com a Astronomia, como o som de explosões no vácuo e viagens a velocidades superiores a da luz). Langhi & Nardi (2003), citando Bretones (1999), afirmam que é provável que grande parte das informações veiculadas pelos professores e as concepções prévias dos alunos sobre astronomia (e astrobiologia) tenha origem ou sejam influenciadas pela mídia.

Dessa maneira, esperávamos encontrar nos desenhos dos alunos muitos estereótipos de seres extraterrestres.

Eles fizeram desenhos bem variados, e pelo que pude ver ainda durante a aplicação da pesquisa de campo, esta foi a questão que eles mais se interessaram em fazer.

Depois, classifiquei os desenhos em categorias, que foram surgindo conforme eu ia analisando-os.

1 - Quanto à forma geral do corpo:

- Humanoides: desenhos onde se notasse claramente semelhança com a estrutura corporal humana, isto é, onde fosse possível identificar dois braços, duas pernas, um tronco e uma cabeça;
- Não humanoides: com outras estruturas corporais.

2 - Quanto à presença de detalhes típicos dos animais terrestres (inclusive do homem):

- Com detalhes terrestres: aqueles que desenharam olhos, bocas, orelhas, nariz, cabelo, etc., mesmo que a estrutura não seja humanoide.
- Sem detalhes: com estruturas diferentes, ou mesmo sem estruturas.

3 - Quanto a presença de outras características difundidas na ficção, mídia e senso comum.

- Com antenas, roupas, armas, capacetes, trajes espaciais, etc.
- Sem essas características.

A tabela a seguir apresenta os resultados obtidos pela análise dos desenhos:

1 - Quanto à forma geral do corpo:	Total	%
<ul style="list-style-type: none"> Humanoides: desenhos onde se nota semelhança com a estrutura corporal humana, isto é, onde é possível identificar dois braços, duas pernas, um tronco e uma cabeça; 	14	63,64
<ul style="list-style-type: none"> Não humanoides: com outras estruturas corporais. 	8	36,36
2 - Quanto à presença de detalhes típicos dos animais terrestres (inclusive do homem):		
<ul style="list-style-type: none"> Com detalhes terrestres: aqueles que desenharam olhos, bocas, orelhas, nariz, cabelo, etc., mesmo que a estrutura não seja humanoide. 	21	95,45
<ul style="list-style-type: none"> Sem detalhes: com estruturas diferentes, ou mesmo sem estruturas. 	1	4,55
3 - Quanto à presença de outras características difundidas na ficção, mídia e senso comum:		
<ul style="list-style-type: none"> Com antenas, roupas, armas, capacetes espaciais, etc. 	11	50,00
<ul style="list-style-type: none"> Sem essas características. 	11	50,00

Tabela 7. Resultados da análise dos desenhos dos alunos.

Podemos ver pela tabela que a maioria dos alunos (63,64%) imagina que organismos extraterrestres teriam estrutura corporal semelhante à humana, isto é, seres macroscópicos, com dois braços, duas pernas, um tronco e uma cabeça. Realmente obtivemos muitos desenhos estereotipados, mostrando que a imagem de vida extraterrestre construída principalmente pelos filmes de ficção científica, mas também pela mídia em geral, influencia bastante as concepções dos alunos, pelo menos quanto à forma. Parece que aquele “tipo padrão de ET”, com corpo fino, cabeça desproporcional, olhos grandes e oblíquos está bem presente no imaginário das pessoas. Prova disso são os vários filmes de ficção científica com extraterrestres que figuram entre os grandes sucessos de bilheteira (OLIVEIRA, 2008).

Quanto aos detalhes, apenas um desenho, feito pela aluna O (figura 29) possuía estruturas diferentes do que seria reconhecido no modelo geral terrestre, isto é, olhos, boca, nariz, cabelo, etc. Todos os outros, seguindo o estereótipo ou não, tinham pelo menos uma dessas estruturas.

Muitos alunos desenharam roupas, e foi comum também a presença de “antenas” na cabeça dos “ETs”, outra característica estereotipada reproduzida por filmes, desenhos animados, quadrinhos, e outros.

É interessante notar que alguns alunos desenharam também o ambiente onde o extraterrestre estava, com estrelas e planetas ao fundo.

Apresento a seguir os desenhos dos alunos, começando pelos predominantemente humanoides e com detalhes terrestres:



