

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN  
Engenharia Eletrônica  
Disciplina: IF69D – Processamento Digital de Imagens  
Semestre: 2023.1  
Prof: Gustavo Borba e Humberto Gamba

## **RELATÓRIO**

### **Algoritmo de processamento de imagens de satélite para análise de área desmatada na Amazônia**

Alunos:

Danilo Campana Fuchs / 1906755

Junho 2023

---

## **1 Objetivo**

Propor e implementar em MATLAB um algoritmo K-Means para cálculo de área desmatada através da segmentação de floresta e não-floresta na Amazônia, aplicado em imagens de satélite no formato Color Infrared (CIR), da cidade de Candeias do Jamari - Rondônia/BR.

## **2 Fundamentação Teórica**

### **2.1 Imagens de satélite para monitoramento de desmatamento**

O meio mais eficiente para se monitorar desmatamento em uma floresta de vastas dimensões é através da análise de imagens de satélite. No Brasil, o monitoramento da Amazônia é feito pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desde 1988, através do projeto PRODES [5]. Desde 2002, todas as imagens, dados, programas e relatórios do programa são públicos e acessíveis através da plataforma TerraBrasilis [6].

Em seus primórdios, o programa utilizava imagens do satélite americano LANDSAT-5/TM que fornecia imagens em 7 diferentes bandas (3 nas faixas visíveis, 4 no infravermelho). Através do programa espacial brasileiro e de parcerias com outras nações, hoje são utilizados imagens de múltiplos satélites brasileiros, sino-brasileiros, indianos, britânicos e americanos, combinando seus espectros para redundância [5].

Em 2014, o INPE criou o programa DETER (Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real), que fornece relatórios diários ao IBAMA com a localização precisa de novos focos de desmatamento.

Em 2020, o governo da Noruega – através de seu fundo para combate às mudanças climáticas – licenciou as imagens das florestas tropicais obtidas mensalmente pela empresa americana Planet Labs PBC [2], fornecendo-as em acesso público e gratuito para fins estudantis [7].

As imagens são capturadas em diversas bandas de interesse, abordado na seção 2.2, e o processamento das imagens pode ser efetuado através de algoritmos de segmentação de imagens, como o K-Means, abordado na seção 2.3.

### **2.2 Imagens Color Infrared (CIR)**

Color Infrared (CIR) são imagens RGB com seus canais compostos arbitrariamente por 3 diferentes faixas de espectro:

- Vermelho (R): NIR/XI3 (Infravermelho próximo - 740-900 nm [8])
- Verde (G): RED/XS2 (Vermelho - 605-695 nm [8])
- Azul (B): GREEN/XS1 (Verde - 515-595 nm [8])

Esta combinação é muito utilizada para detectar facilmente diferentes tipos de vegetação, como indicado na Figura 1. Como folhas refletem fortemente na faixa de NIR, tons mais fortes de vermelho na imagem composta indicam maior concentração de vegetação. Estradas e solo aparecem em tons de marrom e cidades em tons azuis, amarelos e cinzas. Nuvens aparecem em ciano claro e branco [1].

