

# Os desafios do helicóptero marciano Ingenuity

Correa, Leonardo S.  
Mestrando em Engenharia de  
Computação  
Universidade Federal do Rio Grande  
Rio Grande, Brasil  
leonardoscorrea@gmail.com

Gonzalez, Jair O.  
Mestrando em Engenharia de  
Computação  
Universidade Federal do Rio Grande  
Rio Grande, Brasil  
jair@....

Magalhães, V. M.  
Mestrando em Engenharia de  
Computação  
Universidade Federal do Rio Grande  
Rio Grande, Brasil  
vitor@...

Rosa, Vagner S.  
Dr. em Computação  
Universidade Federal do Rio Grande  
Rio Grande, Brasil  
vsrosa@gmail.com

**Resumo**— Este artigo apresenta uma visão geral e desafios enfrentado pela equipe desenvolvedora do helicóptero Ingenuity, criado para explorar Marte no ano de 2021.

**Chaves** — *Helicóptero, Marte, Ingenuity, Arquitetura de Computadores*

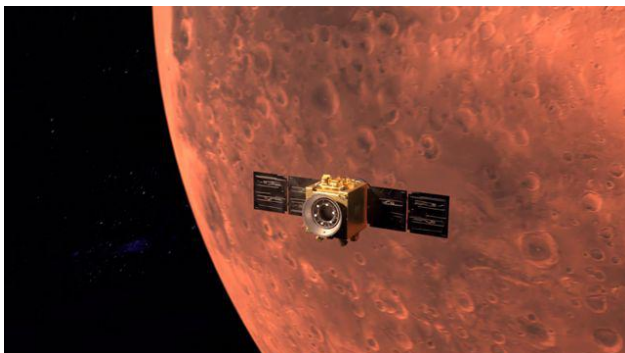
## I. INTRODUÇÃO

A notória corrida para exploração de Marte vêm crescendo e ganhando novos adeptos. Diferentemente da corrida espacial durante a Guerra Fria, em que Estados Unidos e Rússia disputavam a chegada a Lua, a exploração do planeta vermelho despertou interesse de países como Japão, Índia, Israel, Coreia do Sul, Emirados Árabes Unidos e China.

No ano de 2020 foram realizadas importantes missões por algumas dessas nações. Isso foi consequência da proximidade de Marte à Terra, que em julho de 2020 distanciou-se entre 62 milhões a 100 milhões de quilômetros. Distância considerada pequena próximo dos 400 milhões pode afastar-se. Tal cenário impulsionou projetos como o árabe Hope, a missão chinesa Tianwen-1 e a norte americana Perseverance, a qual levou consigo o helicóptero Ingenuity, alvo deste trabalho.

## II. POR QUE MARTE?

Para entender os desafios enfrentados pela equipe responsável pela criação do Ingenuity é necessário entender os motivos que levaram às nações escolherem Marte para sua expedição. Segundo a NASA, este planeta pode resolver muitas questões-chave na ciência do sistema solar. Além disso, o planeta vermelho é o local mais semelhante à Terra do sistema solar, sua geologia é diversa e houve evolução climática ao longo da história, como no planeta azul.[1]



## III. HELICÓPTERO INGENUITY

O Ingenuity é o primeiro helicóptero a voar fora da Terra. Desenvolvido com rotores em fibra de Carbono de 1,2m de extensão e peso de 1,8 Kg aproximadamente, o helicóptero pousou com sucesso na atmosfera marciana dentro no rover Perseverance no dia 18 de fevereiro de 2021, às 17h:56(horário de Brasília).

O primeiro grande desafio a ser superado foi a autoalimentação através de placas solares, incluídas em suas hélices. Enquanto acoplado ao Perseverance, o Ingenuity era alimentado por um gerador nuclear, incluído no rover. Além disso, sistemas de aquecimentos internos tiveram que ser incluídos para suportar temperaturas baixas durante as noites marcianas, que podem chegar a 90°C negativos, afirmou MiMi Aung, responsável pelo projeto no Laboratório de Propulsão a Jato (JPL) da Nasa.[2]

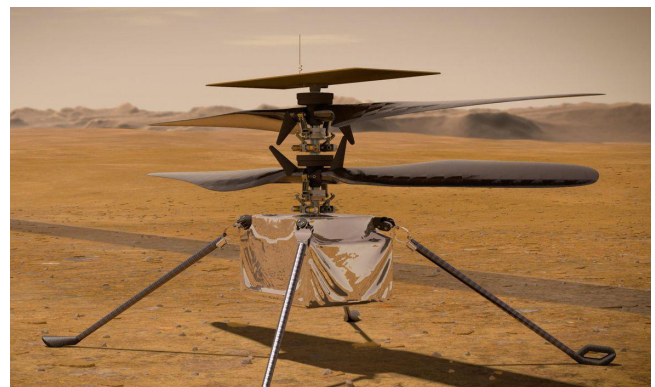


Figura 1 - NASA, JPL Caltech

Ainda segundo o mesmo artigo [2], o helicóptero Ingenuity passou por mais de 30 dias de testes antes de realizar o primeiro voo. Antes da exploração, o Ingenuity realizou dois desafios: o primeiro voo a 30cm do solo e somente no segundo deslocou-se alguns metros. Estas etapas já foram consideradas de alta complexidade, segundo a NASA, devido a atmosfera de Marte possuir a densidade de apenas 1% da Terra.

