A EQUAÇÃO DE DRAKE E O PARADOXO DE FERMI: UMA ABORDAGEM DA ASTROBIOLOGIA

THE DRAKE EQUATION AND THE FERMI PARADOX: AN ASTROBIOLOGY APPROACH

Janildes Silva Pinho[1], Marli Alves Rodrigues[2], Iranderly Fernandes de Fernandes[3]

Colégio Estadual José Ferreira Pinto, Feira de Santana-BA. E - mail: [1]janesbio@gmail.com .
Colégio da Polícia Militar Rômulo Galvão, Ilhéus - BA. E- mail: [2]romarli.pacto.em@gmail.com.
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Física (DFIS), Observatório Astronômico Antares, Mestrado profissional em Astronomia (MPAstro), Feira de Santana-BA, Brasil. E-Mail: [3]*iffernandes@uefs.br* .

A busca por vida extraterrestre é um tema que desperta curiosidade há muito tempo e se constitui em um dos ramos de estudo da Astrobiologia. Astrobiologia é uma ciência recente, multidisciplinar que se ocupa em estudar desde a formação de moléculas orgânicas em ambientes atípicos até a compreensão dos mecanismos de manutenção da vida, tomando como base a origem e formação da vida na Terra. Esses estudos têm revelado grandes perspectivas da existência de vida não só no nosso Sistema Solar, mas também na Via Láctea e no Universo como um todo. Atualmente vivemos uma revolução tecnológica na área das explorações espaciais robóticas que tem contribuído com novas descobertas nesta área de pesquisa. Esse artigo se propõe a analisar a Equação de Drake, relacionando–a com o Paradoxo de Fermi contribuindo, assim, com mais uma ferramenta de discussão na Astrobiologia.
Palavras-Chaves: Astrobiologia, vida extraterrestre, Equação de Drake, Paradoxo de Fermi.

The search for extraterrestrial life is a topic that has aroused curiosity for a long time and constitutes one of the study branches of Astrobiology. Astrobiology is a recent, multidisciplinary science concerned with studying everything from the formation of organic molecules in atypical environments to the understanding of life maintenance mechanisms, based on the origin and formation of life on Earth. These studies have revealed great prospects for the existence of life in our Solar System, the Milky Way, and the Universe as a whole. We are currently experiencing a technological revolution in the field of robotic space exploration, which has contributed to new discoveries in this area of research. This article proposes to promote an analysis of the Drake Equation, relating it to the Fermi Paradox, thus contributing with yet another tool for the discussion of Astrobiology.
Keywords: Astrobiology, extraterrestrial life, Drake Equation, Fermi Paradox.

INTRODUÇÃO

A contemplação do céu noturno é algo que desperta atenção do ser humano. Mesmo com a agitação dos dias atuais e com a poluição luminosa dos grandes centros, quem nunca se deparou fascinado com a beleza do céu? Nesse momento, uma série de indagações surge na mente dos contempladores, uma delas, possivelmente, é: "será que estamos sozinhos nessa imensidão?"

O ato de observar o céu, assim como o questionamento sobre a vida fora da Terra são heranças dos nossos antepassados. Vários filósofos gregos, os chamados pluralistas, admitiam a existência de outros mundos que podiam ou não abrigar vida. Podemos citar, nesse grupo, além dos atomistas Leucipo e Demócrito, Epicuro, Heráclito, dentre outros. Do outro lado existia os singularistas, que acreditavam que a Terra era o único planeta que podia abrigar vida. Nesse grupo destacam-se filósofos como Platão e Aristóteles (FRIAÇA,2010).

