

## MOVIMENTO DAS DUNAS BARCANAS DE MARTE EM COMPARAÇÃO COM AS DUNAS BARCANAS DA TERRA

TASSIUS PEREIRA LIMA<sup>1</sup>; YAN CHAVES PEREIRA ARAUJO<sup>2</sup>; ALEXANDRE FELIPE BRUCH<sup>3</sup>; CAMILE URBAN<sup>4</sup>; HUMBERTO DIAS VIANNA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – e-mail: tassius.lima.tl@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – e-mail: yanchaves28.yc@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – e-mail: afbruch@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pelotas – e-mail: camile.urban@ufpel.edu.br

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas – e-mail: hdvianna@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Marte situa-se no Sistema Solar Interior, é o quarto planeta em relação à distância ao Sol e exibe características físicas semelhantes às da Terra. A inclinação do eixo de rotação de Marte em relação ao plano elíptico é de 25,19°, muito próxima à da Terra (~23°), e a excentricidade da órbita é de 0,093 (órbita terrestre 0,017). Tais fatores fazem com que o dia marciano tenha 24h e 37min, e o ano tenha aproximadamente 687 dias terrestres (PEREIRA, 2007). Além disso, o argumento do periélio condiciona a orientação do planeta em relação ao Sol ao longo do ano, influenciando o modo como a energia solar se distribui na superfície. Assim, Marte apresenta polos frios e regiões tropicais mais quentes, com uma progressão sazonal semelhante às estações da Terra: primavera, verão, outono e inverno (MISCHNA, 2008).

Por ser caracterizado como um planeta telúrico, Marte apresenta predomínio de rochas ígneas, com afinidade mais basáltica em sua superfície (CHEVRIER & MATHÉ, 2007). Essas rochas estão sujeitas à alteração, gerando sedimentos inconsolidados, principalmente em latitudes equatoriais, que são deslocados em direção aos polos pela ação dos ventos (PEREIRA, 2007).

Assim, em condições adequadas, com ventos unidirecionais, baixa disponibilidade de sedimentos, áreas abertas e sem vegetação, formam-se campos de dunas barcanas isoladas, com feições semelhantes à de uma lua crescente (HESP et al., 1998). Este tipo de duna é descrita por possuir uma crista alta com inclinações íngremes em ambos os lados e duas asas que apontam na direção do fluxo dominante. Nas pontas das asas ocorrem perdas de sedimentos, o que caracteriza as dunas como móveis (ELBELRHITI, 2014).

Campos de dunas barcanas no polo norte de Marte foram revelados pela câmera *High Resolution Imaging Science Experiment* (HiRISE), a bordo da sonda *Mars Reconnaissance Orbiter*. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar o movimento de dunas barcanas presentes no polo norte de Marte, com base em imagens de satélite, e compará-lo com o movimento de dunas barcanas na Terra.

### 2. METODOLOGIA

Para o campo de dunas na superfície Marte: 75.809° latitude (centrado) e 94.058° (Leste) (Figura 1), foram obtidas duas imagens através do website HiRISE, capturadas em 01/09/2010 e 03/05/2016, com um lapso temporal de 5,67 anos. Para o processamento das imagens, foi utilizado o software *Global Mapper* na versão 25.0, pois ele é capaz de reconhecer de forma nativa a projeção *Polar*

*Stereographic* e o Datum *Interplanetary, Mars 2000 (Polar Sphere)*, usados na imagem.