Figura 20. Aluna G



Figura 21. Aluno U



Figura 22. Aluna K

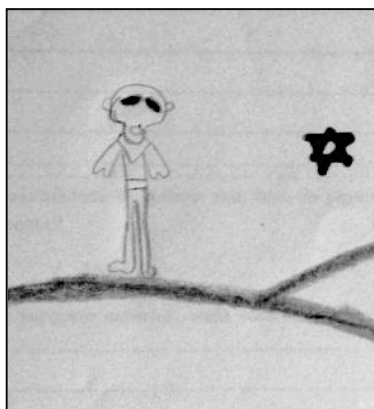


Figura 23. Aluna F

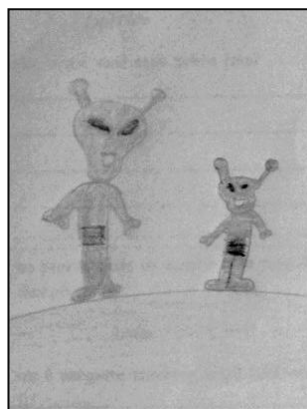


Figura 24. Aluna M

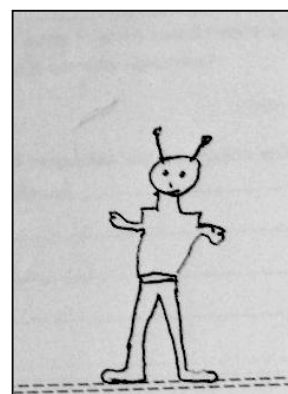


Figura 25. Aluno N

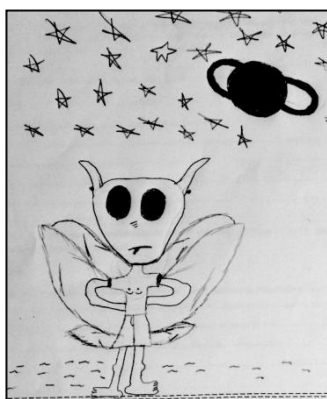


Figura 26. Aluna V

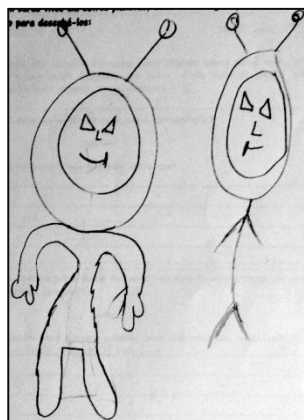


Figura 27. Aluno B

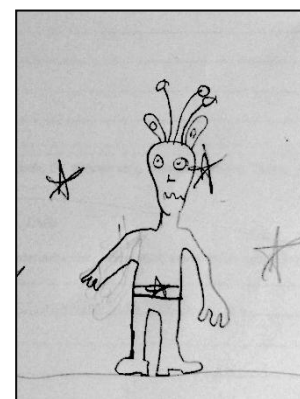


Figura 28. Aluno I

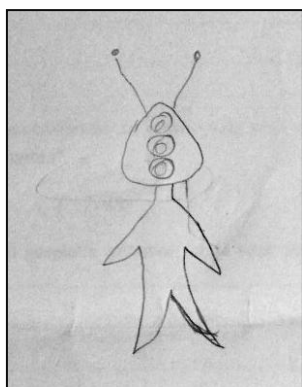


Figura 29. Aluna O

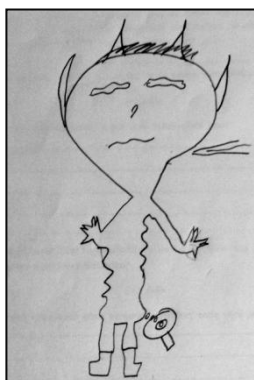


Figura 30. Aluna S

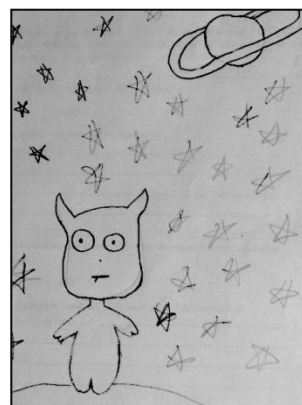


Figura 31. Aluna T

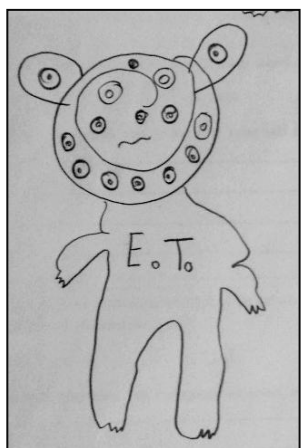


Figura 32. Aluna D

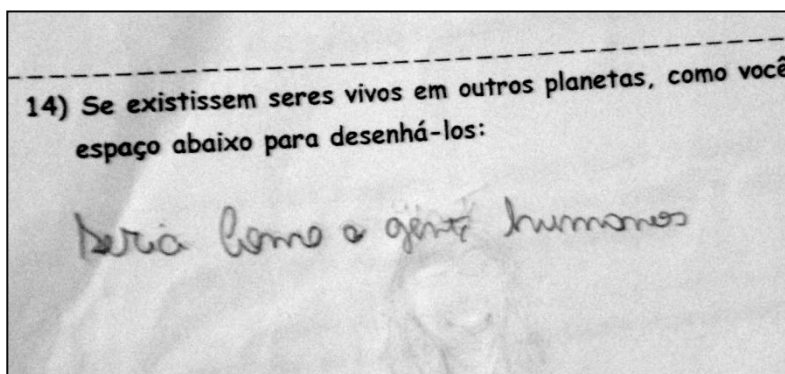


Figura 33. Aluna A. Está escrito *Seria como a gente humanos*

Creio que caiba aqui relatar um ocorrido durante a aplicação do questionário. A aluna A (figura 33, logo acima) começou a desenhar um ser humano normal, com roupas, cabelo, cinto, meias e sapatos. Outra aluna, que já tinha terminado de responder, achou muito estranho e se revoltou, pois não aceitava que a amiga imaginasse que seres de outro planeta fossem como humanos. A aluna A então apagou o desenho. Insisti para que ela fizesse novamente, mas ela se recusou. Então pedi para que ao menos escrevesse no espaço em branco como eles seriam, e ela escreveu: *seria como a gente humanos* (sic).