A existência de vida fora da Terra é estudada por um ramo relativamente novo chamado de Astrobiologia que como o próprio nome sugere, abrange duas grandes áreas de conhecimento: Astronomia e Biologia. A Astrobiologia surgiu como Exobiologia e ocupava-se apenas com a busca pela existência de vida fora da Terra, no entanto, em 1998, a NASA, segundo Rodrigues, Galante e Avelar (2016), trocou a denominação "exo "por "astro", pois devido a falta do objeto de estudo a Exobiologia começou a receber várias críticas. Essa mudança se refletiu também no objeto de estudo, enquanto a Exobiologia buscava por

vida fora da Terra, a Astrobiologia, ocupa-se da vida na Terra e no Universo. Dessa forma, atualmente, a preocupação é compreender os mecanismos que possibilitaram a existência de vida na Terra, os seres vivos que habitam as diferentes regiões do planeta, assim como, suas estratégias de sobrevivência nessas regiões, para, a partir daí, buscar por planetas e/ ou satélites com condições análogas que proporcionem o desenvolvimento da vida.

Assim sendo, a Astrobiologia busca responder a três questões básicas: “de onde viemos?” “para onde vamos?” “estamos sós?”. Na busca pelas respostas, outras áreas de conhecimento são acionadas como a Física, a Química, a Astrofísica, a Bioquímica e a Geologia, caracterizando a Astrobiologia como transdisciplinar. Segundo Friaça (2010), pode-se considerá-la como uma metadisciplina devido a esse aspecto que possibilita transcender as barreiras disciplinares.

Nos estudos sobre a existência de vida fora da Terra um termo surge para caracterizar os ambientes com condições de abrigar vida, a habitabilidade. Segundo Pacheco (2020) as condições de habitabilidade dependem de características químicas e geológicas que são definidas de acordo com os seres vivos conhecidos na Terra. Nesse sentido, a descoberta dos extremófilos, seres que conseguem sobreviver em condições extremas de temperatura, pressão e pH, provocou uma revolução nos critérios de habitabilidade. A Astrobiologia, possibilita, portanto, uma melhor compreensão da vida e suas diversas formas de interações.

Neste artigo, pretende-se promover uma análise da Equação de Drake, a partir da interpretação de seus termos associando-os a conceitos como vida, civilização e inteligência. Em seguida, será feita uma relação com o Paradoxo de Fermi contribuindo, assim, com mais uma ferramenta de discussão da Astrobiologia, a fim de proporcionar a popularização desse jovem ramo da ciência.

FRANK DRAKE E SUA FAMOSA EQUAÇÃO

Frank Donald Drake foi um astrônomo e astrofísico pioneiro no uso de radiotelescópios e no trabalho em busca de vida extraterrestre. Em 1961, Drake, criou uma fórmula matemática que, na sua concepção, consistia num modelo probabilístico para mensurar a taxa de vida fora da Terra, não tendo, segundo Drake (2022), a precisão das fórmulas matemáticas.

A fórmula foi apresentada pela primeira vez em uma das reuniões da SETI (em inglês *Search for Extraterrestrial Intelligence*, que significa Busca por Inteligência Extraterrestre) e, junto com pesquisadores convidados, entre eles Carl Sagan, iniciou-se uma discussão de cada uma das variáveis presentes nela. A equação se tornou muito famosa sendo utilizada até hoje por astrobiólogos e astrônomos. A fórmula é:

$$N = (R^*)(f_p)(f_v)(f_i)(f_c)(T_t), \qquad (1)$$

onde:

N = número de civilizações em nossa Galáxia capazes de se comunicar.
R* = taxa de formação de estrelas na Galáxia.
f_p é a fração provável de estrelas que têm planetas.
f_v é a fração provável de planetas que abrigam vida.
f_i é a fração provável de planetas que desenvolveram vida inteligente.
f_c é a fração de espécies inteligentes que podem e querem se comunicar.
T_t é o tempo de vida de tal civilização.

Como podemos observar, a equação apresenta termos históricos, sociológicos, biológicos e físicos o que torna alguns deles imprecisos ou incertos. Sendo assim, apenas alguns fatores da equação de Drake podem ser estimados com segurança. Vamos analisar cada uma dessas variáveis.

