



**UMA BREVE SÍNTESE SOBRE OS CONCEITOS DE TERRAFORMAÇÃO DE MARTE E SUAS  
POSSIBILIDADES**

***A BRIEF SUMMARY OF THE CONCEPTS OF TERRAFORMING MARS AND ITS  
POSSIBILITIES***

Amanda Hellen Sales Gonçalves<sup>1</sup>, Bruno Leonardo Nascimento Dias<sup>2</sup>

**RESUMO**

A ideia principal deste artigo é fornecer um esboço sintetizado sobre os conceitos de terraformação que apareceram na literatura técnica. O objetivo geral é apresentar as etapas principais que precisam ser desenvolvidas a fim de tornar Marte um ambiente apto para a vida tal como conhecemos. Vale salientar que esta é uma pesquisa documental e a metodologia se baseia nos conceitos de referências publicadas sobre a temática abordada. Os resultados mostram que mesmo com muitas barreiras ainda a serem superadas, a ideia de Terraformar Marte não é mais algo inviável. Algumas medidas como a bioengenharia de ecopoiese, podem tornar viável terraformar Marte para a raça humana. Por fim, espera-se que este trabalho possa ser visto como um guia referencial de progresso para quaisquer futuros pesquisadores que tenham curiosidade ou interesse pelo assunto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecopoiese. Marte. Terraformação

**ABSTRACT**

*The main idea of this article is to provide a synthesized outline of the terraforming concepts that appeared in the technical literature. The general objective is to present the main steps that need to be developed in order to make Mars an environment suitable for life, as we know it. It is worth mentioning that this is a documentary research and the methodology is based on the concepts of published references on the subject addressed. The results show that even with many barriers still to be overcome, the idea of Terraforming Mars is no longer unviable. Some measures, such as bioengineering of ecopoiesis, may make it possible to terraform Mars for the human race. Finally, it is hoped that this work can be seen as a reference guide for progress for any future researchers who are curious or interested in the subject*

**KEYWORDS:** *Ecopoiesis. Mars. Terraformation*

**1. INTRODUÇÃO**

O crescimento acelerado da população humana e a grande escassez de recursos que entram em exaustão a cada dia, faz com que planos e rotas de fuga sejam cada vez mais consideradas como alternativas para a humanidade. Entre essas alternativas pode ser destacada a ideia de colonização e terraformação de Marte.

<sup>1</sup> Licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Estadual do Rio de Janeiro pelo Cederj/Cecierj

<sup>2</sup> Licenciatura em Física pela FTESM com graduação sanduíche em Bachelor of Science na Monash University em Melbourne na Austrália. Mestrado em Física pela UERJ e Doutorado em Física pela UFJF com ênfase em Astrobiologia



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

UMA BREVE SÍNTESE SOBRE OS CONCEITOS DE TERRAFORMAÇÃO DE MARTE E SUAS POSSIBILIDADES  
Amanda Hellen Sales Gonçalves, Bruno Leonardo Nascimento Dias

A ideia de colonizar outro planeta pode parecer algo muito distante, impossível ou até mesmo ficção, mas com todo o avanço tecnocientífico essas ideias antes vistas como distantes da realidade, se tornam cada vez mais plausíveis. Colonizar outro planeta passa, entre outras coisas, por um processo hipotético que teve sua origem na ficção científica (BROWN,1993), chamado de Terraformação (WILLIAMSON,1942).

Todavia, todo esse processo não é uma tarefa simples e existem inúmeras preocupações. Uma delas é se as viagens espaciais de longa duração podem causar danos irreversíveis aos astronautas (VOORHIES et al, 2019). No entanto, os problemas não param por aí, pois Marte apesar de ser um planeta com características semelhantes a Terra possui um ambiente com gravidade e exposição a radiação bastante diferente em relação ao nosso planeta.

Embora Marte contenha todos os componentes químicos necessários à vida, tornando-o um candidato potencial para abrigar uma colônia de seres humanos fora da Terra, nem tudo que é visto em teoria é realidade na prática (FOGG, 2011). Portanto, esse processo precisa ser cuidadosamente analisado e trabalhado.

