

UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DO MOVIMENTO DAS DUNAS BARCANAS NO PLANETA MARTE

YAN CHAVES PEREIRA ARAUJO¹; TASSIUS PEREIRA LIMA²; ALEXANDRE FELIPE BRUCH³; CAMILE URBAN⁴; HUMBERTO DIAS VIANNA⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – yanchaves28.yc@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - afbruch@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - camile.urban@ufpel.edu.br

⁴Universidade Federal de Pelotas - tassius.lima.tl@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – hdvianna@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

As dunas barcanas são estruturas geomorfológicas observadas em ambientes tanto terrestres quanto marcianos, evidenciando a correlação entre conceitos de geomorfologia e geologia, mesmo em escalas interplanetárias. Estas dunas formam-se predominantemente sob a ação de ventos unidirecionais em condições de disponibilidade restrita de sedimentos, apresentando um formato característico de lua crescente (HESP et al., 1998).

Em 2006, a sonda Mars Reconnaissance Orbiter iniciou sua órbita ao redor de Marte, equipada com o sensor denominado *High Resolution Imaging Science Experiment* (HiRISE). Este equipamento, desenvolvido sob a direção do Laboratório Lunar e Planetário da Universidade do Arizona e construído pela *Ball Aerospace & Technologies*, é capaz de capturar imagens da superfície marciana com uma resolução de até 30 cm por pixel. O HiRISE é um instrumento essencial para a realização de estudos detalhados da geologia marciana, bem como para a seleção de locais de pouso para missões de exploração robótica, entre outras aplicações (THE UNIVERSITY OF ARIZONA, 2023).

O objetivo principal deste estudo é apresentar a metodologia empregada na elaboração de um artigo científico futuro. Ao utilizar softwares de Sistemas de Informação Georreferenciados (SIG), será possível analisar o deslocamento das dunas barcanas na região denominada "Barchan Dunes with Possible Gullies". Essa abordagem permitirá investigar a dinâmica das dunas barcanas em Marte, incluindo seu comportamento e possíveis influências geomorfológicas. Assim será possível estabelecer um banco de dados que será usado para futuras análises.

2. METODOLOGIA

As imagens obtidas pelo HiRISE da região de estudo abrangem um intervalo temporal de 280 dias, com a primeira captura realizada em 9 de outubro de 2011 e a última em 15 de julho de 2012. É importante destacar que as imagens analisadas não correspondem a Modelos Digitais de Elevação (MDE). Portanto, as informações disponíveis se restringem às dimensões nas coordenadas X e Y, impossibilitando a mensuração de características como altura e inclinação das faces barlavento e sotavento das dunas. As imagens analisadas estão no formato JPEG 2000 (JP2), que é uma extensão do formato JPEG tradicional amplamente utilizado para fotografia. A principal distinção entre o JP2 e o JPEG convencional reside em seu método de compressão, que permite a redução do tamanho do arquivo sem perda de dados. O formato JP2 preserva a fidelidade nas escalas de cinza e mantém os metadados associados à imagem (STROMM, 2022). Além

disso, este formato é compatível com diversos *softwares* do como *Quantum GIS*, *Global Mapper*, *ENVI*, entre outros.