ANALISANDO OS TERMOS DA EQUAÇÃO DE DRAKE

Vamos iniciar a análise pelo único termo conhecido na época da concepção da fórmula, a taxa de formação de estrelas na Galáxias (R^*). Esse termo leva em consideração que a luminosidade das estrelas será praticamente constante até que todo o hidrogênio do seu núcleo seja queimado em hélio, estando esse processo diretamente relacionado a massa da estrela (JÙNIOR, [s.d].), dessa maneira, quanto maior a massa de uma estrela menos tempo ela levará para fundir todo o hidrogênio do seu núcleo. As estrelas geralmente não se encontram isoladas, pelo contrário, a maior parte delas estão em grupos seja em sistemas duplos ou triplos. Esse fato está diretamente relacionado a segunda variável da fórmula, *fp*, considerando que nos grupos de estrelas, a maioria delas tem um sistema planetário associado.

Quando pensamos na fração provável de planetas que abrigam vida (*fv*), precisamos, inicialmente, considerar o que é vida. Embora a resposta a essa pergunta possa parecer meio óbvia, ela não é tão simples assim. Vida é o que nos diferencia da matéria inanimada. Biologicamente, os seres vivos são formados por estruturas microscópicas, as células, no interior das quais ocorrem uma série de reações químicas fundamentais ao metabolismo (MARGULIS E SAGAN, 2002).

Desde os seres mais simples, como as bactérias, até nós, seres humanos, esse padrão celular se repete, mudando apenas a complexidade dependendo do grau evolutivo de cada espécie. No nosso Sistema Solar temos, pelo menos um planeta capaz de abrigar vida, a Terra. Entretanto, a descoberta de água em outros astros como as luas Europa e Encélado, reacenderam as possibilidades de encontrar vidas extraterrestre (SPARROW, 2018) .

Quando falamos em vida fora da Terra, não podemos esquecer também a descoberta de organismos extremófilos como as Arqueas, um grupo de micro-organismo diferenciado capaz de metabolizar em condições diversas. Esses seres são, provavelmente, as formas mais primitivas de vida aqui no nosso planeta. Outro ponto determinante nessa discussão é a descoberta dos exoplanetas que ocasionou alterações nos critérios de habitabilidade. Os exoplaneta são divididos em quatro classes de habitats:

- Classe 1 – apresentam vida similares a Terra.
- Classe 2 - a vida pode surgir em habitat diferentes da classe 1, engloba planetas como Marte e Vênus.
- Classe 3 – compreende os astros com oceanos logo abaixo da superfície, como Europa.
- Classe 4 – contém oceano entre as camadas de gelo, como Titã. (PACHECO, 2020)

Passando para próxima variável da fórmula, *fi* que representa quantos desses planetas são capazes de desenvolver formas de vida inteligente, temos um outro conceito difícil de ser mensurado, a inteligência. Alguns pesquisadores consideram que a inteligência está relacionada a existência de um cérebro e de habilidades relacionadas a construção de instrumentos. Entretanto, segundo Guedes (2000), embora não exista uma definição precisa da palavra inteligência, é possível, por meio do estudo de algumas teorias, chegar a um consenso de alguns pontos que definem o que é um ser inteligente. O autor considera que esses pontos são:

- Aprendizagem e utilização de conhecimento armazenado;
- Comunicação;
- Criatividade;
- Cultura;
- Modificação do meio;
- Utilização de ferramentas.

Ainda que a totalidade desses pontos estejam aparentemente mais próximo do ser humano, é possível percebê-los em outras espécies de seres vivos, como por exemplo, a dança sobre os favos feitas por uma espécie de abelha para comunicar sobre a descoberta de uma nova fonte de coleta. Ou ainda a criatividade e perspicácia das fêmeas do cuco que utilizam os ninhos de outras aves para depositar seus ovos (GUEDES, 2000). Dessa forma, nota-se que embora muitas vezes o homem seja visto como o único ser inteligente, a inteligência é uma característica de outras espécies, não estando restrita apenas a nós.

