

**XIII** Colóquio Brasileiro  
de Ciências  
Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

**25** Anos

*Conectando mentes e  
provendo conhecimento*

# **SELEÇÃO AUTOMÁTICA DE LIMIARES PARA DETECÇÃO DE PADRÕES POLARES 'SWISS CHEESE' EM MARTE UTILIZANDO IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL**

*Eduardo Soares Nascimento<sup>1</sup>, Renato César dos Santos<sup>2</sup>, Guilherme Henrique Barros de Souza<sup>2</sup>, Guilherme Pina Cardim<sup>3</sup>,  
Samara Calçado de Azevedo<sup>4</sup>, Pedro Pina<sup>5</sup>, Erivaldo Antonio da Silva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas (PPGCC), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT-UNESP) Presidente Prudente, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Cartografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT-UNESP) Presidente Prudente, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia, Faculdade de Engenharia e Ciências da Universidade Estadual Paulista (FEC-UNESP), Rosana, SP, Brasil

<sup>4</sup>Departamento de Geomática, Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, MG, Brasil.

<sup>5</sup>Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra (UC), Coimbra, Portugal

# Sumário



Introdução



Objetivo



Metodologia



Resultados



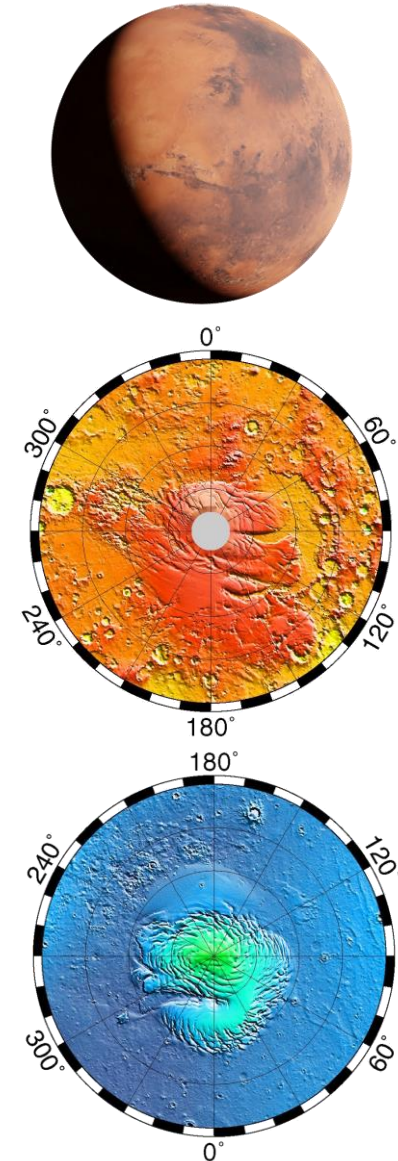
Conclusões

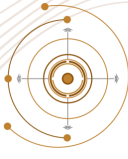
# Introdução

Marte é caracterizado por duas calotas polares permanentes:

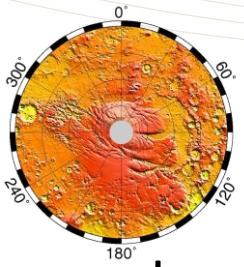
→ Calota Residual Polar Sul → Gelo de dióxido de carbono ( $CO_2$ );

→ Calota Residual Polar Norte → Gelo de  $H_2O$ .

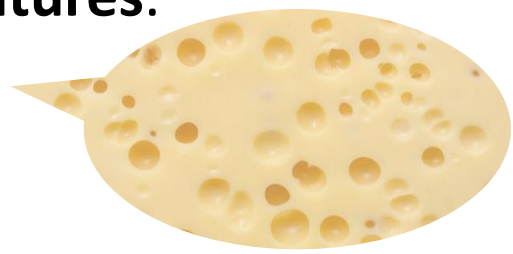
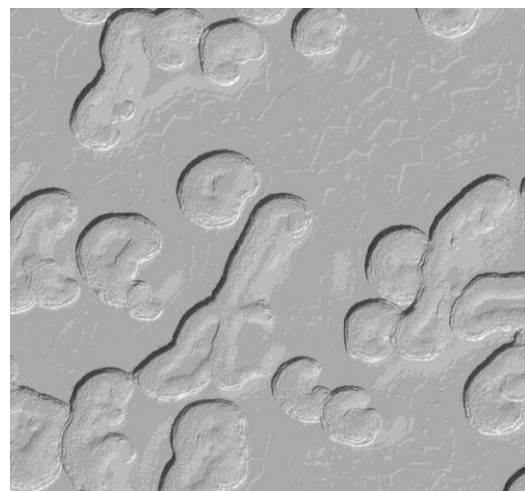
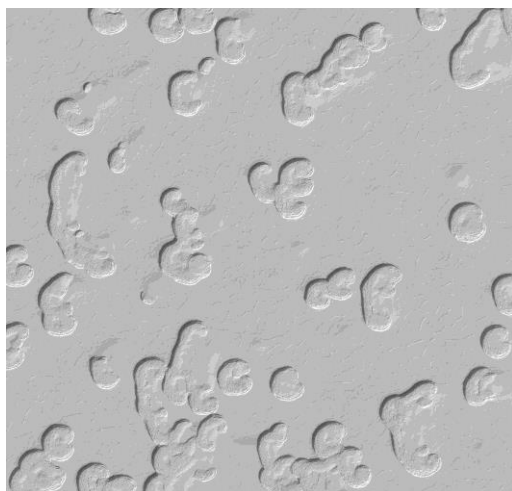




Durante o inverno, esse gelo da superfície:



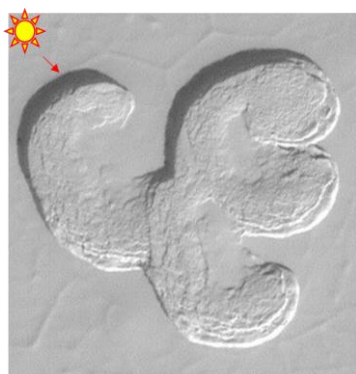
- Quando exposto a outras estações do ano, o gelo sublima;
- No verão, a morfologia da Calota Residual Polar Sul revela uma série de depressões quase circulares, que informalmente é chamada de **Swiss Cheese Features**.



