

A Geomorfologia Lunar e a Degradação Das Estruturas De Impacto Ao Longo Dos Períodos Geológicos Lunares

Lucas De Sousa Santos ¹
José Augusto Oliveira Guimarães ²
Lara Luiza Silva ³
Silvio Carlos Rodrigues ⁴

INTRODUÇÃO

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de uma superfície terrestre, bem como os processos que as moldam ao longo do tempo. A Geomorfologia examina tanto os processos endógenos, que são aqueles originados no interior de um corpo planetário, como vulcanismo e tectonismo, quanto os processos exógenos, que são os processos superficiais, como a erosão, sedimentação e a ação de agentes externos como o vento, a água, gelo e colisões superficiais de objetos estelares. Essa ciência permite seu emprego não somente em nosso planeta, mas também em outros corpos celestes rochosos de nosso sistema solar. As estruturas de impacto, mais comumente conhecidas como crateras, são uma das características mais marcantes da superfície lunar, sendo possível observá-las a partir da Terra. Esta pesquisa aborda a evolução das estruturas de impacto na superfície lunar ao longo dos períodos geológicos Copernicano, Eratosteniano, Imbriano, Nectariano e Pré-Nectariano, utilizando Modelos Digitais de Elevação (MDEs) e o modelo digital dos períodos geológicos Lunares. O estudo examina a evolução das estruturas de impacto ao longo desses períodos geológicos e analisa a possibilidade de realizar comparações entre elas, identificando possíveis alterações em seu relevo. Além disso, o artigo explora como essas mudanças podem nos permitir traçar uma linha temporal evolutiva das estruturas de impacto na superfície lunar, utilizando os dados publicamente disponíveis atualmente.

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal Uberlândia – UFU
firstline_sousa@hotmail.com;

² Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Federal - UFU, José.augusto@ufu.br;

³ Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual - UFU, laraluiza97@hotmail.com;

⁴ Professor orientador: Doutor, Faculdade de Geografia - UFU, silgel@ufu.br.

METODOLOGIA

Este trabalho consiste na análise e processamento de dados secundários, fundamentado no uso de procedimentos computacionais para a análise e manipulação de dados, além de bibliografias relativas ao tema para a interpretação dos resultados adquiridos ao longo da pesquisa.

Toda a análise da superfície teve como base os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) e o modelo geológico digital, ambos adquiridos no site do Astropedia (2023) – Lunar and Planetary Cartographic Catalog. A base de dados relacionada aos nomes e informações individuais de cada estrutura mapeada na superfície lunar foi obtida no Gazetteer of Planetary (2023) – International Astronomical Union (IAU) (2023) e Working Group for Planetary System Nomenclature (WGPSN) (2023).

Para realizar a análise desses dados, foi utilizado o software QGIS (2023), uma ferramenta computacional de código aberto que permite a análise e manipulação de dados, oferecendo uma grande variedade de abordagens na área de SIG.

As análises realizadas ao longo da pesquisa foram as seguintes: estrutura principal, estruturas secundárias, altimetria, topografia, comparativo com o mapa na escala 1:1.000.000 e mapa 3D. Assim nos permitindo uma análise geomorfologia de cada localidade.

Por fim, foi realizado um breve comparativo entre as estruturas e suas alterações ao longo dos Bilhões de anos de formação lunar, analisando como essas estruturas se comportam dentro do seu período geológico e se há alguma relação entre elas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Essa pesquisa tenta através de dados disponibilizados publicamente e modelos digitais de elevação (MDEs) e modelo digital geológico, correlacionar a relação entre os períodos geológicos lunares e a degradação das estruturas de impacto na superfície Lunar. Como se dá essa transição entre as estruturas mais novas e as mais antigas em sua superfície, podendo essas estruturas ser um marcador temporal da evolução da Geomorfologia na superfície Lunar.

Dada a quantidade de feições, a análise de todas elas demandaria muito tempo e trabalho. Portanto, selecionaremos apenas uma amostra de cada período para realizar uma análise adequada. Foram escolhidas as feições de maior dimensão de cada período.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para podermos entender o comportamento de cada estrutura dentro de cada período geológico lunar, foi criado mapas temáticos referente a cada estrutura de impacto superficial. Para podermos compara as estruturas de impactos, utilizamos a topografia de cada localidade escolhida, Hipsometria e modelos 3D de cada estruturas.