Os próximos desenhos são aqueles que classifiquei como não humanoídes. Alguns apresentam características da estrutura humana, como braços, mas diferem substancialmente em outras. Todos eles, porém, apresentam no mínimo algum detalhe como olhos, boca, nariz e orelhas.

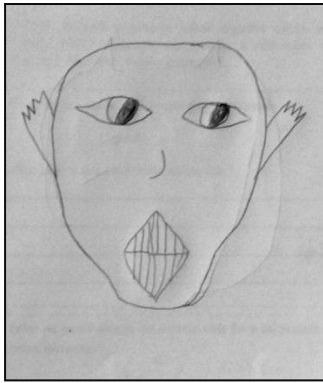


Figura 34. Aluno L



Figura 35. Aluna Q

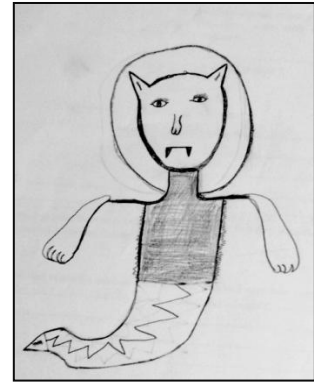


Figura 36. Aluno E

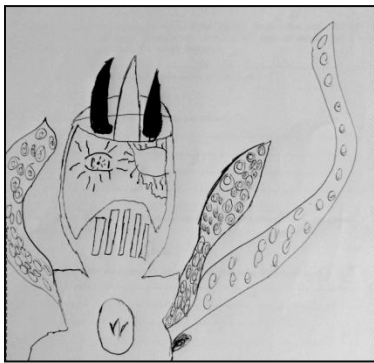


Figura 37. Aluno P



Figura 38. Aluno J



Figura 39. Aluno R

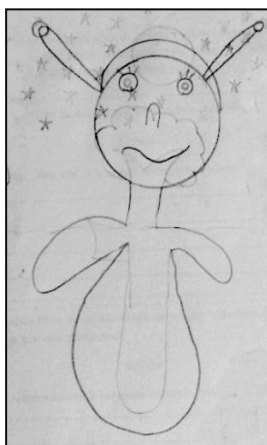


Figura 40. Aluna C

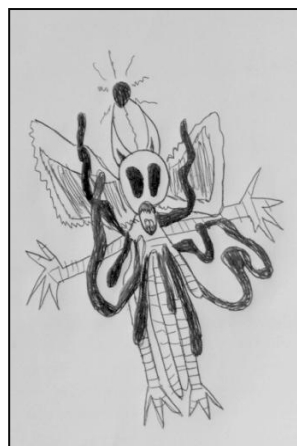


Figura 41. Aluno H

Surgiram formas muito curiosas, com tentáculos, chifres, caudas. Porém nenhuma bactéria ou qualquer outra criatura unicelular. Talvez o desenho do aluno R (figura 39),

retirando olho e o que acredito que seja uma boca, o que sobrasse poderia ser parecido com uma célula.

Com base nisso, podemos afirmar que o ser extraterrestre imaginado pelos alunos pesquisados é, em geral, um organismo **pluricelular** e **macroscópico**, tem estrutura corporal **semelhante à humana**, inclusive com olhos, boca, nariz e orelhas. Ou seja, verifica-se que os estereótipos de extraterrestre difundidos pela ficção científica fazem parte do imaginário desses alunos e influenciam suas concepções.

4.8. Bloco 8 – Comentário livre

Este último bloco consistia em um espaço onde o aluno poderia deixar um comentário ou uma colocação qualquer (figura 42). A resposta era opcional.

15) Você gostaria de fazer mais algum comentário? Use o espaço abaixo:

Figura 42. Bloco 8 – comentário livre (opcional)

Transcrevo a seguir os comentários dos alunos que responderam:

Aluna A: *Seria legal ter mais gente nos planeta.*

Aluna K: *Gostaria porque e legal coisas sobre planetas e estrelas e galáxias.*

Aluna I: *Bom gostei das perguntas espero que tenho ajudado em sua pesquisa.*

Aluno E: *gostaria mais não sei como explicar.*

Aluno J: *Eu gosto muito de ciências, por isso gostei muito desse trabalho, se tiver isso todo dia ia gostar muito mesmo, quero ser professor de ciência por que eu adoro ciências.*

Aluna D: *Adorei as perguntas faça mais.*

4.9. Questionário para a professora

Por fim, passemos à discussão do questionário aplicado à professora da turma (Anexo II). Como foi anteriormente informado, este questionário objetivava levantar dados sobre a formação e a prática docente da professora em relação à astronomia.

Ela é formada em Ciências Biológicas – licenciatura, pela UFRRJ. Afirmou que não costuma trabalhar conteúdos de Astronomia com os alunos, nem sobre a possibilidade de vida fora da Terra.

Perguntei também se ela havia estudado alguma coisa sobre astronomia durante sua formação inicial, e ela respondeu que não, como boa parte dos professores. Ao ser perguntada como classificaria sua formação inicial quanto ao tema astronomia, em notas de zero a dez, ela atribuiu a nota zero.

A última pergunta pedia a opinião da professora quanto as maiores dificuldades para os professores de ensino fundamental tem para trabalhar o tema Astronomia. Transcrevo a seguir a resposta dela:

“Falta de conhecimento sobre o assunto, pois o assunto em ciências é levemente abordado, na medida em que livros abordam planetas, movimentos e localização bem superficial.”