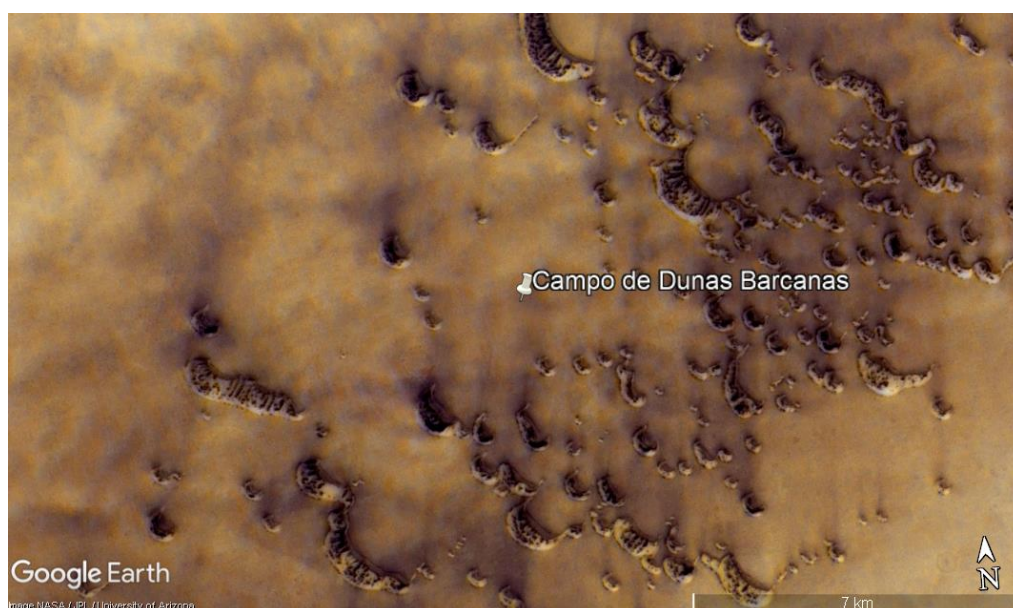


Figura 1: Campo de dunas barcanas analisados, Fonte: Google Earth, 2024

A primeira etapa na análise do deslocamento das dunas consistiu no georreferenciamento das 9 imagens disponíveis ao longo do período considerado. Para isso, foram selecionados quatro pontos de controle (PC), os quais foram definidos com base em afloramentos rochosos que permaneceram estáticos durante todo o intervalo temporal das imagens, todas as imagens foram referenciadas a partir da imagem ESP_024881 de 17 de novembro de 2011 devido a sua maior nitidez e destaque dos PC's escolhidos.

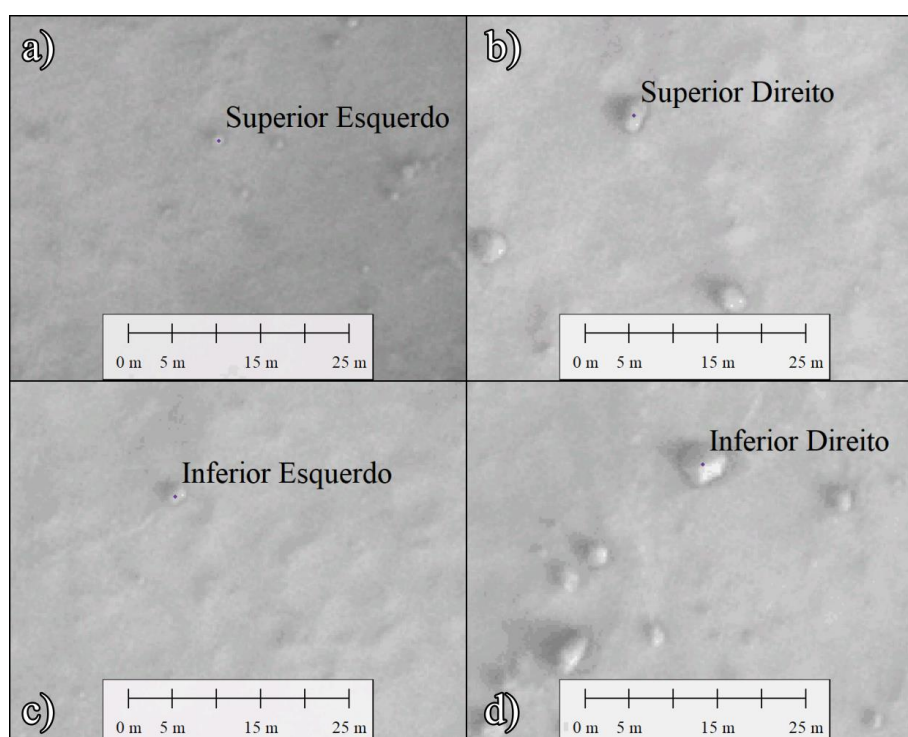


Figura 2: Detalhe dos pontos de controle utilizados. (a)Superior Esquerdo; (b)Superior Direito; (c)Inferior Esquerdo; (d)Inferior Direito.