Desde os anos 40 a ficção já trazia esses temas relacionados a missões tripuladas para Marte e colonização do ambiente marciano. No entanto, em geral, os roteiros não seguiam conceitos próximos de qualquer realidade científica. Em contrapartida, o astrofísico Carl Sagan, em 1961, publicou na revista Science um artigo sobre a possibilidade de aplicação de engenharia planetária para reduzir o efeito estufa da atmosfera de Vênus até níveis confortáveis para o ser humano. Provando que a Biosfera de um planeta pode ser modificada, apresentando o conceito de Terraformação como cientificamente viável (FOGG, 1998).

### **2. METODOLOGIA SINTETIZADA PARA A TERRAFORMAÇÃO DE UM NOVO PLANETA**

Para o desenvolvimento de qualquer planeta em um novo ambiente habitável no sentido de um mundo aeróbico regulado para formas de vida mais complexas, é necessário quebrar muitas barreiras científicas. Todavia, mesmo que tudo pareça estar distante da realidade próxima, isso não quer dizer que seja impossível, mesmo com certas barreiras e o desenvolvimento de estratégias que serão discutidas mais à frente. Algumas medidas podem tornar viável que a raça humana consiga terraformar Marte, mas para isso alguns cuidados como equipamentos de sobrevivência, moradias e trajes seguros são complementos necessários (RUIZ, 2015).

### **3. RESULTADOS DE ESTRATÉGIAS PARA A TERRAFORMAÇÃO DE UM NOVO PLANETA**

#### **3.1.1 ECOPOIESE**



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

UMA BREVE SÍNTESE SOBRE OS CONCEITOS DE TERRAFORMAÇÃO DE MARTE E SUAS POSSIBILIDADES  
Amanda Hellen Sales Gonçalves, Bruno Leonardo Nascimento Dias

Esse é um termo cunhado por HAYNES (1990) das raízes gregas como casa ou lugar de habitação. Ecopoiese será definida aqui, conforme FOGG, (1995a) como: “ Fabricação de um ambiente e uma biosfera na superfície de um planeta estéril. Como tal, pode representar um fim em si mesmo ou ser o estágio inicial de um processo mais demorado.”

Entretanto, a ecopoiese não pode ser realizada espontaneamente, sem que tenha um tempo mínimo para que modificações ambientais sejam feitas para criar as condições pré-cambrianas necessárias, para inclusive, até mesmo os microrganismos mais resistentes tenham condições de assumir Marte como seu novo lar. Por isso, para tornar a terraformação viável, algumas modificações precisam ser aplicadas ao ambiente marciano (FOGG, 1998), como:

- a temperatura média global da superfície deve ser aumentada em \_ 60 K;
- a massa da atmosfera deve ser aumentada;
- água líquida deve ser disponibilizada;
- o UV de superfície e o fluxo de raios cósmicos devem ser substancialmente reduzidos;
- a composição atmosférica deve ser alterada para aumentar suas frações O e N.

### 3.1.2 ATMOSFERA HABITÁVEL PARA OS SERES HUMANOS

Uma das maneiras de tornar um ambiente habitável para os seres humanos é o desenvolvimento de uma atmosfera que possua condições iguais às da Terra (RUIZ, 2015). Talvez essa seja a barreira mais difícil de se transpassar em um processo de terraformação (FOGG, 1993).

Marte e Terra tiveram suas atmosferas primitivas bem semelhantes como retratado em diversos estudos (FOGG, 1993; FOGG, 1998; FOGG, 2011), contudo a evolução de Marte aconteceu bem mais depressa que a da Terra. Por isso, abre-se uma questão: Seria possível recriar essas condições de uma atmosfera que consiga manter a temperatura, pressão, água em estado líquido ou ainda que sirva de proteção dos raios solares assim como ocorre na Terra?