As respostas e o relato da professora corroboram aquilo que já se sabe: a formação inicial dos professores de ciências do ensino fundamental deixa a desejar neste tema. Citando novamente a fala de Brito *et al.* (2011), percebe-se que a graduação em Ciências Biológicas não é suficiente para dar ao professor a base teórica necessária para ministrar esse e outros conteúdos indicados pelos PCN.

Cabe ao poder público então tomar providências não só para resolver esta deficiência durante a formação inicial dos futuros professores, mas também fornecer meios e estímulos para que os professores que já saíram das universidades possam se atualizar quanto a esses e outros temas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por que falar sobre astrobiologia na escola?

Como vimos, a Astrobiologia é, por natureza, uma ciência totalmente dependente da interdisciplinaridade: envolve conhecimentos de Biologia, Astronomia, Química, Física, Geologia, etc. Conversar sobre astrobiologia (mesmo que não se use esse termo) com os alunos é desenvolver o raciocínio crítico, a associação entre conteúdos de diversas disciplinas, a prática da reflexão sobre o nosso lugar no universo e o nosso papel como habitantes desse planeta.

É um conhecimento que, de maneira geral, já circula na sociedade há bastante tempo. Livros, filmes, programas jornalísticos, documentários comumente abordam a temática da exploração espacial e da vida extraterrestre. Logo, é um assunto pelo qual as pessoas, principalmente os mais jovens e ávidos por informação, demonstram interesse e quase sempre tem o que falar e perguntar. Citando Oliveira (2008), a Astrobiologia

já tem incorporado um sistema de crenças. Em vez de o ignorar, o ensino e comunicação de astrobiologia pode utilizar estas crenças a seu favor, demonstrando claramente a linha que separa a crença do conhecimento científico. Temas úteis neste caso podem ser a ficção científica e a ufologia. Uma análise crítica destes temas ajuda a distinguir o conhecimento científico da especulação científica e da crença (p.2).

Pelo fato de ser um campo da ciência ainda em construção, é provável que cada vez mais esteja presente na mídia e na sociedade. Discutir isso na escola é trabalhar também o cotidiano do aluno, desenvolvendo nele competências que permitam a análise crítica posterior desse e de outros temas.

É uma ferramenta também de integração entre os próprios professores. Em um sistema escolar onde as disciplinas são vistas como estanques, incomunicáveis, surge uma possibilidade de diálogo onde um grande número de profissionais, tanto das áreas exatas como das humanas, podem conversar entre si. E envolvendo também seus alunos, podem contribuir para uma aprendizagem mais integrada, agradável e significativa.

Além disso, pode contribuir para mostrar aos alunos que a ciência é um processo dinâmico, que muda o tempo todo. Evidenciar que o conhecimento hoje tido como verdade, amanhã pode não ser mais, e que isso não representa um retrocesso, mas sim um avanço. A Astrobiologia passou por isso, convivendo com o ceticismo de muitos, sendo

vista como pseudociência, e hoje está se consolidando cada vez mais como uma das grandes promessas deste século.

Além disso, é uma ciência que está perto da sociedade, mesmo sem o *status* científico, na forma de livros, filmes e desenhos, de modo que é um tema de interesse, principalmente para as crianças. Creio que muitos ficariam constrangidos ou desestimulados se chamados a conversar sobre “astrofísica extragaláctica”, mas qualquer pessoa, de qualquer nível, não resistiria a uma conversa iniciada com “no meio de tantas estrelas, será que não tem alguém olhando pra cá?”.

Saber que existe uma área de pesquisa que trabalha com a possibilidade de vida fora da Terra seria no mínimo estimulante para os alunos, suscitando discussões e questionamentos que um professor, preparado para isso, poderia transformar em inúmeras pontes para a química, a física, a biologia, as línguas, a filosofia. Essa “popularidade desconhecida” da Astrobiologia (isto é, as pessoas sabem o que é, mas não sabem que tem nome e muito menos que é uma área de pesquisa científica), juntamente com a interdisciplinaridade tem tudo para promover uma abordagem integrada em sala de aula.

O que é o Sol? O que é vida? Quem somos nós? O que somos nós? Estamos sozinhos? Se estamos, o que isso significa? Se não estamos, o que isso significa? Ao trabalhar com essa turma de pequenos, me deparei com uma coisa que nós, professores, não costumamos avaliar, muitas vezes sequer prestamos atenção: a capacidade de construir perguntas. Quase sempre só nos preocupamos com as respostas, certo e errado, sim ou não, pertence ou não pertence. E esquecemos dos “por quês?”. A Astrobiologia nos lembra dos “por quês”. Lembra-nos que fazer boas perguntas é tão ou mais importante do que dar boas respostas. Lembra-nos que não ter uma resposta não é um obstáculo nem constrangimento, e sim um incentivo.

Os resultados que obtive neste trabalho, principalmente os desenhos, onde os alunos demonstraram trazer concepções baseadas naquilo que os meios de comunicação e a ficção científica mostram como vida extraterrestre, não devem ser vistos de forma alguma como entraves, ou como resultados negativos. Essas concepções são ganchos. É a partir dessas concepções que o professor de ciências e biologia vai poder trazer o aluno “para dentro” da ciência.