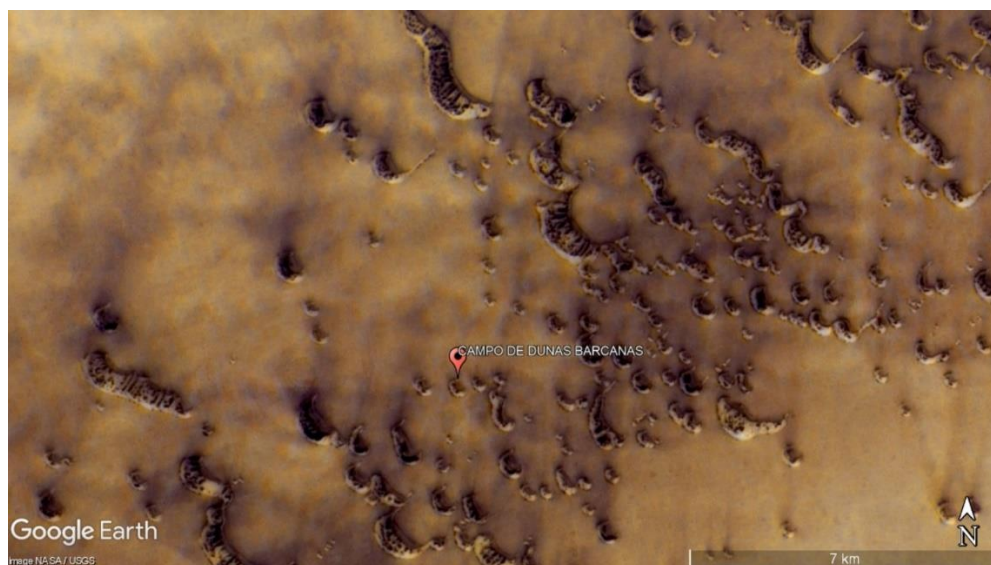


Figura 1: Campo de dunas barcanas na superfície de Marte. Fonte: Google Earth, 2024.

Foi necessário o georreferenciamento da imagem do ano de 2016, com base na imagem do ano de 2010, para atribuir o alinhamento de rochas utilizadas como feições imóveis presentes na superfície. Assim, a partir da sobreposição das imagens foi possível medir, analisar o deslocamento das dunas. Para este procedimento, foram atribuídos quatro pontos de controle na imagem de 2010, e alocadas as coordenadas X e Y na imagem de 2016.

Para visualizar e mensurar o deslocamento foi realizada a vetorização manual da crista das dunas das duas imagens (Figura 2), e foram criados dois arquivos em formato shapefile, que marcam a posição das dunas para cada imagem.

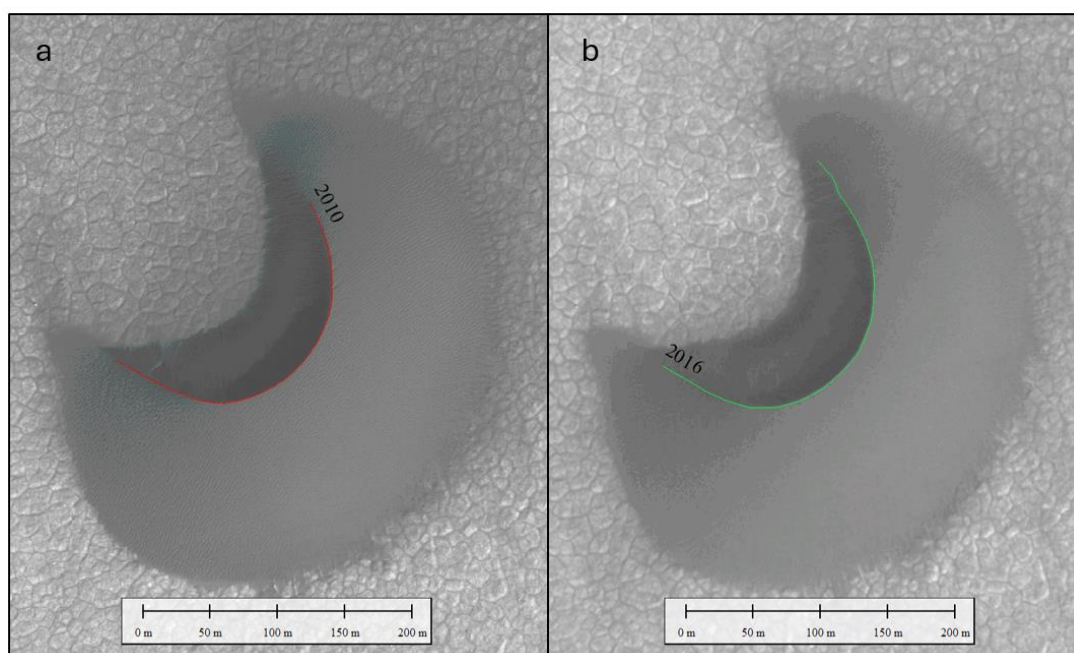


Figura 2: Vetorização da crista da duna. Em (a): vetorização da duna na imagem de 2010; (b): vetorização da duna na imagem de 2016.