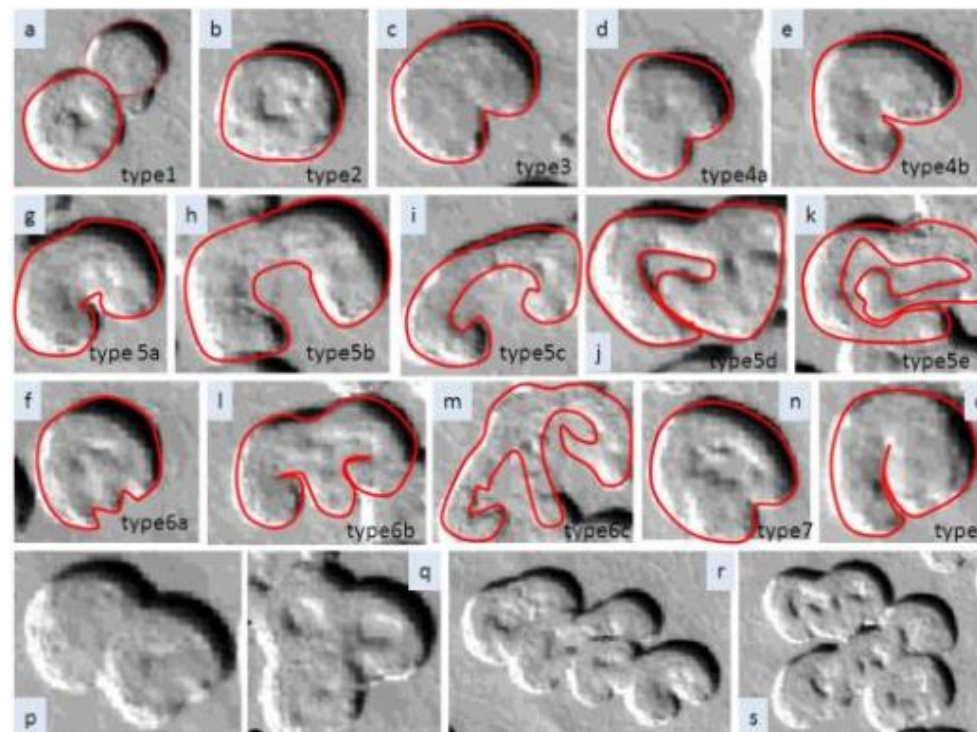
NASA / JPL / Malin Space Science Systems

Essas feições apresentam alguns desafios quanto a sua complexa geometria.

Variação de Iluminação



Diferentes formas



Aftabi, 2016

## Sensores de Alta Resolução Espacial

- **MARS GLOBAL SURVEYOR (MGS) MARS ORBITER CAMERA (MOC):**

- Camera Angular Pequena: Resolução Espacial ( $\sim 0,5$  a  $0,9 \mu\text{m}$ ):  
1,5 m à 12 m;
- 2 câmeras grande-angular: azul ( $\sim 0,4 - 0,5 \mu\text{m}$ ) e vermelho ( $\sim 0,6 - 0,7 \mu\text{m}$ ), com resolução espacial variando de 240 metros a 7,5 quilômetros para mapeamento global diário.