Estamos vivendo em um mundo onde a informação circula cada vez mais rápido, e vai cada vez mais longe. Nesse contexto, as separações se desfazem, não existe mais dentro ou fora, aqui ou lá. Tudo se interconecta.

Termos como interdisciplinaridade, multidisciplinaridade, transdisciplinaridade e até metadisciplinaridade estão presentes para lembrar-nos a todo momento que as fronteiras do conhecimento estão caindo. E, na minha opinião, por tudo o que vi e li durante a elaboração desta pesquisa, não existe campo do conhecimento científico que mais represente todas essas “disciplinaridades” do que a Astrobiologia.

Este trabalho não representa um fim em si mesmo, mas sim um começo. Espero que possa servir como incentivo para pesquisas futuras, como mais um passo dado na trilha rumo à divulgação e ao ensino da Astrobiologia. Essa disciplina nos apresenta um convite ao diálogo, à reflexão, à integração. E nós, como biólogos, professores, divulgadores, formadores de opinião, não temos o direito de dizer não a esse tipo de convite.

6. ANEXOS

Anexo I – Questionário aplicado aos alunos



NOME: _____

TURMA: _____

IDADE: _____



Olá! Eu estou fazendo uma pesquisa e preciso saber algumas coisas sobre você, ok? Não se preocupe, isto não é uma prova. Responda com calma, e não copie do colega, pois o mais importante para mim é a SUA resposta. Vamos começar?

1) Você já ouviu falar ou leu alguma coisa sobre *Astrobiologia* ?

() *Sim*

() *Não*

2) Se você respondeu *sim*, o que você sabe sobre isso?

3) Você já ouviu falar na possibilidade de existir vida fora do planeta Terra, em outros planetas e estrelas distantes?

() *Sim*

() *Não*

4) Se você respondeu *sim* à pergunta anterior, onde você ouviu falar sobre isso?

5) Na sua opinião, a Terra é o único planeta com vida no universo?

() *Sim*

() *Não*

6) Se a resposta anterior for *não*, você acha que podem existir outros planetas habitados por seres vivos?

() *Sim*

() *Não*

Por quê?

7) Você já aprendeu alguma coisa sobre Astronomia (estrelas, constelações, planetas, galáxias, cometas, etc.)?

() *Sim* () *Não*

8) Se você respondeu *sim* à questão anterior, onde você aprendeu sobre Astronomia? (Você pode marcar mais de uma alternativa)

() *Escola* () *Livros*
() *Programas de TV* () *Internet*
() *Jornais* () *Revistas*
() *Filmes* () *Outro. Qual?* _____

9) Você tem religião?

() *Sim* () *Não*

Qual? _____

10) Se você respondeu *sim* à pergunta anterior, quantas vezes por semana você frequenta sua religião? (Marque apenas uma alternativa)

() *Uma vez por semana*
() *Duas vezes por semana*
() *Três vezes ou mais por semana*
() *Uma vez por mês*
() *Raramente frequento a minha religião*

11) A doutrina da sua religião fala alguma coisa sobre a possibilidade de existir vida em outros planetas?

() *Sim* () *Não*

12) Se a resposta anterior for *sim*, o que a sua religião fala sobre isso?

13) A sua religião influenciou sua opinião sobre este assunto?

() *Sim* () *Não*

Por quê?

14) Se existissem seres vivos em outros planetas, como você imagina que eles seriam? Use o espaço abaixo para desenhá-los:

15) Você gostaria de fazer mais algum comentário? Use o espaço abaixo:

Obrigado por participar desta pesquisa!

Anexo II – Questionário aplicado para a professora da turma

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO QUESTIONÁRIO PARA PROFESSORES

Prezado(a) Professor(a), estou realizando uma pesquisa para meu trabalho de conclusão de curso, e gostaria de saber algumas informações sobre você. As respostas serão usadas unicamente para os fins desta pesquisa, e seu nome não será divulgado. Desde já, agradeço sua atenção.

1) Qual foi seu curso de graduação?

2) Você trabalha conteúdos de Astronomia com seus estudantes?

() *Sim* () *Não*

- Se você respondeu *sim* à questão anterior, como você classificaria o interesse de seus alunos pelo o tema Astronomia (dê notas de 0 a 10)?

Nota: _____

- Ainda sobre essa questão, você já abordou algo relacionado à busca científica de vida fora do planeta Terra?

() *Sim* () *Não*

3) Você estudou o tema Astronomia em sua formação acadêmica inicial?

() *Sim* () *Não*

4) Em uma escala de 0 (zero) a 10 (dez) como você classificaria sua formação inicial em relação ao tema Astronomia?

Nota: _____

5) Na sua opinião, quais são as maiores dificuldades para os professores de ensino fundamental trabalharem o tema Astronomia?

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALISSON, E. Revista publica edição especial sobre evento científico em São Paulo. **Agência FAPESP**, São Paulo, 8 fev. 2013. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/16809>>. Acesso em 15 set. 2013.

ALISSON, E. Rede Brasileira de Astrobiologia é lançada. **Agência Fapesp**, São Paulo, 06 jun. 2013. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/17373>>. Acesso em: 29 jun. 2013.

ALVES, J. E. D. Até onde vai o piso da queda dos católicos no Rio de Janeiro: o caso de Seropédica. **Aparte Inclusão Social em Debate**, 2023. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/aparte/>>. Acesso em: 15 jul. 2013.