Segundo RUIZ (2015), algumas mudanças que precisariam ocorrer podem ser elencadas:

- “Um "gás tampão" é que é um gás inerte e não inflamável que adiciona pressão a um sistema e controla a velocidade de combustão com oxigênio presente. No nosso planeta terra, esse papel é feito pelo nitrogênio, sendo o principal componente da atmosfera (78%). Marte precisaria grande quantidade de um gás que atenda a essas características. Podendo ser tanto como nitrogênio ou argônio, que possuem compatibilidade. ”
- Outra forma de se criar uma atmosfera seria importar metano e outros hidrocarbonetos, onde o objetivo seria que o metano produzisse também um efeito estufa. Qualquer outro hidrocarboneto seria viável para aumentar a pressão atmosférica ou mesmo produzir água e CO<sub>2</sub>.





## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

UMA BREVE SÍNTESE SOBRE OS CONCEITOS DE TERRAFORMAÇÃO DE MARTE E SUAS POSSIBILIDADES  
Amanda Hellen Sales Gonçalves, Bruno Leonardo Nascimento Dias

Esta reação, de acordo com RUIZ (2015), seria iniciada por raios ultravioletas da radiação solar. Os resultados dessa reação seriam necessários para a fotossíntese, o que segundo FOGG (2011), poderia ser o próximo passo na terraformação.

- Um ponto interessante seria a importação de Hidrogênio, que auxiliaria na produção de água iniciando a criação de uma hidrosfera.

### 3.1.3 ÁGUA EM ESTADO LÍQUIDO E EM ABUNDÂNCIA

Outro ponto importante para uma estabilidade no cenário de terraformação está relacionado com a superfície marciana. De acordo com FOGG (1995), a superfície de Marte precisaria ser úmida e conter água em abundância para que a vida como conhecemos possa sobreviver e colonizar esse novo local. Apesar de Marte ter reservas visíveis de água em suas calotas polares e, possivelmente em abundância no seu interior, torná-lo disponível é um grande obstáculo. Isso porque as condições atuais como a fina atmosfera fazem com que a água disponível na superfície somente se configure em condições extremamente específicas (temperaturas não muito abaixo de zero graus Celsius e percloratos).

De acordo com PAIGE (2005), outrora existiu oceanos primitivos em Marte, assim como uma atmosfera. Se os aquíferos primitivos ainda existirem, pode ser possível disponibilizá-los, mas novamente a engenharia necessária pode ser violenta e inaceitável para muitos (FOGG, 1993, 1995). No entanto, um modelo do ciclo hidrológico marciano descrito recentemente detalhado (CLIFFORD, 1993) sugere que as regiões mais baixas de Marte podem ser sustentadas por aquíferos sob pressão artesiana. Caso isso seja comprovado, seria a fonte ideal para iniciar a sustentação de vida e iniciar um processo de bioengenharia planetária.

### 3.1.4 TEMPERATURA

Para resolver o problema da temperatura em Marte muitas ideias são apresentadas e para desenvolvê-las, será usada aqui como parâmetro à equação dada por MCKAY e DAVIS (1991):

$$T_{média} = S 0,25 T_{cn} + 20 (1 + S) P 0,5$$

- A primeira seria aumentar a quantidade de  $CO_2$  e a pressão atmosférica, causando um efeito estufa que consequentemente aqueceria o planeta. Introduzindo a emissão massiva de gases de efeito estufa e reações que produzem calor (MCKAY, 1982). Mesmo que em tese isso seja simples como uma receita de bolo, a prática é bem mais complicada.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

UMA BREVE SÍNTESE SOBRE OS CONCEITOS DE TERRAFORMAÇÃO DE MARTE E SUAS POSSIBILIDADES  
Amanda Hellen Sales Gonçalves, Bruno Leonardo Nascimento Dias

- Outra maneira de aquecer Marte seria aumentar sua entrada de energia solar refletindo a luz que passa o planeta até sua superfície. O uso de espelhos orbitais para fazer isso é uma sugestão comum em discussões relacionadas à terraformação (por exemplo, OBERG, 1981) e

alguns projetos de esboço foram publicados (BIRCH, 1992; ZUBRIN e MCKAY, 1993; FOGG 1995a).