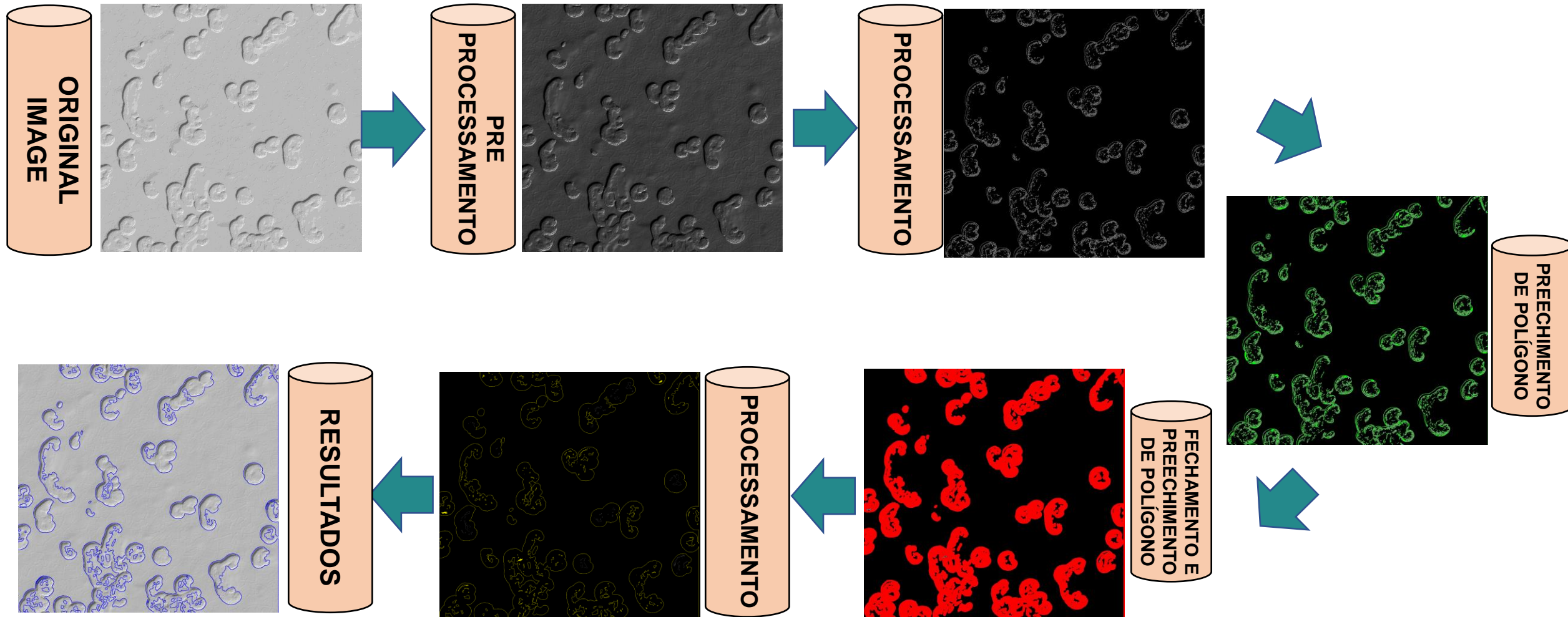


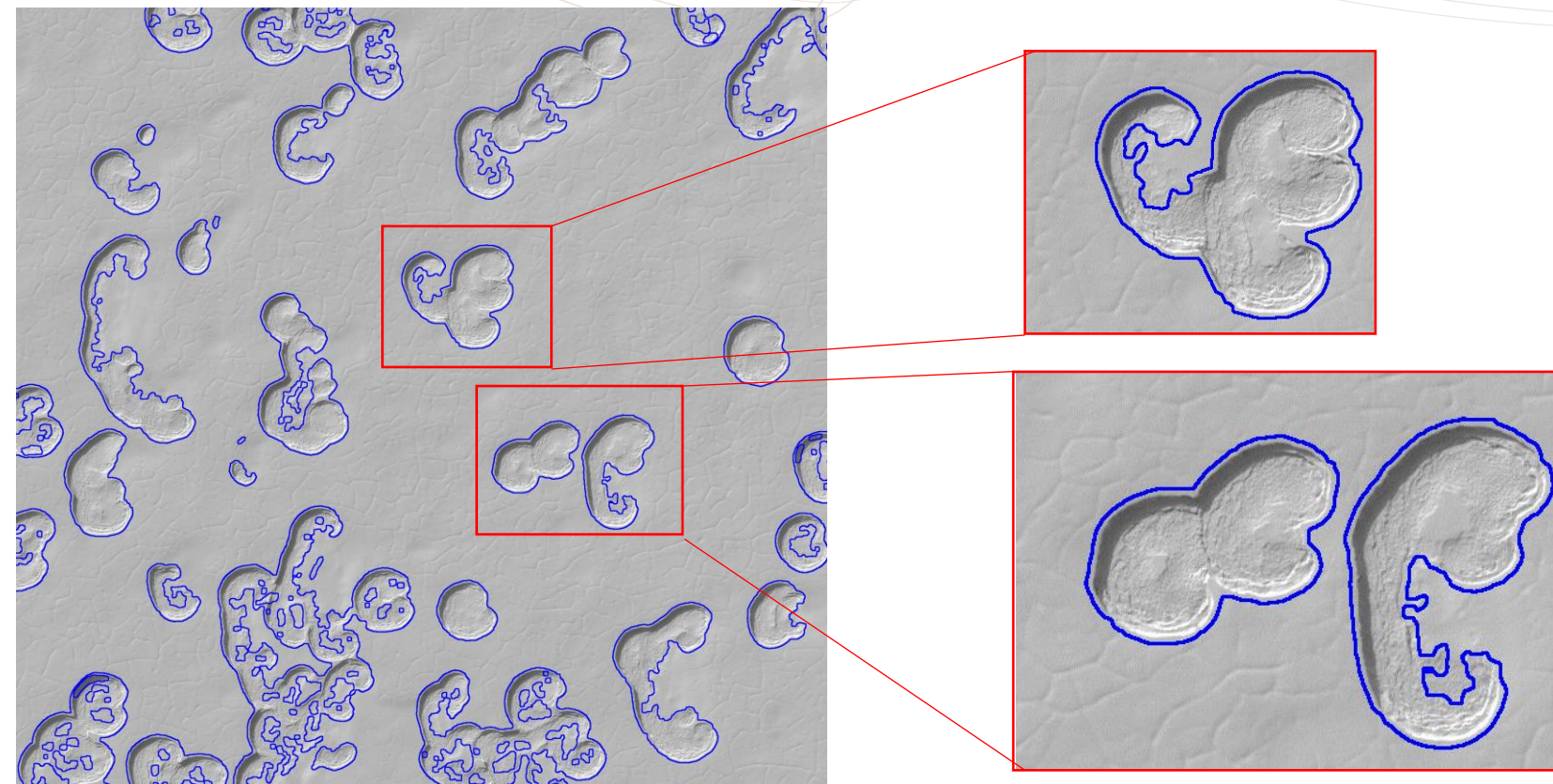
- **High Resolution Imaging Science Experiment:**

- Resolução Espacial: 30 cm (podendo ir até 25 cm);
- azul/verde ( $\sim 0,4 - 0,6 \mu\text{m}$ ), vermelho ( $\sim 0,55 - 0,85 \mu\text{m}$ ) e infravermelho próximo ( $\sim 0,8 - 1 \mu\text{m}$ ).