ANDRADE, M. H. **Exoplanetas como tópico de Astronomia motivador e inovador para o ensino de Física no Ensino Médio**. 2012. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. Porto Alegre, RS, 2012.

BARCELOS, E. D. **Telegramas Para Marte – A Busca Científica de Vida e Inteligência Extraterrestre**. São Paulo: Jorge Zahar, 2001.

BARCELOS, E. D. & QUILLFELDT, J. A. Onde estão todos os outros? **Scientific American Brasil**, v. 2, p. 28-35, 2003.

BARROS, S. G. La Astronomía en textos escolares de educación primaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v.15, n.2, pp. 225-232, 1997.

BARROS, C. & WILSON, P. **Ciências: os seres vivos**.4.ed. São Paulo: Ática, 2009.

BATTISTA, J. R., EARL, A. M. & PARK, M. J. Why is *Deinococcus radiodurans* so resistant to ionizing radiation? **Trends in Microbiology**, v. 7, n. 9, pp. 362-365, 1999.

BLUMBERG, B. S. The NASA astrobiology institute: early history and organization. **Astrobiology**, v. 3, n. 3, p. 463-470, 2003.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MC/SEF, 1998. Disponível em: < portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/>. Acesso em: 29 ago. 2013.

BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade de Campinas. Instituto de Geociências. Campinas, SP, 1999.

BRITO, P. E., LEONÊS, A. S., GUIMARÃES, E. M. Reflexões do Ensino de Astronomia segundo os PCN e as Diretrizes Curriculares da Secretaria de Educação do Distrito Federal em Planaltina DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: ABRAPEC, 2011.

CAMPBELL, N., REECE, J., URRY, L., CAIN, M., WASSERMANN, S., MINORSKY, P., JACKSON, R. **Biologia**. 8.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CARRAPIÇO, F. J. N. A origem da vida e a sua evolução. Uma questão central no âmbito da exobiologia. **Anomalia**, n. 5, pp. 25-32, 2001.

CARVALHO, C. N. & RODRIGUES, J. Viagem à alvorada da vida nas minas das fragas do cavalo (oleiros). **Açafa On Line**, n. 5, p. 252-271, 2012.

CASTRO, F. Cientistas exploram conexões entre astronomia e biologia. **Agência FAPESP**, São Paulo, 4 jan. 2012. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/14981>>. Acesso em: 15 set. 2013.

CHELA-FLORES, J. La Astrobiología, um marco para la discusión de La relación hombre-universo. **Principia**, n. 18, pp. 12-18, 2001.

COCCONI, G. & MORRISON, P. Searching for Interstellar Communications. **Nature**, v. 184, n. 4690, pp. 844-846, 1959.

CRUZ, D. **Ciências e educação ambiental: os seres vivos**. 30.ed. São Paulo: Ática, 2002.

COUTINHO, F. A., MORTIMER, E. F. & EL-HANI, C. N. Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.12, n.1, pp.115-137, 2007.

CUELLO, M. A. Recursos didáticos para comunicar aspectos metodológicos y conceptuales tanto de la exploración planetaria como de la astrobiología. **Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.**, v.4, n.3, pp.476-488, 2007.

DALMASO, G. Z. L. **Astrobiologia: análise descritiva e crítica, avaliação da sua percepção junto aos alunos da graduação em Ciências Biológicas e proposta de criação de uma nova disciplina.** 2008. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas - Licenciatura) – Universidade Federal Fluminense. Curso de Ciências Biológicas. Niterói, RJ, 2008.

DALY, M. J. Engineering radiation-resistant bacteria for environmental biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, v.3, n. 11, pp. 280-285, 2000.

DAMINELLI, A. Procura de Vida Fora da Terra. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 27, n. Especial: p. 641-646, 2010.

DAMINELLI, A. À procura de vida fora da Terra. In: PICAZZIO, E. (org. e ed.). **O céu que nos envolve: Introdução à astronomia para educadores e iniciantes.** São Paulo: Odysseus, pp. 277-284, 2011.

DAMINELLI, A. & STEINER, J. **O Fascínio do Universo.** São Paulo: Odysseus, 2010.

DE DUVE, C. **Blueprint for a cell.** Burlington: Neil Patterson Publ., 1991

DE DUVE, C. **Vital dust: life as a cosmic imperative.** New York: Basic Books, 1995.

DIAS, C. A. C. M. & RITA, J. R. S. Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 6, p. 55-65, 2008.

DOYLE, A. Colors of ExoEarths Could Indicate Habitability. **Astrobiology Magazine**, 11 set. 2012. Disponível em: < <http://www.astrobio.net/exclusive/5135/colors-of-exoearths-could-indicate-habitability#>>. Acesso em: 18 set. 2013.

EMMECHE, C. Aspects of complexity in life and science. **Philosophica**, v. 59, pp. 41-68, 1997.

EMMECHE, C. & EL-HANI, C. N. Definindo vida. In: EL-HANI, C. N. & VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.). **O que é vida?: para entender a biologia do século XXI**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, pp. 31-56, 2000.

EMMECHE, C. & EL-HANI, C. N. Definindo vida, explicando emergência. **Série Ciência e Memória**, CNPQ/ON, Coordenação de Informação e documentação, 1999. Disponível em: <<http://www.nbi.dk/~emmeche/coPubl/99.DefVida.CE.EH.html>>. Acesso em: 25 ago. 2013.