Para fins de comparação com as dunas barcanas terrestres, foi utilizado o artigo de Sparavigna (2013), que analisa o movimento das dunas através de imagens históricas do Google Earth. Este campo foi escolhido por apresentarem dunas barcanas e isoladas parecidas com as dunas de Marte a serem analisadas. O campo de dunas estudado está localizado nas coordenadas 16°40'33,28"S, 71°50'20,09"W, próximo a La Joya, Arequipa, Peru. Foram obtidas cinco imagens, mas foram sobrepostas duas, com datas de 11/06/2003 e 10/11/2009, obtendo o movimento durante 6,4 anos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao sobrepor os dois arquivos shapefiles contendo as vetorizações das dunas de Marte (Figura 3), é possível observar que o deslocamento das dunas barcanas apresenta uma média de 2,61 metros no intervalo entre 2010 e 2016. No entanto, esse valor está sujeito a erros, uma vez que a vetorização manual das dunas pode introduzir imprecisões, tornando o processo vulnerável a erros humanos. Por isso, é importante considerar uma margem de erro, que pode influenciar os resultados tanto para valores maiores quanto para menores.

As dunas barcanas terrestres, por outro lado, exibem um comportamento distinto. Ao sobrepor as imagens de 2003 e 2009 (Figura 4), observa-se que as dunas menores se moveram cerca de 180 metros, enquanto as maiores se deslocaram aproximadamente 70 metros (SPARAVIGNA, 2013).

A diferença no comportamento das dunas barcanas marcianas e terrestres é notável. No caso de Marte, as dunas podem ser consideradas praticamente imóveis, já que não apresentam mudanças significativas em sua forma (especialmente nas "asas"), como ocorre com as dunas terrestres. Um fator determinante para essa estabilidade é a temperatura extrema a que as dunas marcianas estão sujeitas, que pode chegar a até -140°C no inverno. Nessas condições, ocorre a sublimação do CO<sub>2</sub>, que passa do estado gasoso para o sólido, congelando a superfície das dunas e impedindo o transporte de sedimentos enquanto as temperaturas permanecem baixas o suficiente para manter o CO<sub>2</sub> em estado sólido. Esse período de inatividade tende a ser prolongado, uma vez que o ano marciano é mais longo que o terrestre, o que também estende a duração das estações.

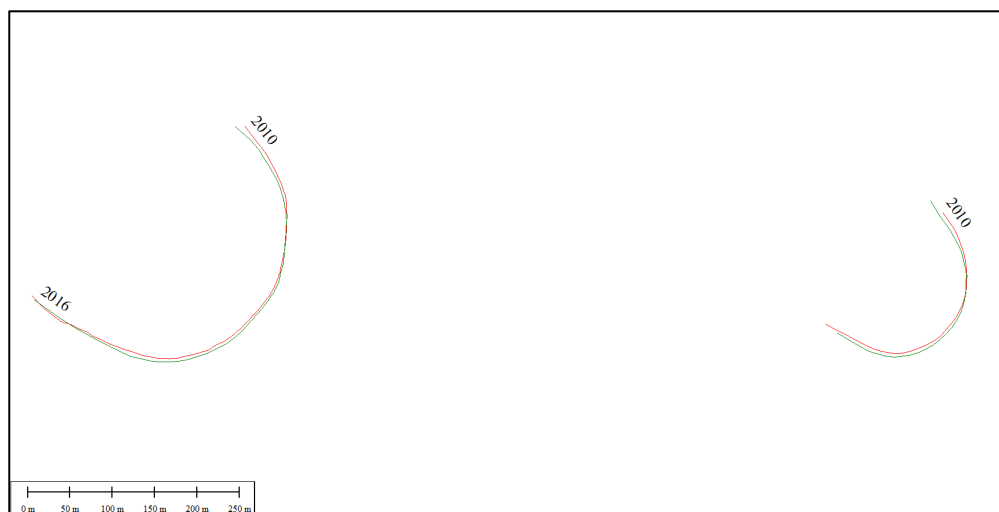


Figura 3: Sobreposição das linhas vetoriais das imagens de 2010 e 2016.