#### 4. CONCLUSÕES

A partir de tudo que foi discutido pode-se entender que mesmo com muitas barreiras ainda a serem superadas, a ideia de Terraformar Marte não é mais algo inviável. O progresso científico e tecnológico é imprescindível para darmos os próximos passos, por isso faz-se necessário uma intensificação nos estudos sobre a Terra e também de Marte. E além do cunho científico muitos outros aspectos precisam ser levados em conta como conceitos de ética e moral planetária que nem sempre são abordados.

Por fim, vale ressaltar que o planeta em que vivemos permanece sendo o único a viabilizar um local seguro para vida, tal como a conhecemos, ou pelo menos acreditamos que sim. Dentre muitos outros planetas no nosso Sistema Planetário ele reúne as condições necessárias para a manutenção da vida, desde a mais primitiva às mais completas. Contudo, para que a forma atual do nosso planeta se tornasse realidade foram necessários eventos específicos e talvez até únicos. Enfim, será que somos únicos tão especiais para o Universo? Temos o direito de “invadir” um ambiente planetário, como Marte para residir?

#### 5. REFERÊNCIAS

BAKER, V. R. *et al.* Ancient oceans, ice sheets and the hydrological cycle on Mars. **Nature**, v. 352, n. 6336, p. 589-594, 1991.

BIRCH, Paul. Terraforming Mars quickly. **British Interplanetary Society, Journal**, v. 45, n. 8, p. 331-340, 1992.

BROWN, L. **The new Shorter Oxford English Dictionary**. NZ. Clarendon. 1993. v. 2.

BURNS, Joseph A.; HARWIT, Martin. Towards a more habitable Mars—or—The coming martian spring. **Icarus**, v. 19, n. 1, p. 126-130, 1973.

CLIFFORD, Stephen M. A model for the hydrologic and climatic behavior of water on Mars. **Journal of Geophysical Research: Planets**, v. 98, n. E6, p. 10973-11016, 1993.

FOGG, Martyn J. Terraforming Mars: A review of current research. **Advances in Space Research**, v. 22, n. 3, p. 415-420, 1998.

FOGG, Martyn J. Terraforming Mars: A Review of Concepts. **Engineering Earth**, p. 2217-2225, 2011.



**RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**  
**ISSN 2675-6218**

UMA BREVE SÍNTESE SOBRE OS CONCEITOS DE TERRAFORMAÇÃO DE MARTE E SUAS POSSIBILIDADES  
 Amanda Hellen Sales Gonçalves, Bruno Leonardo Nascimento Dias

FOGG, Maryn J. Terraforming: a review for environmentalists. **Environmentalist**, v. 13, n. 1, p. 7-17, 1993.

FOGG, Martyn J. Dynamics of a terraformed Martian biosphere. **British Interplanetary Society, Journal**, v. 46, n. 8, p. 293-304, 1993.

FOGG, Martyn J. Terraforming Mars: conceptual solutions to the problem of plant growth in low concentrations of oxygen. **Journal of the British Interplanetary Society**, v. 48, n. 10, p. 427-434, 1995.

MCKAY, C. P. Terraforming Mars. **J. Brit. Interfunet**, v. 35, n. 427, 1982.

MCKAY, Christopher P.; DAVIS, Wanda L. Duration of liquid water habitats on early Mars. **Icarus**, v. 90, n. 2, p. 214-221, 1991.

OBBERG, James E.; GOODWIN, Peter G.; GOODWIN, Peter. **New Earths: transforming other planets for humanity**. Stackpole Books, 1981.

RUIZ, Rubén Amián. Terraformation: Ciência ou Ficção?. **MoleQla: revista de Ciências da Universidade Pablo de Olavide**, n. 17, p. 3, nov. 2015.

ZUBRIN, R.; MCKAY, C. P. Technological requirements for terraforming Mars. AIAA 93-2005. 1-14. *In: 29th Joint Propulsion Conference and Exhibit*. 1993.