Metodologia consiste na aplicação da Morfologia Matemática em conjunto com técnicas de Processamento Digital de Imagens





A metodologia de detecção desses padrões polares foram aplicadas à 16 imagens MOC e 6 imagens HiRISE

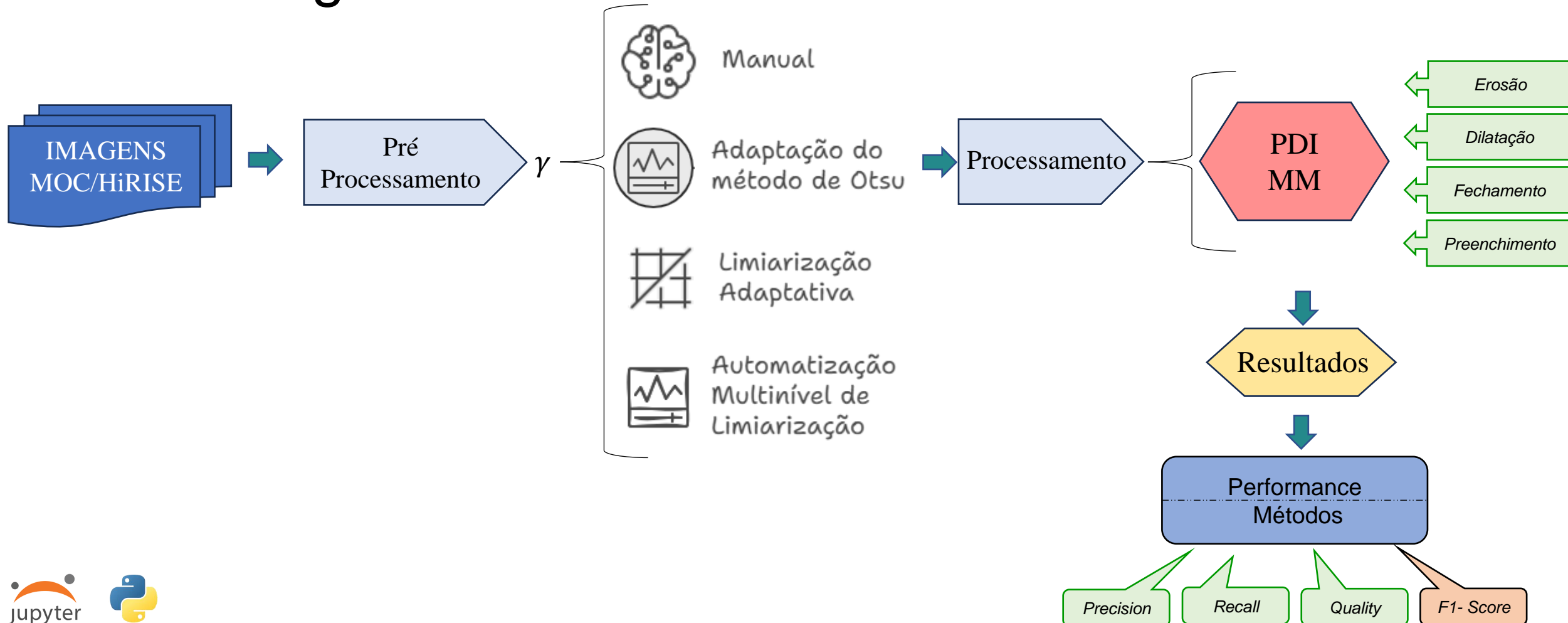
O algoritmo de detecção precisa varrer imagens de tamanhos variados (colunas x linhas) e diferentes condições de aquisição, o que requer ajustes específicos no valor de pré-processamento (contraste para realçar detalhes cruciais na imagem, empregando um valor de ganho -  $\gamma$ ).



# Objetivo

Essa necessidade de adaptação de limiares evidencia a limitação de utilizar um conjunto universal de parâmetros, sugerindo que tal abordagem pode não ser adequada para todas as imagens. Destaca-se a necessidade de automatizar o valor de pré-processamento ( $\gamma$ ). Em resposta a essa limitação, o presente trabalho propõe o estudo sobre a seleção automática de limiares para um conjunto de imagens.