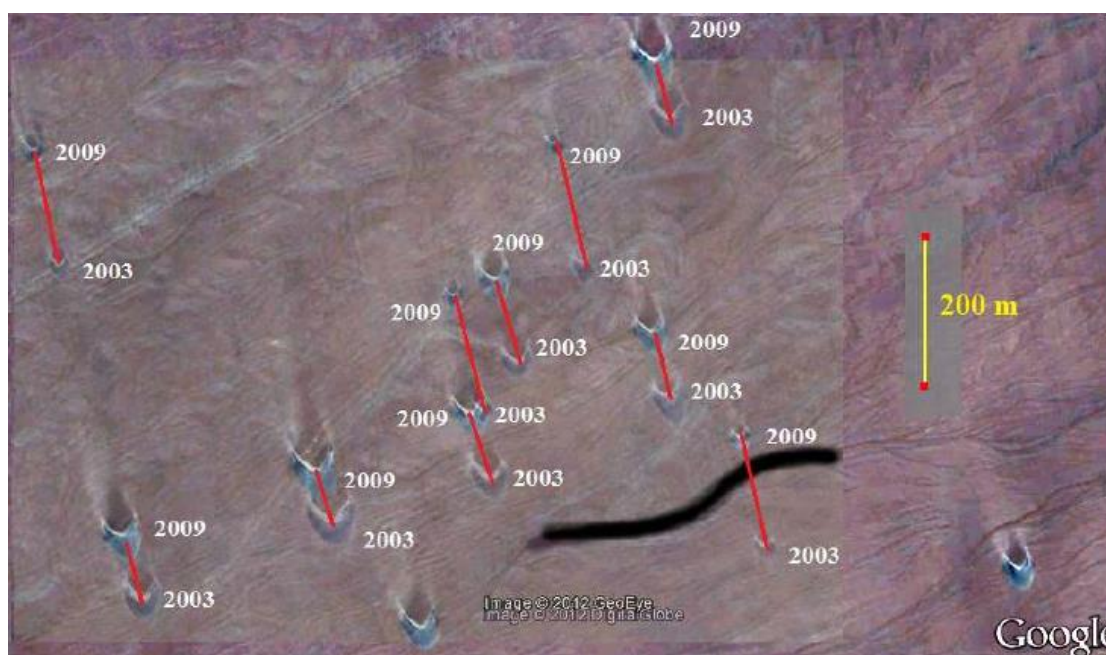


Figura 4: Sobreposição das imagens de 2003 e 2009 de dunas terrestres. A linha preta vista na imagem, foi realizada para uma sobreposição precisa, visto que as imagens estavam ligeiramente deslocadas. Fonte: SPARAVIGNA, 2013.

#### 4. CONCLUSÕES

A comparação dos deslocamentos das dunas barcanas de Marte e da Terra mostra que, apesar das semelhanças físicas entre os dois planetas, suas atmosferas apresentam comportamentos distintos, já que, em um período de tempo semelhante, as dunas terrestres se deslocaram muito mais que as marcianas. Mesmo assim, Marte demonstra ser um planeta dinâmico, com muitos aspectos ainda a serem explorados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEVRIER, V.; MATHÉ, P. E. Mineralogy and evolution of the surface of Mars: A review. **Planetary and Space Science**, v.55 (3), p. 289-314, 2007.
- ELBELRHITI, H., HARGITAI, H. Barchan. In: Encyclopedia of Planetary Landforms. **Springer**, New York, 1 – 11, 2014.
- HESP, P. A., HASTINGS, K. 1998. Width, height and slope relationships and aerodynamic maintenance of barchans. **Geomorphology**, v. 22 (2), 193-204, 1998.
- MISCHNA, M. A. Orbital (Climatic) Forcing and Its Imprint on the Global Landscape. In: SOARE, R. J.; CONWAY, S. J.; CLIFFORD, S. M. **Dynamic Mars**. Elsevier, 2018. Capítulo 1, p. 3-48.
- PEREIRA, David Rodrigues. **Comparação Geomorfológica de algumas estruturas da superfície dos planetas Marte e Terra**. 2007. Dissertação de Mestrado em Biologia e Geologia – Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade de Algarve.
- SPARAVIGNA, A.C. Moving sand dunes. **Geophysics**, 2013.