Os dois últimos fatores referem-se a civilizações, um deles, *fc*, é relacionado a fração de civilizações que podem e querem se comunicar e o outro, *T*, corresponde ao tempo de vida das civilizações. Mas, então, o que caracteriza uma civilização? O desenvolvimento cultural de um povo, que engloba os recursos dominados, as crenças, as relações sociais, econômicas e artísticas.

Na Terra, as primeiras grandes civilizações surgiram na Antiguidade, quando os povos nômades começaram a se fixar em locais com condições propicias para o desenvolvimento da agricultura, surgindo assim as primeiras aldeias a partir das quais desenvolveram-se as cidades dando início as grandes civilizações, dentre as quais podemos citar babilônios, assírios, que se estabeleceram na Mesopotâmia, considerada o berço das civilizações. E ainda, os egípcios, chineses, os gregos, os romanos, entre outros.

Em 1964, um radioastrônomo russo propôs uma classificação para as civilizações presentes no Universo baseada no grau de desenvolvimento tecnológico e na capacidade de utilizar os recursos energéticos. Com base nessa classificação tem-se três tipos de civilizações:

- Tipo I – são aquelas capazes de utilizar a totalidade dos recursos do planeta.
- Tipo II – capazes de utilizar diretamente a energia de uma estrela.
- Tipo III – são aquelas civilizações que consomem energia em escalas galácticas. (PACHECO, 2020).

A civilização humana não teria chegado nem ao tipo I, isso levantou uma série de críticas a esse tipo de classificação, e, alguns cientistas, chegaram a propor a criação de tipos intermediários para reduzir essas inconsistências. As civilizações tipo II e III seriam supercivilizações, com uma tecnologia infinitamente maior que a nossa. A tipo III, além da evolução tecnológica, teria também uma evolução biológica, sendo, possivelmente, totalmente diferente da espécie humana e de qualquer outra forma de vida encontrada na Terra. Ambas seriam capazes de controlar a estrela da qual obtém energia (ELISIOS, 2021). Entretanto, a civilização do tipo III seria capaz de utilizar a energia das centenas de bilhões de estrelas da galáxia (BRITO, et al, 2017).

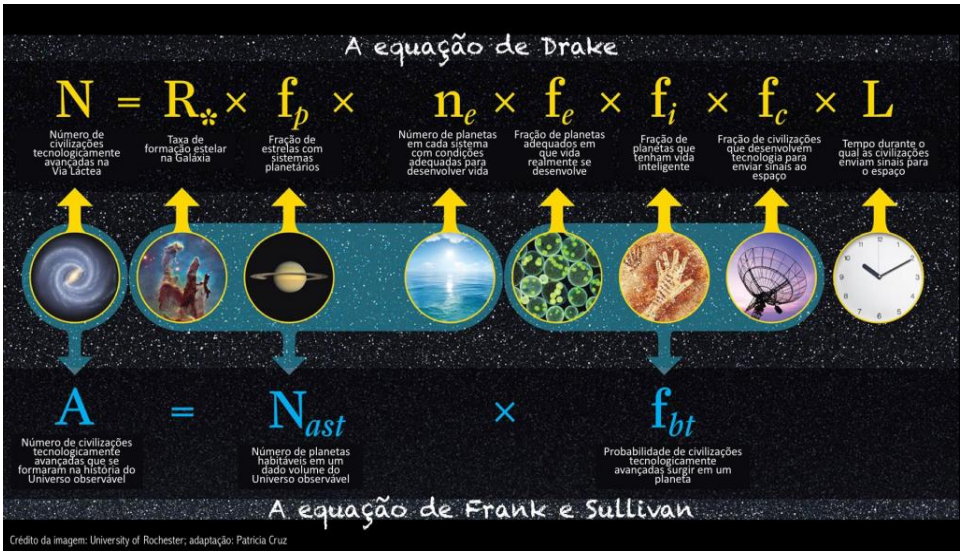
Uma das hipóteses que busca explicar como esse controle é possível é a Esfera de Dyson, uma estrutura que envolveria a estrela e captaria a energia gerada por ela transmitindo-a ao planeta (NOGUEIRA, 2016). No caso da civilização III, existiriam inúmeras dessas esferas. Parece até história de ficção científica, mas, acredite, existem cientistas que “varrem” o espaço em busca dessas megaestruturas