# Metodologia – Métodos Globais



# Metodologia – Métodos Globais

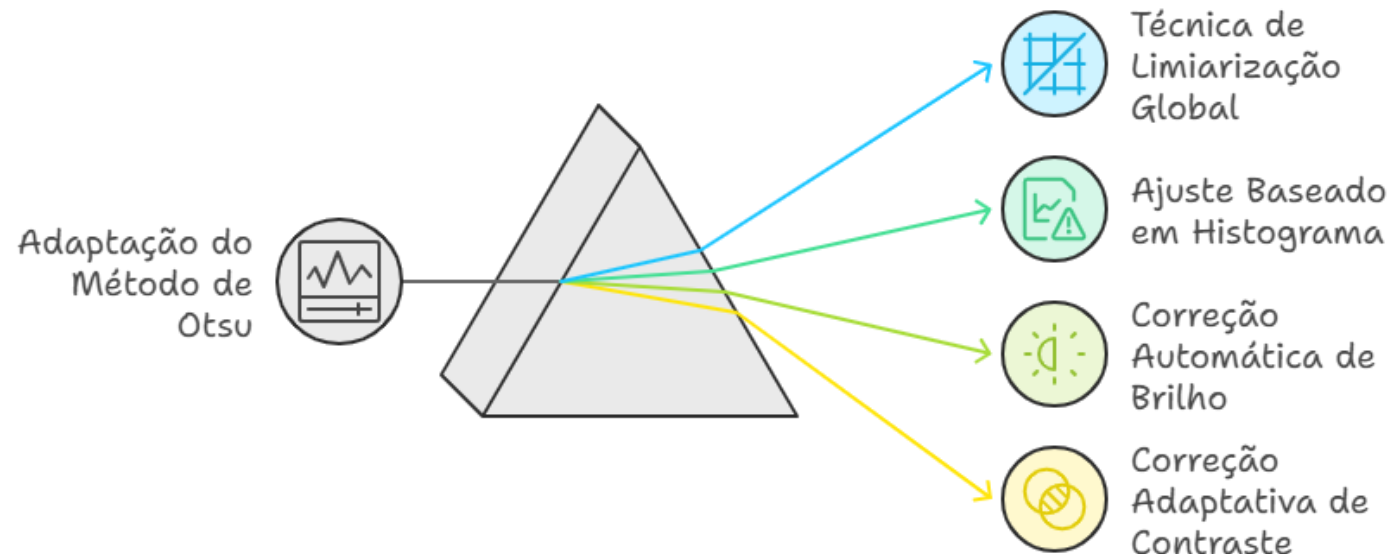


- **Adaptação do método de Otsu** é uma técnica de limiarização global que determina um único valor de limiar para toda a imagem, maximizando a variância entre as classes (fundo e primeiro plano). Embora tradicionalmente utilizado para a binarização de imagens, neste estudo, o método foi adaptado para encontrar um valor adaptativo para o parâmetro  $\gamma$ . Esse processo garantiu que o ajuste de gama fosse baseado nas características globais do histograma da imagem, permitindo a correção automática e adaptativa dos níveis de brilho e contraste.
- **Limiarização adaptativa**, a qual calcula o limiar para pequenas regiões da imagem de forma independente. Este método permite uma binarização que se adapta às variações locais de iluminação, sendo particularmente útil para imagens com iluminação não uniforme ou sombras.
- **Automatização multinível de limiarização:** Essa técnica corresponde a uma extensão dos métodos tradicionais que permite a definição de múltiplos limiares dentro da imagem, utilizando critérios como a maximização da entropia interclasses para determinar esses limiares de forma automática.

# Metodologia – Métodos Globais



- **Método de Otsu** é uma técnica de limiarização global que determina um único valor de limiar para toda a imagem, maximizando a variância entre as classes (fundo e primeiro plano). Embora tradicionalmente utilizado para a binarização de imagens, neste estudo, o método foi adaptado para encontrar um valor adaptativo para o parâmetro  $\gamma$ . Esse processo garantiu que o ajuste de gama fosse baseado nas características globais do histograma da imagem, permitindo a correção automática e adaptativa dos níveis de brilho e contraste.



# Metodologia – Métodos Globais



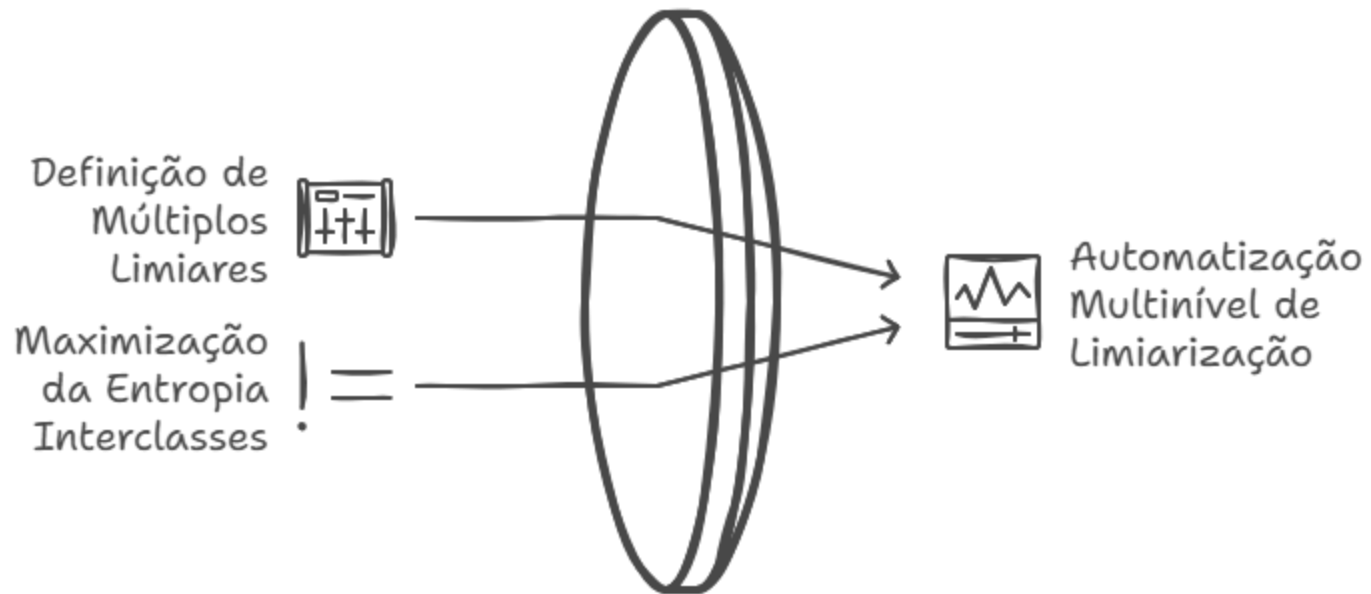
- **Limiarização adaptativa** a qual calcula o limiar para pequenas regiões da imagem de forma independente. Este método permite uma binarização que se adapta às variações locais de iluminação, sendo particularmente útil para imagens com iluminação não uniforme ou sombras.