Através do georreferenciamento das imagens foi possível corrigir os deslocamentos entre elas. Utilizou-se o datum *Interplanetary, Mars 2000 (Polar Sphere)*. Segundo o *EPSG Geodetic Parameter Dataset*, que é um repositório público de dados geodésicos, este datum é considerado o mais adequado para áreas de grandes latitudes, assim evitando possíveis distorções, sendo o mais recomendado para o campo analisado, visto sua localização no polo norte de Marte.

A próxima fase é desenhar a crista da duna, que é o ponto mais elevado de uma duna. A partir dessa referência, um shapefile é criado sobre a crista de cada duna para, em seguida, permitir a sobreposição dos shapefiles. Por fim, utilizando a ferramenta *Measure Tool* do *Global Mapper*, é possível medir a distância entre as cristas, permitindo a quantificação do deslocamento das dunas de acordo com o intervalo de tempo da obtenção das imagens.

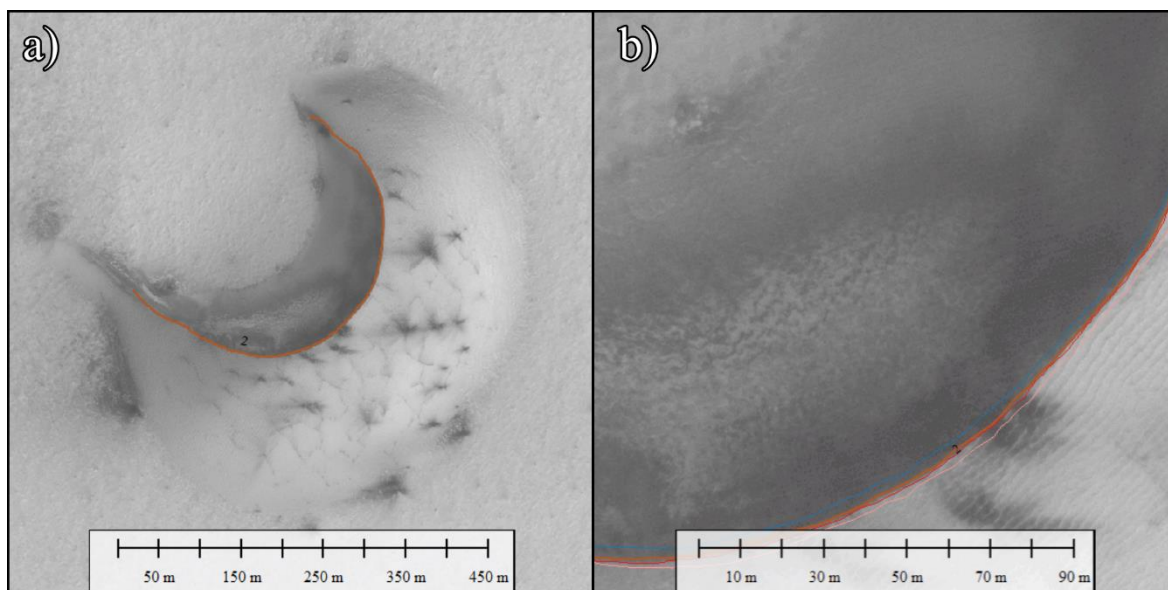


Figura 3: Shapefiles sobrepondo as cristas. (a) Shapefile sobrepondo duna barcana isolada; (b) Sobreposição de shapefiles mostrando o deslocamento das dunas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da sobreposição dos shapefiles indicou que o deslocamento das dunas não ultrapassou 2 metros entre a primeira e a última imagem, ou seja, em um intervalo de 280 dias. Este valor pode ser ainda inferior, uma vez que todo o processo de criação dos shapefiles é realizado de forma manual, o que o torna suscetível a erros humanos. Portanto, deve-se considerar uma margem de erro que pode influenciar os resultados tanto para valores superiores quanto inferiores.

Assim, o objetivo principal deste trabalho no futuro será identificar os fatores que contribuem para a aparente estabilidade das dunas. Considerando a influência de elementos como vento e pressão atmosférica, esperava-se que, à primeira vista, essas variáveis indicassem que muitas das dunas teriam um deslocamento significativo ao longo do tempo, que não é o caso do campo analisado.