De acordo com Wilhelms (1987) os períodos geológicos lunares são divididos em cinco grandes eventos geológicos, sendo eles Período Copérnico, Eratosthenian, Imbrian, Nectarian e Pre-Nectarian.

Período Copérnico – Cratera Theophilus (Figura 02): Possui um diâmetro estimado de 98.59 km resultante do impacto. As coordenadas centrais são: latitude E - 11.45° e longitude N 26.28°. É estimado que o período Copernicano é o mais recente dos períodos geológicos existentes na Lua, com base nos estudos realizados até o momento, sendo assim o mais jovem dentre os cinco períodos. Seu período está estimado entre os dias atuais e cerca de 1,2 bilhões de anos atrás.

Período Eratosthenian – Cratera Langrenus (Figura 03): Possui um diâmetro estimado de 131.98 km resultante do impacto superficial. As coordenadas centrais são: latitude E -8.86° e longitude N 61.04°. O período Eratosteniano, entre os cinco existentes, é o segundo mais recente dentre os períodos geológicos lunares, com uma estimativa de duração entre 3,2 bilhões e 1,2 bilhões de anos atrás. Devido à sua idade geológica, a exposição do período Eratosteniano a ações exógenas é relativamente baixa em comparação com as formações mais antigas dos períodos geológicos lunares. Essas exposições incluem intemperismo espacial e colisões de objetos que alteram sua estrutura original. Portanto, as formações deste período são muito mais preservadas dentro do contexto geológico lunar.

Período Imbrian – Cratera Homboldt (Figura 04): Possui um diâmetro estimado de 199.46 km resultante do impacto superficial. As coordenadas centrais são: latitude W -27.02° e longitude S 80.96°. O Período Imbrian e dividido em dois, sendo eles **Imbrian Primitivo e Tardio**. O período Imbrico Primitivo tem sua ocorrência estimada entre 3,2 e 3,85 bilhões de anos atrás, sendo conhecido, entre outros eventos, pela formação da bacia do Mare Imbrium.

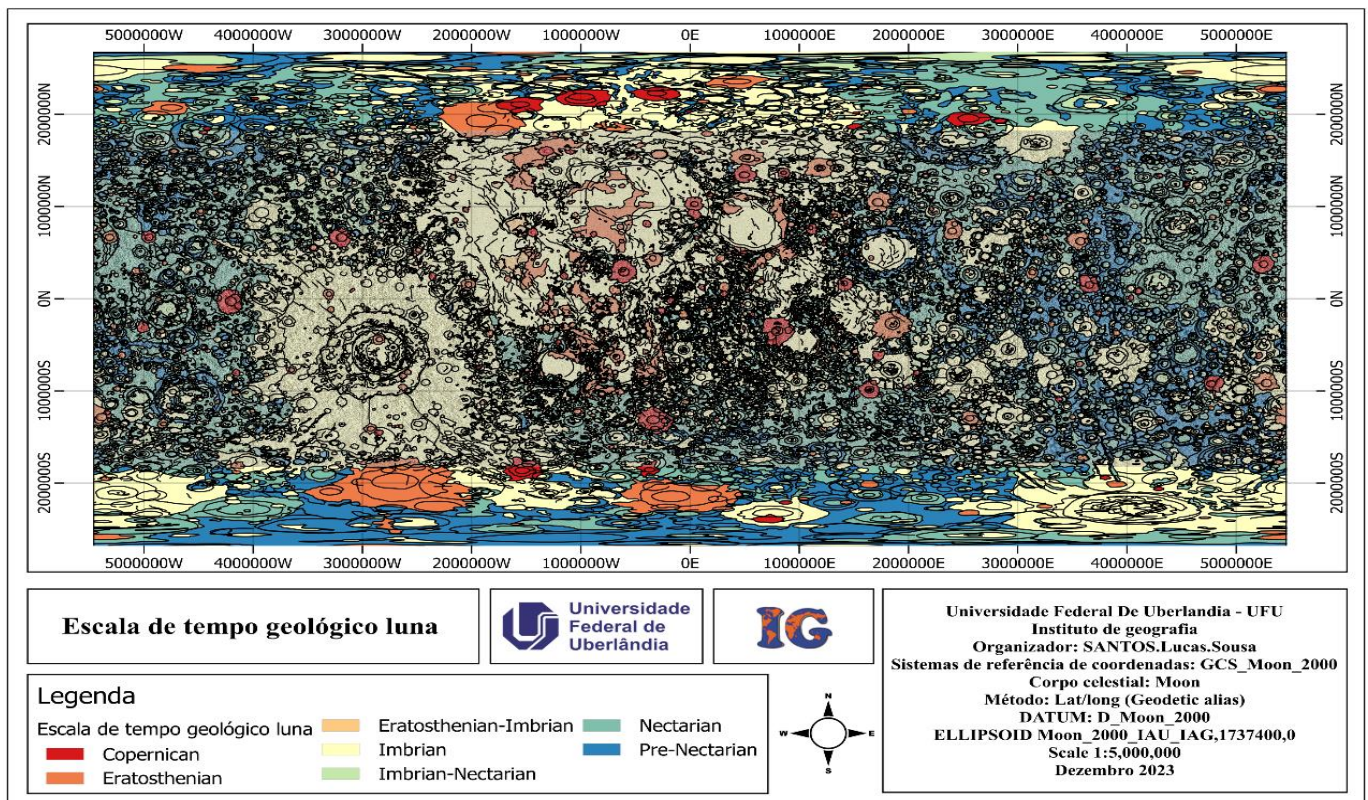
Essa bacia foi posteriormente preenchida com basalto, decorrente de atividades vulcânicas ou, possivelmente, por fissuras no solo que permitiram a passagem desse material para a superfície, resultando em seu preenchimento.