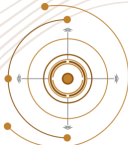


# Metodologia – Métodos Globais



- **Automatização multinível de limiarização** Essa técnica corresponde a uma extensão dos métodos tradicionais que permite a definição de múltiplos limiares dentro da imagem, utilizando critérios como a maximização da entropia interclasses para determinar esses limiares de forma automática.





# Resultados

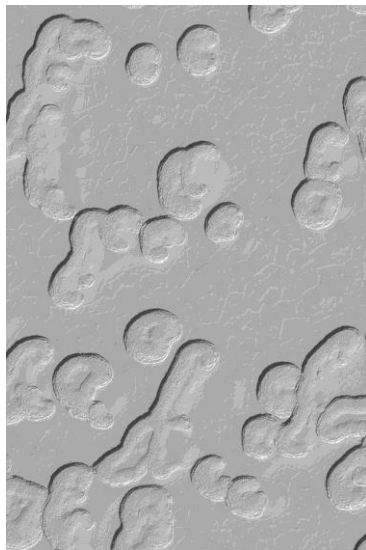
a)

IMAGENS  
MOC/HIRISE

Sensor

Tamanho (coluna x linha)

1024 x 1536



**MOC**

b)

Manual

$\gamma$



**0.50**

c)

Otsu (1979)

$\gamma$

Adaptação do método  
de Otsu

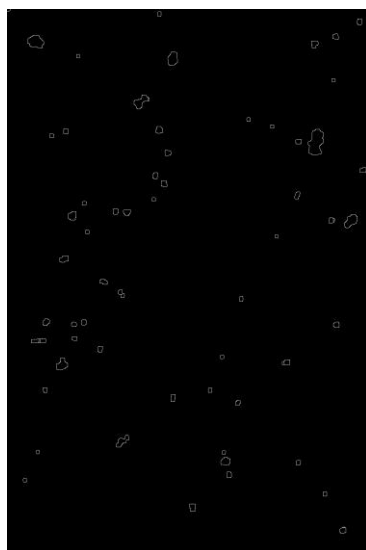


**0.51**

d)

Gonzalez & Woods (2007)

$\gamma$



Limiarização Adaptativa

**0.66**

e)

Yen et. al. (1995)

$\gamma$



Automatização multinível  
de limiarização

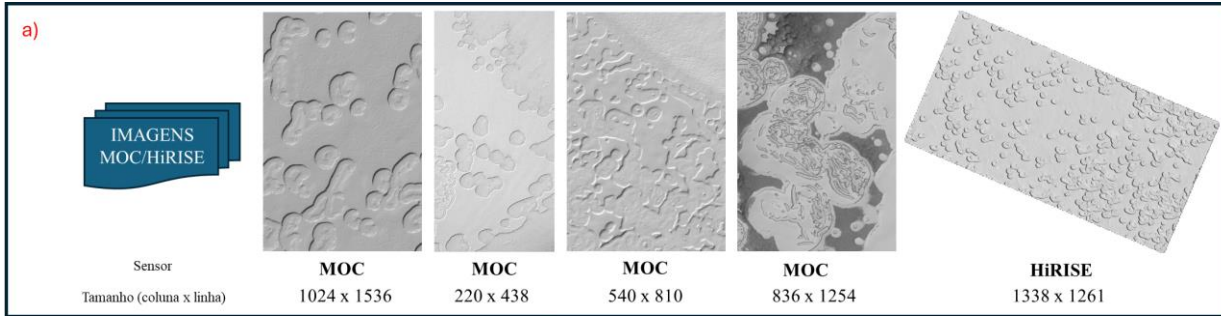
**0.56**

f)