cuja existência não passaria despercebida pelos telescópios terrestres e espaciais, isso porque elas interfeririam no brilho da estrela que já é conhecida pelos astrônomos. Certamente, seríamos vistos por essas civilizações como seres inferiores e, portanto, a ausência de comunicação poderia ser explicada, simplesmente por elas não quererem manter contato com uma civilização menos evoluída ou a comunicação existe, mas não temos condições de entendê-la.

Como podemos observar, as variáveis históricas e sociológicas da fórmula são difíceis de serem estimadas devido ao seu caráter subjetivo. Por consequência, o resultado da equação de Drake pode variar dependendo dos valores pressupostos. Sendo assim, numa previsão otimista, o valor de N corresponde a cerca de 10^9 civilizações com comunicação interestelar, numa previsão pessimista o valor de N seria 10^{-12}, portanto, segundo essa previsão, civilizações como a nossa seriam muito raras e há grandes chances de estarmos sozinhos.

Em 2016, foi publicada, por Adam Frank e Woodrutf, uma versão atualizada da fórmula de Drake. Essa nova versão, segundo Cruz (2022), levava em consideração apenas os dados conhecidos a partir dos estudos dos exoplanetas, dessa maneira examinou-se apenas duas variáveis: o número de planetas habitáveis e a probabilidade de civilizações tecnologicamente avançadas (Figura 1).

Figura 1: Equação de Drake e sua reformulação



(Créditos: University of Rochester; adaptação: Patricia Cruz.)
Fonte: https://astroparsec.com/2022/09/26/a-equacao-de-drake

PARADOXO DE FERMI: ONDE ESTÃO TODOS?

Enrico Fermi foi um físico que se destacou pelo trabalho no desenvolvimento do primeiro reator nuclear e em contribuições na teoria quântica, física nuclear e de partículas. Em 1950, Fermi e mais três colegas conversavam sobre uma charge da época a respeito de alienígenas, quando ele fez a seguinte indagação: “onde está todo mundo?”. Nascia, assim, o Paradoxo de Fermi, ou seja, um questionamento sobre a existência de vida fora da Terra. Para Fermi, se de fato existissem civilizações avançadas elas já deveriam ter feito algum tipo de contato e, de fato, ele acreditava que isso já tinha acontecido.

Fermi, tentou responder estatisticamente ao seu próprio questionamento tendo como base a probabilidade na existência de planetas similares a Terra, a probabilidade de vida nesses planetas e a probabilidade do desenvolvimento de uma civilização inteligente. Esses fatores foram os mesmos retomados por Drake mais tarde.

A resposta ao Paradoxo não é algo fácil, mas existe algumas tentativas de solucioná-lo, como a hipótese da terra-rara, a hipótese do grande filtro e a hipótese da autodestruição inevitável. A hipótese da terra rara sugere que a Terra é um planeta privilegiado, pois, até o momento, é o único que apresentou e apresenta as condições para o surgimento e manutenção da vida. Ou seja, o nosso planeta reúne condições complexas e incomuns no Universo.

A origem dos primeiros seres vivos é um exemplo dessa particularidade do nosso planeta. A Terra primitiva possuía uma série de condições que ocorreram apenas naquele momento favorecendo o surgimento da vida. Condições essas que não existem mais. Além disso, o nosso planeta tem algumas características especiais que possibilitaram não apenas o surgimento da vida, mas também continua fornecendo condições para a sua manutenção.