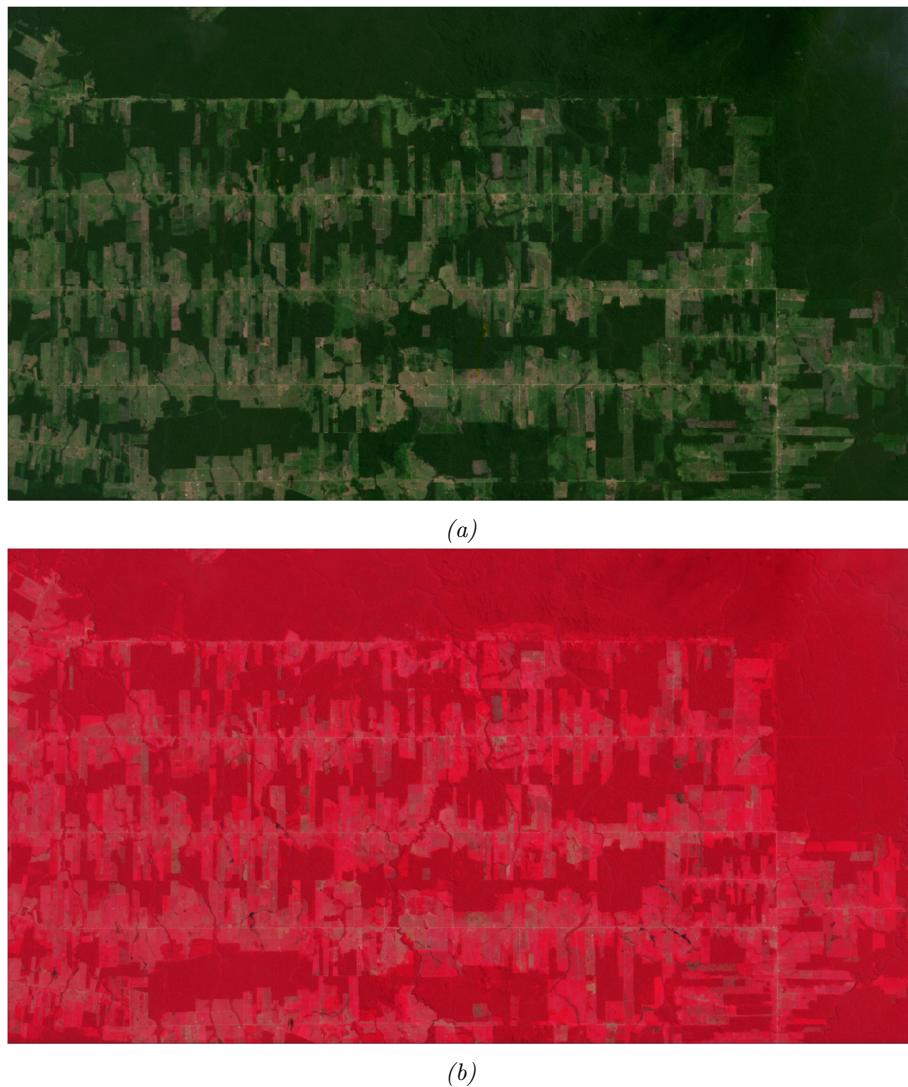


Figura 1: Área de interesse em Maio de 2023 (fonte: Planet Labs PBC). (a) RGB. (b) CIR.

Um índice comumente utilizado é o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), determinado pela Equação 1. Ao aplicar este índice em todos os pixels de uma imagem CIR, obtém-se uma imagem grayscale com escala 0-1, representada na Figura 2. Este índice baseia-se no fato da vegetação ter alta refletividade na banda NIR e baixa refletividade na banda vermelha, portanto vegetação terá índices altos [1].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

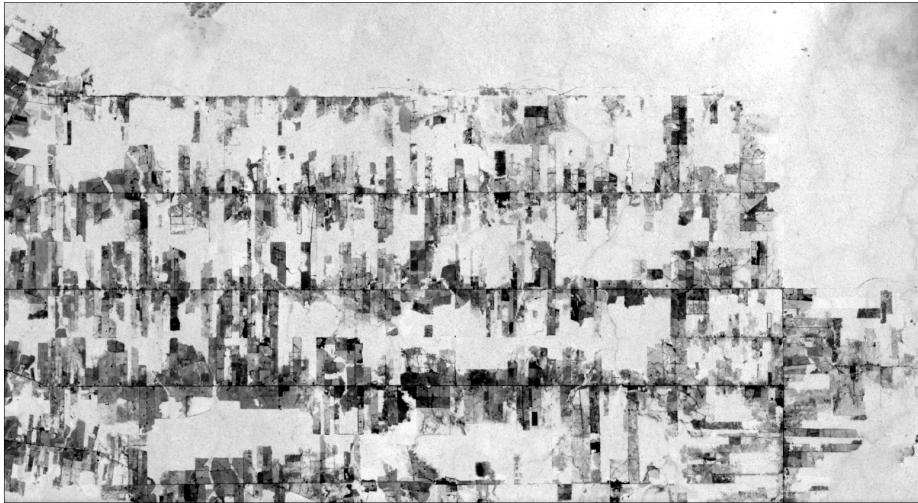


Figura 2: NDVI com auto-contraste da área de interesse em Maio de 2023 (fonte: Planet Labs PBC)

### 2.3 Segmentação por clusterização K-Means

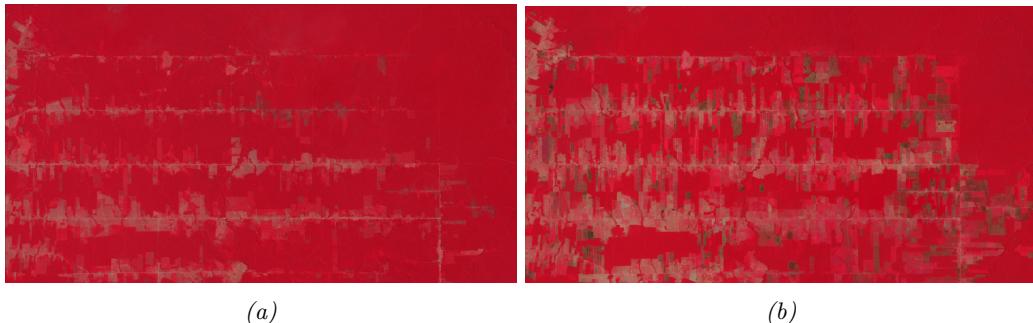
O algoritmo K-Means, proposto em [4], divide um conjunto de pontos no espaço em K grupos (clusters), de forma que a soma quadrática das distâncias euclidianas entre pontos de um mesmo grupo seja minimizada. O algoritmo é iterativo e converge para os mínimos locais das distâncias estes clusters, ou seja, mover um ponto qualquer de um grupo para outro não diminui a soma de quadrados em nenhum dos grupos.