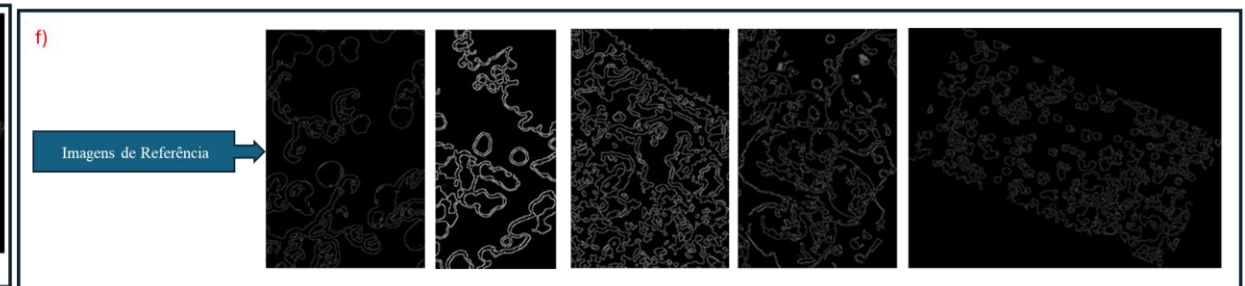
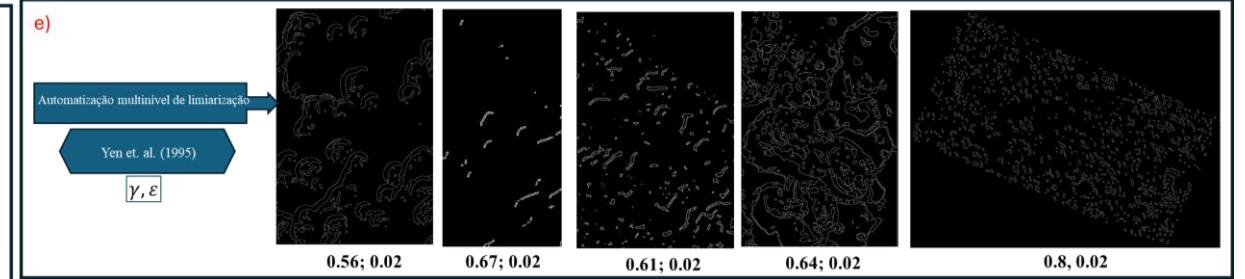
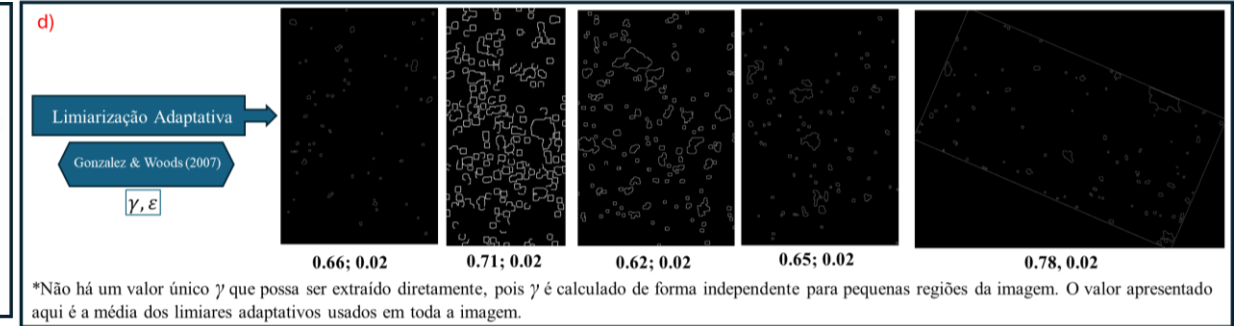
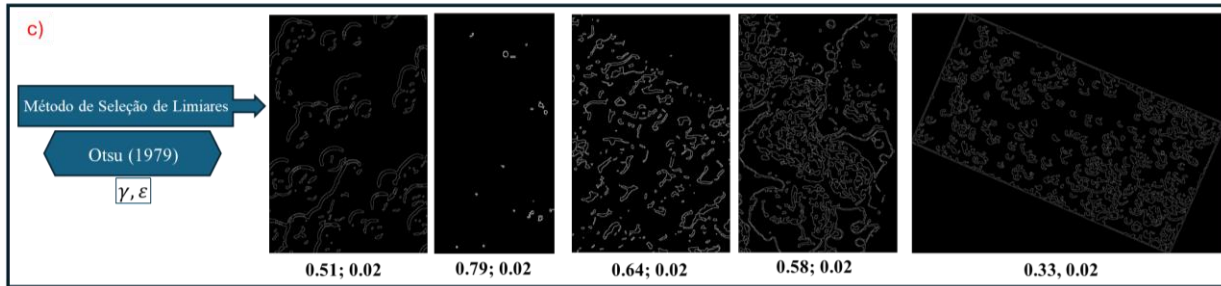
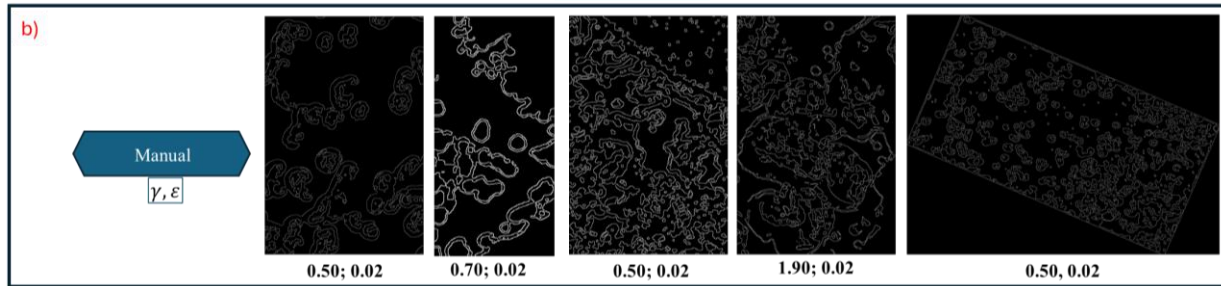
Referência