FERRARO, J. L. S. Da história natural à biologia: o conceito de vida nos livros didáticos. **Travessias**, n. 7, pp. 34-61, 2010.

FERREIRA, A. B. H. **Aurélio: o Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 3. ed. Curitiba: Editora Positivo, 2004.

FONSECA, L. C. S. **Religião Popular: o que a escola pública tem a ver com isso? Pistas para repensar o ensino de ciências**. 2005. 246 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal Fluminense. Programa de Pós-graduação em Educação. Niterói, RJ, 2005.

FRIAÇA, A. C. S. Subjetividade no reconhecimento da vida no universo. **Revista Brasileira de Psicanálise**, v. 44, n. 3, p. 93-101, 2010.

FUNES, J. G. & LUNINE, J. **Study Week on Astrobiology: Summary Statement**. 2009. Disponível em: < www.casinapioiv.va/content/dam/.../astrobiology.pdf > Acesso em: 22 ago. 2013.

GLEISER, M. & NEVES, F. **Poeira das Estrelas**. Rio de Janeiro: Globo, 2006.

GREENBERG, R. **Unmasking Europa: The search for life on Jupiter ocean moon**. New York: Springer, 2008.

GRINSPOON, D. **Planetas Solitários: A filosofia natural da Vida alienígena**. São Paulo: Editora Globo, 2005.

GROSS, M. **Life on the Edge: Amazing creatures thriving in extreme environments**. New York: Plenum Press, 1998.

HIPÓLITO, A. S., MARTINS, D. F. & PIMENTEL, J. P. Em busca de Vida para além da Terra. **Revista Ciência Viva – Portugal**, 2011. Disponível em: < http://www.cienciaviva.pt/img/upload/Astrobiologia_Tema%20B.pdf >. Acesso em 10 ago. 2013

JONES, W. J., LEIGH, J. A., MAYER, F. WOESE, C. R. & WOLFE, R. S. *Methanococcus jannaschii* sp. nov., an extremely thermophilic methanogen from a submarine hydrothermal vent. **Arch Microbiol**, n.136, pp. 254-261, 1983.

KARDEC, A. **O livro dos espíritos**. Rio de Janeiro: CELD, 2008.

LAGE, C., DALMASO, G., TEIXEIRA, L., BENDIA, A., PAULINO-LIMA, I., GALANTE, D., JANOT-PACHECO, E., ABREVAYA, X., AZÚA-BUSTOS, A., PELIZZARI, V. & ROSADO, A. Mini-review: Probing the limits of extremophilic life in extraterrestrial environment-simulated experiments. **International Journal of Astrobiology**, v. 1, p. 1-6, 2012.

LAFLEUR, L. J. Astrobiology. **Astronomical Society of the Pacific**, n. 143, 1941.

LANGHI, R. & NARDI, R. Um estudo exploratório para inserção da astronomia na Formação de professores dos anos iniciais do ensino Fundamental. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Anais...** Bauru: ABRAPEC, 2003.

LANGHI, R. & NARDI, R. Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 1, pp. 87-111, 2007.

LATHAM, D. W., STEFANIK, R. P., MAZEH, T., MAYOR, M., BURKI, G. The unseen companion of HD114762 - A probable brown dwarf. **Nature**, v. 339, p. 38-40, 1989.

LIMA, R. L. **Uma proposta de ensino para o nível fundamental a partir das concepções sobre insetos**. 2000. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Natal, RN, 2000.

LOPES, S. & ROSSO, S. **Biologia: volume único**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MAKLER, M. O universo visto pelas lentes gravitacionais. **Ciência Hoje**, n.264, pp. 28-33, 2009.

MARGULIS, L. & SAGAN, D. **O que é vida?** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002.

MATSUURA, O. T. Vida Extraterrestre. In: EL-HANI, C. N. & VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.). **O que é vida?: para entender a biologia do século XXI**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, pp. 273-296, 2000.

MATURANA, H. R. & VARELA, F. **Autopoiesis and cognition: the realization of the living**. Dordrecht: Reidel, 1980.

MAYOR, M. & QUELOZ, D. A. A Jupiter-mass companion to a solar-type star. **Nature**, n. 378, p. 355-359, 1995.

MAYR, E. **The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance**. Cambridge: Harvard University, The Belknap Press, 1982.

MCKAY, D.; GIBSON-JR, E. K.; THOMAS-KEPRTA, K. L.; VALI, H.; ROMANEK, C. S.; CLEMETT, S. J.; CHILLIER, X. D. F.; MAECHLING, C. R. & ZARE, R. N. Search for Past Life on Mars: Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH84001. **Science**, v. 273, n. 5277, p. 924-930, 1996.

MILLER, S. L. A production of amino acids under possible primitive Earth conditions. **Science**, v. 177, pp. 528-529, 1953.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC. Ideb e seus componentes - **Ideb 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: < www.portalideb.com.br/escola/172097>. Acesso em: 2 set. 2013.

MONOD, J. **Chance and Necessity**. New York: Knopf, 1971.

MOREIRA, H. & CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2.ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE - NAI. **About Astrobiology**. Ago. 2012. Disponível em: <<https://astrobiology.nasa.gov/about-astrobiology/>>. Acesso em 26. Jun. 2013.