Por ser um projeto experimental, o JPL da NASA baixou o nível de risco e utilizou, na maior parte da construção do helicóptero, componentes comerciais. O processador utilizado, por exemplo, é um Snapdragon 801 da Qualcomm,

**Krait 400 CPU**  
features 28Hpm process technology superior 20Hz+ performance

**Adreno 330** for advanced graphics

**Hexagon QSD6** for ultra low power applications and custom programmability

**Integrated Gobi 4G LTE World Mode**, 802.11ac, USB 3.0 and BT 4.0 offers broad array of high speed connectivity

**MULTIMEDIA**  
Audio, video and Graphics

**LOW-POWER SENSORS**

**Low-power Snapdragon Sensor Core** increases sensor accuracy and efficiency

**21MP with dual ISP**

**Support for up to 2560x2048 display**  
Miracast 1080p HD support

**IzAT GNSS** with support for three GPS constellations

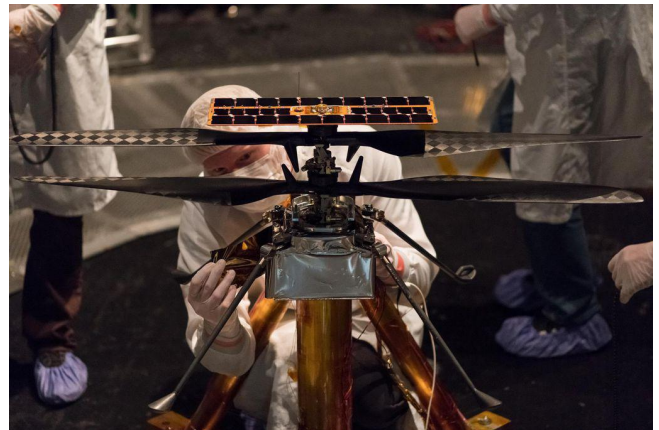
**Labels on the die:**  
KRAIT CPU, ADRENO GPU, HEXAGON DSP, CONNECTIVITY 4G LTE World Mode, Wi-Fi, BT, FM and USB, CAMERA, DISPLAY/ISP, LOCATION

Somado a tudo isso, o Ingenuity está equipado com um altímetro laser para mensurar altitude do voo, uma câmera VGA e um IMU(dispositivo que mede a força específica de um corpo, taxa angular e orientação). Também conta com um inclinômetro e uma câmera colorida para verificar a inclinação do solo e registrar seus voos, respectivamente.



Quanto ao voo, a equipe produz uma série de comandos, que é carregado em arquivo e o software do Ingenuity assume o controle e executa a decolagem, deslocamento e

Outra informação mencionada por Tim Canham, engenheiro de software da Agência Espacial dos EUA, importante do projeto é a escolha do Sistema Operacional Linux. Este é o mesmo liberado à comunidade de forma Open-Source a alguns anos, e que é composto pela estrutura de software também com o mesmo licenciamento. Utilizado em muitos satélites, o conjunto de SO e Software podem ser adquirido sem custo algum e utilizados em qualquer projeto. Essa informação [4]



- [1] Globo Tecnologia, **Corrida espacial: quais países têm missões que chegam a Marte neste mês – e por quê**, consultado Junho de 2021, <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2021/02/corrida-espacial-quais-paises-tem-missoes-que-chegam-marte-neste-mes-e-por-que.html> (*references*)
- [2] Patrício, N., **Helicóptero Ingenuity já "dormiu" sozinho em Marte** <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2021-04/helicoptero-ingenuity-ja-dormiu-sozinho-em-marte>.
- [3] Cassita, D., **Segredos de engenharia e tecnologia do helicóptero Ingenuity, que está em Marte**, consultado Junho de 2021 <https://canaltech.com.br/espaco/segredos-de-engenharia-e-tecnologia-do-helicoptero-ingenuity-que-esta-em-marte-179317/>.
- [4] Rignes, R. **Linux arrives on Mars aboard Ingenuity**, <https://olhardigital.com.br/en/2021/02/22/science-and-space/Linux-arrives-on-Mars-on-board-ingenuity/>.
- [5] Cassel, D., **How the First Helicopter on Mars Uses Off-the-Shelf Hardware and Linux**, <https://thenewstack.io/how-the-first-helicopter-on-mars-uses-off-the-shelf-hardware-and-linux/>.

To have non-visible rules on your frame, use the MSWord “Format” pull-down menu, select Text Box > Colors and Lines to choose No Fill and No Line