Podemos citar o próprio Sistema Solar formado por uma estrela, o Sol, cuja atração gravitacional faz com que todos os planetas orbitem em torno dele e a nossa posição, nem tão próximo, mas também nem tão distante, garante a existência de água no estado líquido, pré-requisito essencial para o desenvolvimento de qualquer forma de vida. Temos ainda a Lua que exerce uma influência direta em fenômenos importantes a manutenção da vida como o movimento das marés. E não podemos esquecer dos planetas gigantes, Júpiter e Saturno, que funcionam como uma barreira nos protegendo dos asteroides.

Ademais, a própria Terra tem algumas condições intrínsecas que a tornam especial, como o escudo gerado pelo campo magnético que nos protege das radiações cósmicas e a existência de um núcleo líquido que se movimenta, favorecendo fenômenos como as atividades vulcânicas. O vulcanismo gera gases que serviram de nutrientes para as primeiras formas de vida. Se paramos para pensar que, talvez, o nosso planeta assim como as formas de vida que nele habitam são modelos singulares, como nos mostra essa hipótese, fica evidente a necessidade de preservação da Terra e por conseguinte todas os seres vivos que nela vivem.

A hipótese do grande filtro, segundo Valéria (2021), apoia-se no fato de que ao longo do seu desenvolvimento, a vida passa por alguns obstáculos que funcionam como filtros. As condições que possibilitaram o surgimento de vida na Terra primitiva já teriam sido um filtro, outro filtro que podemos citar é o que ocasionou a extinção dos dinossauros. No entanto, mesmo com os filtros, seria possível o desenvolvimento de um número grande de civilizações avançadas.

A hipótese, considera, então, duas possibilidades para a falta de comunicação com essas civilizações: somos a última civilização e, portanto, a única que conseguiu passar pelo filtro. Ou então, ao contrário, somos a primeira das civilizações e até o presente não passamos por nenhum filtro, ele estaria na nossa frente e ainda vamos enfrentá-lo. Existe ainda a ideia de que nós somos a primeira civilização a se desenvolver tecnologicamente. Além dessas, há aquelas que afirmam que nós já fomos visitados há milhões de anos atrás e, considerando o tempo das viagens espaciais, poderemos ser visitados novamente daqui a milhões de anos.

A hipótese da autodestruição inevitável baseia-se no fato de que todas as grandes civilizações que habitaram a Terra foram responsáveis pelo seu próprio colapso e por consequência declínio. Nesse sentido, a civilização moderna segue um caminho semelhante. Somos mais avançados tecnologicamente e esse grau de inteligência técnica nos fez chegar a um patamar no qual as chances de autodestruição por escassez de recursos, poluição e guerra são pontos a serem considerados (SAGAN,2017). Essa hipótese pode ser considerada um filtro em menor escala e nos remete ao termo *Tt* (tempo de vida de tal civilização) presente na equação de Drake.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vida fora da Terra é um tema que permeia o nosso imaginário, seja nos filmes em que eles são seres legais que querem aprender conosco ou mesmo naqueles em que são hostis e só buscam contato porque já destruíram seus planetas e estão em busca de uma nova morada. Enfim, a busca por seres extraterrestres é um tema intrigante e, para alguns pode ser também assustador. Será que estamos preparados para as respostas que estão por vir? E se de fato existir uma civilização mais evoluída que a nossa, constituída por formas de vida totalmente diferentes, estamos prontos para compreender que não somos uma "super - espécie" ? E que, provavelmente, seremos submissos a essas supercivilizações?

Diante de todas as consequências que essa descoberta pode trazer, fica uma questão: por que buscar por vida fora da Terra? A importância não está apenas em procurar formas de vida, mas sim em encontrar planetas e/ou satélites com condições propicias de abrigar seres vivos. Vamos retomar a hipótese do grande filtro, se de fato ele existir, estiver no nosso futuro e for tão catastrófico quanto o que extinguiu os dinossauros, seria importante ter um outro astro onde as formas de vida terrestres pudessem se estabelecer e se desenvolver.