O período Ímbrico Tardio tem sua ocorrência estimada entre 3,2 e 3,8 bilhões de anos atrás.

Período Nectarian – Cratera Mendeleev (Figura 05): Possui um diâmetro estimado de 325.13 km resultante do impacto superficial. As coordenadas centrais são: latitude W 5.38° e longitude S 141.17°. O período Nectárico Tardio tem sua ocorrência estimada entre 3,92 e 3,85 bilhões de anos atrás.

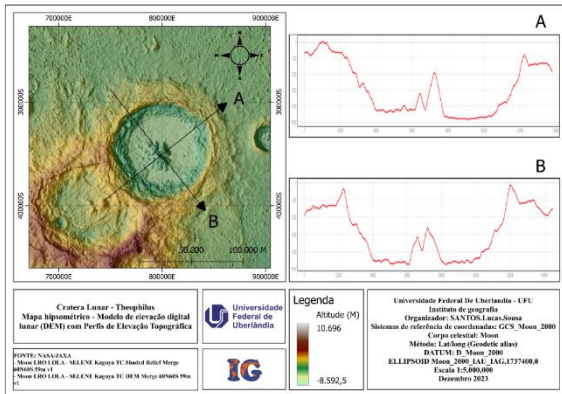
Período Pre-Nectarian – Cratera Apollo (Figura 06): Possui um diâmetro estimado de 524.23 km resultante do impacto superficial. As coordenadas centrais são: latitude W -35.69° e longitude S -151.48°. O período Pré-Nectárico tem sua ocorrência estimada entre 4,533 bilhões e 3,92 bilhões de anos atrás. Entre os cinco períodos geológicos existentes, o Pré-Nectárico é definido como o mais antigo de todos. Seu término é marcado pela formação da bacia Mare Nectaris na superfície lunar.