NEITZEL, C. L. V. **Aplicação da Astronomia ao Ensino Médio com Ênfase em Astrobiologia**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. Porto Alegre, RS, 2006.

OARGA, A. Life in extreme environments. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 9, n. 1, 2009.

OLIVEIRA, C. Astrobiologia para o século XXI. **Ciência Hoje – Portugal**. Mar. 2008. Disponível em: < <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=25347&op=all> >. Acesso em: 22 jul. 2013.

OLIVEIRA-FILHO, K. S. & SARAIVA, M. S. O. Planetas Extrassolares. **Astronomia e Astrofísica**, 2013. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/esp.htm>>. Acesso em: 1 jul. 2013.

OLIVEIRA, S. S. & BASTOS, F. Concepções alternativas e ensino de biologia: como utilizar estratégias diferenciadas na formação inicial de licenciandos em biologia. **Tecné, Episteme y Didaxis**, v. 19, p. 65-76, 2006.

OREN, A., GINZBURG, M., GINZBURG, B. Z., HOCHSTEIN, L. I. & VOLCAN, B. E. *Haloarcula marismortui* (Volcani) sp. nov. nom. rev. an Extremely Halophilic Bacterium from the Dead Sea. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 40, n. 2, pp. 209-210, 1990.

PAULINO-LIMA, I. G. A institucionalização da Astrobiologia no Brasil e no mundo. **Revista da flora medicinal**, v.1, n.42, pp. 57-69, 2013.

PAULINO-LIMA, I. G. & LAGE, C. A. S. Astrobiologia: definição, aplicações, perspectivas e panorama brasileiro. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 14-21, 2010.

PEREIRA, F. A. **Introdução à Astrobiologia**. São Paulo: José Olympio Editora, 1958.

PICAZZIO, E. Sistemas Planetários. In: _____. **O céu que nos envolve: Introdução à astronomia para educadores e iniciantes**. São Paulo: Odysseus, pp. 99-152, 2011.

QUILLFELDT, J. A. Astrobiologia: água e vida no sistema solar e além. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 27, n. Especial, p. 685-697, 2010.

RAMPELOTTO, P. H. A química da vida como nós não conhecemos. **Quím. Nova**, v. 35, n. 8, 2012.

RAMPELOTTO, P. H. Extremophiles and Extreme Environments. **Life**, v.3, 482-485, 2013.

REDE BRASILEIRA DE ASTROBIOLOGIA. **Astrobiologia**. 2013. Disponível em: <<http://www.astrobiologia.net.br/astrobiologia>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

REDFERN, S. Cientista sugere que vida começou em Marte. **BBC Brasil**, 29 ago. 2013. Disponível em: <www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/08/130829_marte_vida_dg.shtm>. Acesso em: 4 set. 2013.

RODRIGUES, F.; GALANTE, D.; PAULINO-LIMA, I. G.; DUARTE, R. T. D.; FRIANÇA, A. C. S.; LAGE, C.; JANOT-PACHECO, E.; TEIXEIRA, R. & HORVATH, J. E. Astrobiology in Brazil : early history and perspectives. **International Journal of Astrobiology**, v. 11, n. 4, p. 189-202, 2012.

ROTHSCHILD L. J. & MANCINELLI R. L. Life in extreme environments. **Nature**, n. 409, p. 1092-1101, 2001.

SEAGER, S. Exoplanet Habitability. **Science**, v. 340, n. 6132, p. 577-581, 2013.

SCHNEIDER, J. **The Exoplanet Encyclopaedia - Virtual Observatory**. Disponível em: <<http://exoplanet.eu/>>. Acesso em: 19 jul. 2013.

SCHRÖDINGER, E. **What Is Life?: The Physical Aspect of the Living Cell**. Dublin, 1944.

STRUHOLD, H. **The Green and the Red Planet: A Physiological Study of the Possibility of Life on Mars**. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1953.

VAL, V. M. F. A., BICUDO, J. E. & VAL, A. L. Metabolismo. In: EL-HANI, C. N. & VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.). **O que é vida?: para entender a biologia do século XXI**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, pp. 105-138, 2000.

VIEYRA, A. & SOUZA-BARROS, F. Teorias da Origem da Vida no Século XX. In: EL-HANI, C. N. & VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.). **O que é vida?: para entender a biologia do século XXI**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, pp. 71-101, 2000.

VILLA, C. E. Termina no Vaticano a Semana da Astrobiologia. **Zenit**, 10 nov. 2009. Disponível em: <www.zenit.org/pt/articles/termina-no-vaticano-a-semana-da-astrobiologia>. Acesso em: 22 ago. 2013.

VON DAMM, K. L. Seafloor Hydrothermal Activity: Black smoker chemistry and chimneys. **Annu. Rev. Earth Planet. Sci.**, n. 18, pp. 173-204, 1990.

WARD, P. D. & BROWLEE, D. **Rare Earth: why complex life is uncommon in the Universe**. New York: Copernicus, 2003.

ZHURAVLEV, Y. N. & AVETISOV, V. A. The definition of life in the context of its origin. **Biogeosciences**, n.3, pp. 281–291, 2006.

ZOLNERKEVIC, I. Nas redondezas de outros mundos: como observar luas, anéis e até o magnetismo de planetas fora do sistema solar. **Pesquisa Fapesp**, n.191, pp. 24-27, 2012.