# Resultados

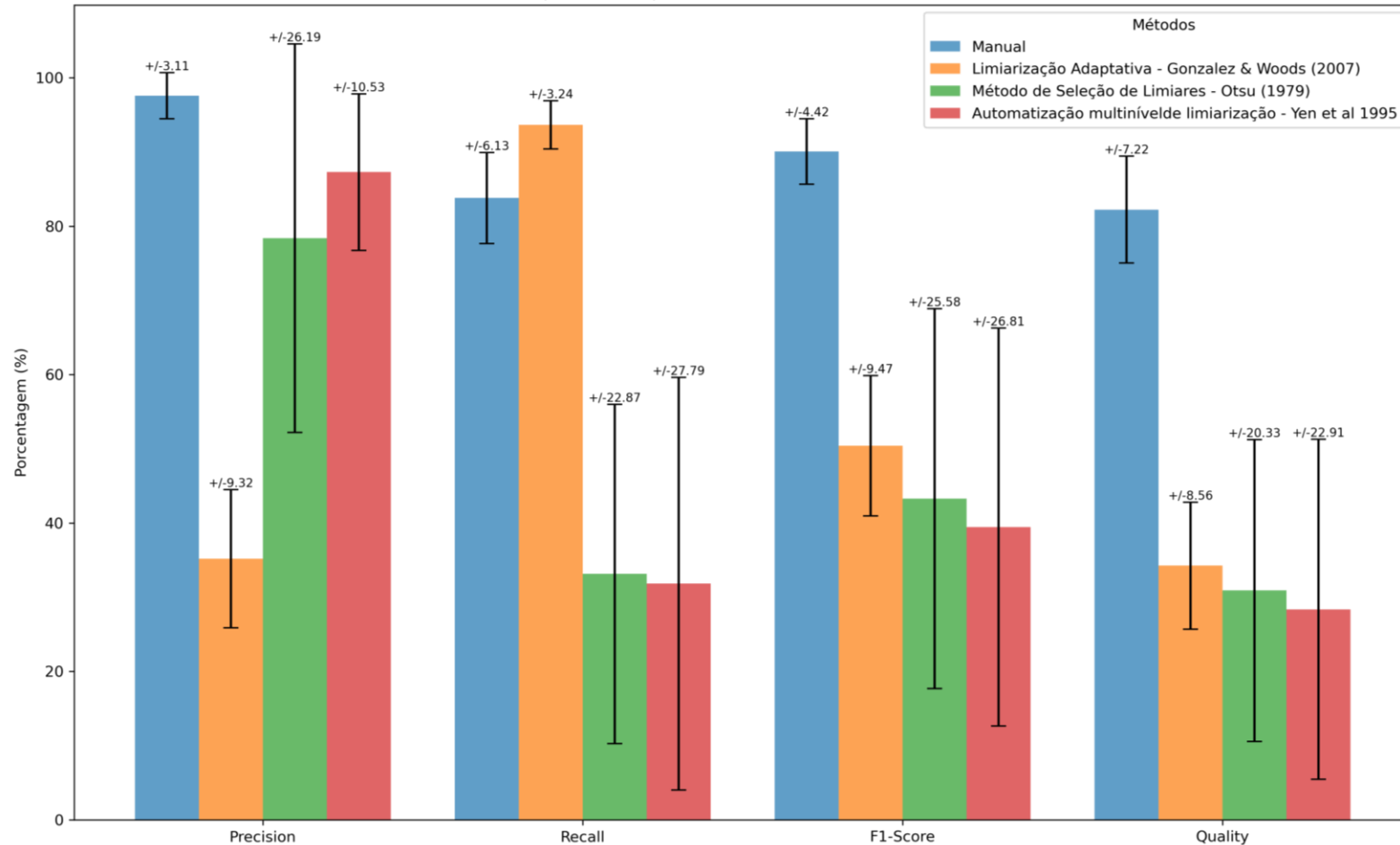


PROCESSAMENTO





## Avaliação comparativa da performance entre os métodos de limiarização



# Conclusões

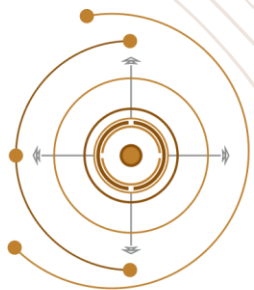
A seleção manual de limiars obteve os melhores resultados no delineamento das feições.

Métodos automáticos, como *Otsu* e limiarização multinível, chegaram próximos, entretanto a limiarização adaptativa teve resultados insatisfatórios.

A limiarização manual se destacou no desempenho geral, exceto na métrica Recall, onde a limiarização adaptativa foi melhor.

A complexidade geométrica e variações de iluminação dificultaram o uso de limiars globais.

Futuras pesquisas devem explorar a integração de limiarização adaptativa com aprendizado de máquina para aprimorar a seleção de limiars em diferentes condições de imagem.



# XIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

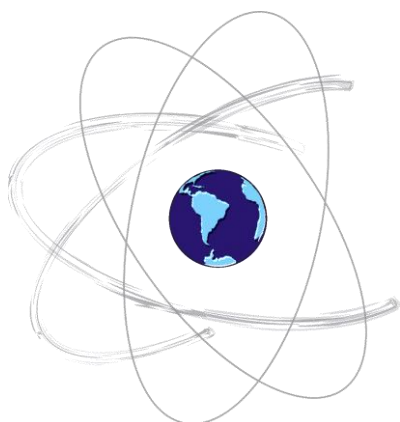
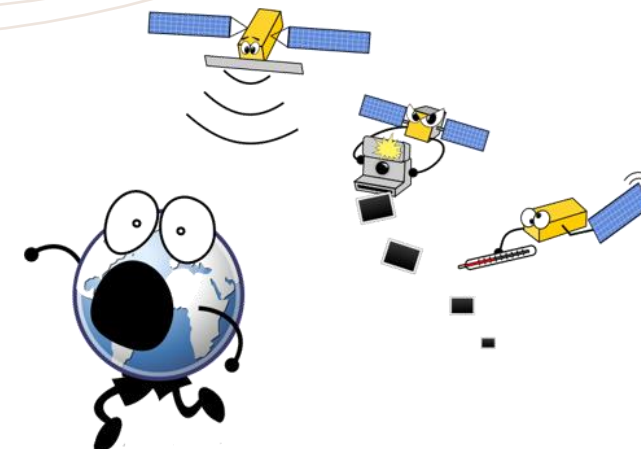
# 25 Anos

*Conectando mentes e  
provendo conhecimento*

## AGRADECIMENTOS



Grant: 2023/16874-1



Grant: 88887.817769/2023-00



Grant: 427915/2018-0



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

## REALIZAÇÃO



Curitiba, 26 a 29 de novembro de 2024