Figura 1 - Mapa representativo dos períodos geológicos Lunar



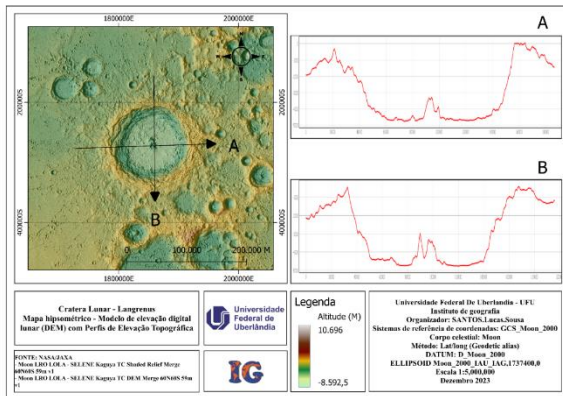
Elaboração: Autor 2024

Figura 02



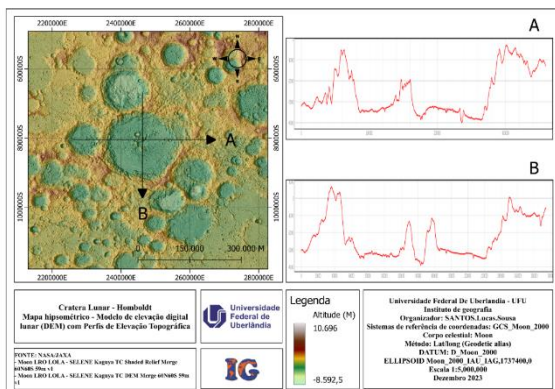
Elaboração: Autor 2024

Figura 03



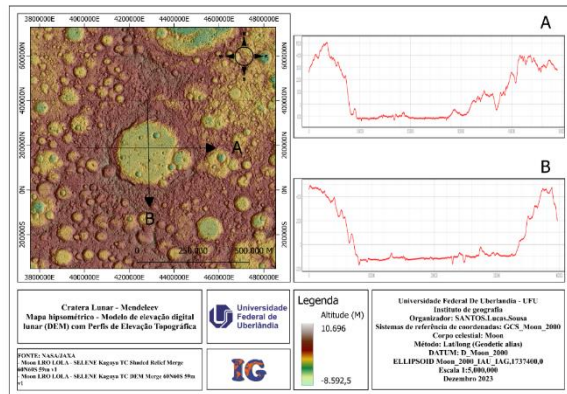
Elaboração: Autor 2024

Figura 04



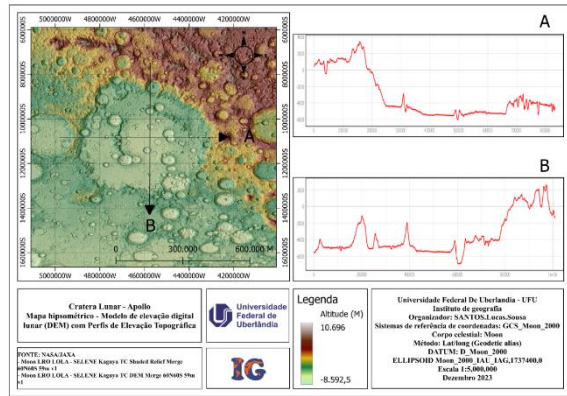
Elaboração: Autor 2024

Figura 05



Elaboração: Autor 2024

Figura 06



Elaboração: Autor 2024

Nas figuras de 2 a 6 é possível ver os principais resultados da pesquisa, através dos tratamentos dos dados, assim foi possível fazer a composição cartográfica representativa de cada uma das localidades analisadas.

Os mapas criados de cada uma das estruturas, nos permitem ter uma noção da geomorfologia, topográfica e altimétricas das estruturas, permitindo assim fazer suas análises e comparativo entre as estruturas e os períodos geológicos Lunar.

Os gráficos topográficos logo abaixo de 1 a 5 são os recortes no eixo “A” de cada uma das estruturas, nós permitindo tem um melhor entendimento de cada estrutura individualmente e assim facilitando a comparação entre elas.

Gráficos Topográficos, Recorte No Eixo “A” Das Estruturas

Gráfico 1 – Recorte topográfico no eixo A, Gráfico topográfico da cratera theophilus

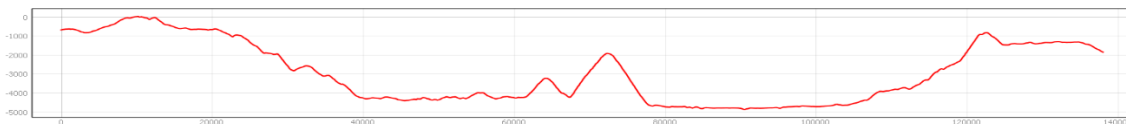


Gráfico 2 – Recorte topográfico no eixo A, Gráfico topográfico da Cratera Langrenus

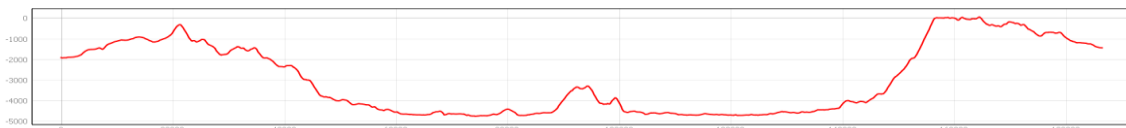


Gráfico 3 – Recorte topográfico no eixo A, Gráfico topográfico da Cratera Humboldt