Além disso, trocar experiências com civilizações tecnologicamente avançadas, nos possibilitaria aprender sobre inovações que poderiam trazer soluções a uma diversidade de situações as quais ainda não temos respostas. Imagine, por exemplo, as civilizações do tipo II e III que conseguem controlar a energia gerada pelas suas estrelas. O contato e a vivência com essas civilizações proporcionariam a obtenção desse conhecimento e, assim, poderíamos ser capazes de controlar a energia gerada pela nossa estrela, o Sol. Esse foi apenas um exemplo do que é possível aprender e incorporar com essa comunicação.

Mesmo com todas as possibilidades positivas e negativas que esse tema gera, o fato é que nunca foi descoberto nenhum indício de seres vivos fora da Terra, sejam eles as supercivilizações ou mesmo as formas de vida microbianas, como os extremófilos. Entretanto, o estudo da Astrobiologia, nos permite compreender os mecanismos de origem e evolução da vida, além de servir para o entendimento do próprio ser humano. Nesse sentido, a fórmula de Drake, mesmo obsoleta, e o paradoxo de Fermi, ambos discutidos nesse artigo, são umas das formas de implementar essa discussão em sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, G. O. De.; PEREIRA, J. F.; ROSA, J. A. Da.; ROSA. S.J.N. **Homo Deus**: Um Ensaio sobre o Futuro Energético da Humanidade. XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, UNIJUI, 2017.

CRUZ, Patrícia. **A equação de Drake**. Disponível em: https://astroparsec.com/2022/09/26/a-equacao-de-drake. Acesso em: 08 de outubro de 2022.

DRAKE, Nádia. **Caçadores de ETs buscam solucionar Equação de Drake há 60 anos**. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2021/12/cacadores-de-ets-buscam-novas-solucoes-para-equacao-de-drake-ha-60-anos. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

ELÍSÍOS, M. **Escala de Kardashev**. Disponível em: https://socientifica.com.br/enciclopedia/escala-de-kardashev/. Acesso em: 30 de novembro de 2022.

FRIAÇA, Amâncio César Santos. Subjetividade no reconhecimento da vida no universo. **Revista Brasileira de Psicanálise** · Volume 44, n. 3, 93-101 · 2010.

GALANTE, D.; SILVA, E. P.; RODRIGUES, F. HORVATH, J. E. AVELLAR, M.G. B. **Astrobiologia: Uma Ciência Emergente**. Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia. -- São Paulo : Tikinet Edição : IAG/USP, 2016.

GUEDES, G. L. **Inteligência Animal**. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Faculdade de Ciências da Saúde, Centro Universitário de Brasília (Uniceub). Brasília, 2000.

JÚNIOR, Laerte Sodré. **Quantos Somos no Universo?**. Instituto Astronômico e Geofísico, [s.d.].

MARGULIS, L.; SAGAN, D. **O que é Vida?** Tradução por Vera Ribeiro. Rio de Janeiro. Jorge Zahar ed,2002.

NOGUEIRA, S. **Em busca das supercivilizações.** Disponível em: https://super.abril.com.br/ciencia/em-busca-das-super-civilizacoes/. Acesso em: 30 de novembro de 2022.

PACHECO, J. A. F. de.; **Vida no Universo**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2020.

SAGAN, Carl. **Cosmos**. Companhia das Letras. 1ª ed. São Paulo, 2017.

SPARROW, Giles. **50 ideias de Astronomia que você precisa conhecer**. Planeta do Brasil LTDA. 1ª ed. São Paulo, 2018.

VALÉRIA. N. Paradoxo de Fermi: onde estão os outros? V.4, N.7, P.3. **Guia dos Entusiastas da Ciência – UFABC**, 2021. Disponível em : https://gec.proec.ufabc.edu.br/o-que-que-a-ciencia-tem/paradoxo-de-fermi-onde-estao-os-outros/ . Acesso em : 20 de setembro de 2022.