Outro fator significativo que evidencia a estabilidade das dunas é a preservação de seu formato ao longo das nove imagens analisadas. A constância na morfologia das dunas é crucial, pois a deformação em suas laterais é um dos principais indicadores de deslocamento. No entanto, tal deformação não foi observada em nenhuma das dunas examinadas. Dessa forma, podemos concluir

que a metodologia empregada é consistente ao considerar os diferentes fatores, uma vez que os dados quantitativos apresentam congruência com os dados qualitativos obtidos na pesquisa.

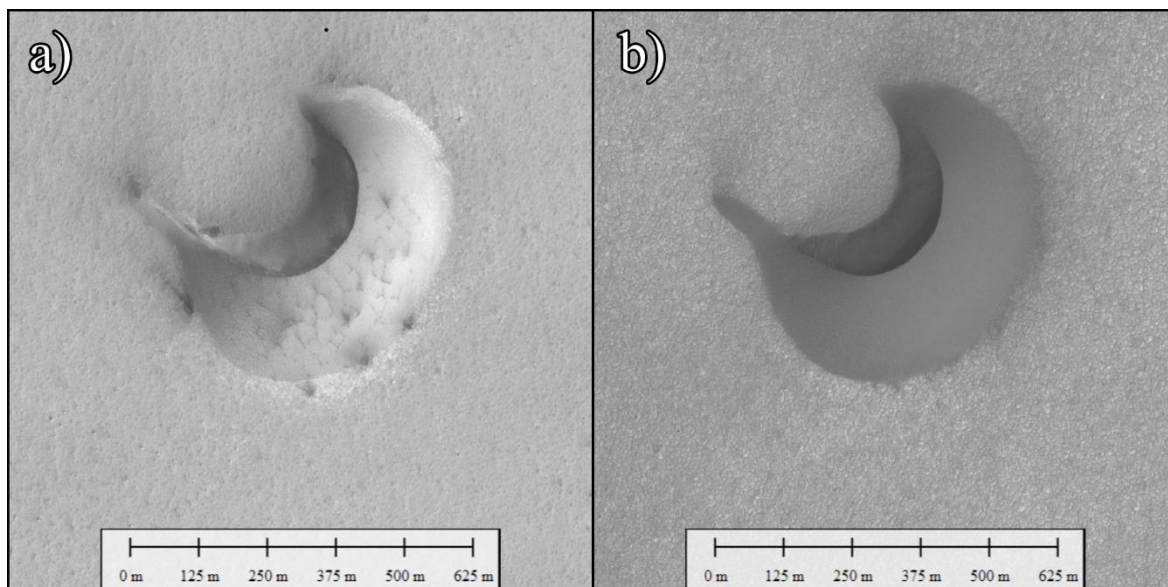


Figura 4: Comparação do formato das dunas no ano de 2011. (a)Duna de 9 de outubro de 2011; (b)Duna de 15 de julho de 2011

4. CONCLUSÕES

Este estudo demonstra que a metodologia aplicada pode ser utilizada em um contexto ainda pouco explorado, especificamente na dinâmica das dunas barcanas em Marte. Assim, trabalhos futuros poderão fundamentar-se no método adotado neste estudo, possibilitando sua replicação em outras áreas de Marte e até mesmo na Terra. Além disso, é viável aprimorar essa abordagem por meio da incorporação de novas ferramentas do *Global Mapper* ou outros *softwares*, mantendo os conceitos que foram estabelecidos nesta pesquisa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENALCÁZAR, Esteban Andrés Cúnez. **Deteção e rastreamento de dunas barcanas usando inteligência artificial**. 2024. Tese de Doutorado. [sn].

GMBH ([HTTPS://WWW.KLOKANTECH.COM/](https://www.klokantech.com/)), K. T. **EPSG.io: Coordinate Systems Worldwide**. Disponível em: <<https://epsg.io>>.

HESP, P.A; HASTINGS. K. Width, height and slope relationships and aerodynamic maintenance of barchans. **Geomorphology**, Palmerston North, v.22, p-193-204, 1998.

HiRISE | High Resolution Imaging Science Experiment. Disponível em: <<https://www.uahirise.org>>. Acesso em: 20 set. 2024.

STROMM, Kamila Cassol. **Desenvolvimento de rotina em python para o download automatizado de imagens gratuitas do satélite sentinel-2**. 2022.