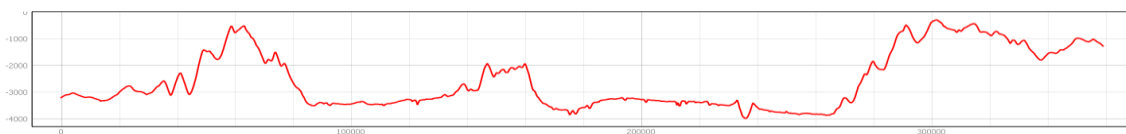


Gráfico 4 – Recorte topográfico no eixo A, Gráfico topográfico da Cratera Mendeleev

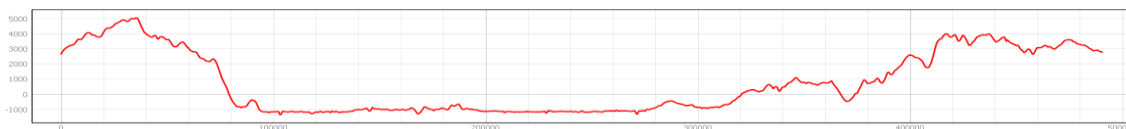


Gráfico 5 – Recorte topográfico no eixo A, Gráfico topográfico da Cratera Apollo



CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível notar uma degradação das estruturas, onde as mais antigas dentro do tempo geológico já não apresentam a formação característica de uma estrutura de impacto. Através dos dados, mapas e gráficos apresentados neste trabalho, dentro das amostras escolhidas de cada período geológico conforme o modelo geológico digital, esses pontos tornam-se evidentes. Ao longo da evolução geomorfológica da superfície lunar, diversas alterações se manifestam na sua estrutura superficial. E temos como resultados os gráficos abaixo, que representa essa degradação estrutural das crateras de impactos na superfície lunar.

Palavras-chave: Geomorfologia de planetas telúricos; Geomorfologia Lua; Crateras Lunar; geologia Lunar; Estruturas de impacto; Períodos geológicos Lunar;

AGRADECIMENTOS

Agrademos o apoio da FAPEMIG - PCE00225/24 e CNPQ 403412/2023-4

REFERÊNCIAS

Gazetteer of Planetary Nomenclature - US Geological Survey. Disponível em: <<https://planetarynames.wr.usgs.gov/Page/Moon1to1MAtlas>>. Acesso em: 01 Nov 2023.

Fortezzo, C.M., Spudis, P. D. and Harrel, S. L. (2020). *Release of the Digital Unified Global Geologic Map of the Moon At 1:5,000,000- Scale*. Paper presented at the 51st Lunar and Planetary Science Conference, Lunar and Planetary Institute, Houston, TX.

LOLA Team; KAGUYA Team. Moon LRO LOLA - SELENE Kaguya TC Shaded Relief Merge 60N60S 59m. United States Geological Survey Astrogeology Science Center, 8 set. 2015. Disponível em: <https://astrogeology.usgs.gov/search/map/moon_lro_lola_selene_kaguya_tc_shaded_relief_merge_60n60s_59m>. Acesso em: 26 maio 2024.

LOLA Team; KAGUYA Team. Moon LRO LOLA - SELENE Kaguya TC DEM Merge 60N60S 59m. United States Geological Survey Astrogeology Science Center, 4 fev. 2015. Disponível em: https://astrogeology.usgs.gov/search/map/moon_lro_lola_selene_kaguya_tc_dem_merge_60n60s_59m. Acesso em: 26 maio 2024.

Geologic History Moon - School of Earth and Space Exploration - Arizona State University. Disponível em: <<https://ser.sese.asu.edu/GHM/>>. Acesso em: 01 Nov 2023.

Mapa Geológico Unificado da Lua 1:5M - US Geological Survey Astrogeology Science Center. Disponível em:

<https://astrogeology.usgs.gov/search/map/unified_geologic_map_of_the_moon_1_5m_2020>. Acesso em: 01 Nov 2023.

Wilhelms, D. E. The Geologic History of the Moon. Washington: U.S. Government Printing Office, 1987.