Em processamento digital de imagens, é utilizado para segmentação de imagens, ou seja, dividir a imagem em regiões de interesse. Sendo a coordenada dos pontos determinadas pelo nível de cinza de cada pixel, o algoritmo divide a imagem em K grupos de pixels com níveis de cinza similares [3]. O mesmo princípio pode ser aplicado para imagens coloridas, onde cada ponto é representado por um vetor de 3 dimensões (RGB ou CIR).

## 3 Implementação

O programa `amazonia.m` realiza o processamento de duas imagens de entrada no formato CIR, da mesma área geográfica em diferentes instantes de tempo. Aplicando duas abordagens para o algoritmo K-Means e apresentando as áreas de floresta na imagem antiga e na imagem nova, e a diferença entre elas (desmatamento/recuperação da mata).

As imagens foram obtidas dos satélites da empresa americana Planet Labs PBC. A área escolhida foi um retângulo de 1243 km<sup>2</sup> definido pelos vértices nas coordenadas [-63.341818,-8.87654], [-62.765656,-8.87654], [-62.765656,-8.514369] e [-63.341818,-8.514369] (arquivo `candeias.geojson`), um trecho do município de Candeias do Jamari, em Rondônia, Brasil. Foram escolhidos 2 *basemaps* que possuem imagens CIR e que não contém nuvens na área de interesse: Junho de 2017 e Novembro de 2022. A Figura 3 mostra as imagens utilizadas, retiradas de *screenshots* do site da Planet Labs: <https://www.planet.com/explorer/?s=UNS6fwFDRaOTUSdpRXroiQ>

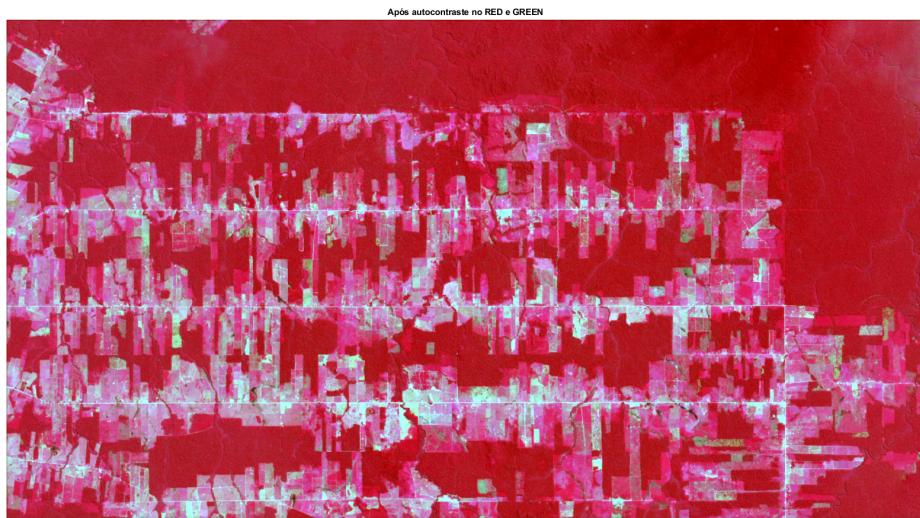


*Figura 3: Área de interesse (fonte: Planet Labs PBC). (a) Junho de 2017. (b) Novembro de 2022.*

O algoritmo foi implementado em MATLAB em duas abordagens: Primeiro, a função `process_image_ndvi.m` utiliza o índice NDVI que considera apenas os canais NIR e RED. Segundo, a função `process_image_cir.m` utiliza os 3 os canais da imagem CIR.

O pré-processamento da imagem consiste em: Auto-contraste utilizando a função `imadjust` do MATLAB, para melhorar a visualização; e aplicação de um filtro passa-baixa gaussiano de tamanho 6, sigma de 0.8.

Para o tratamento da imagem CIR completa, foi optado por não realizar auto-contraste na camada NIR, pois observou-se um aumento considerável de ruídos e degradação na segmentação. A Figura 4 mostra uma imagem CIR com auto-contraste apenas na camada RED e GREEN.



*Figura 4: Imagem CIR com auto-contraste nas camadas RED e GREEN da área de interesse em Maio de 2023 (fonte: Planet Labs PBC)*

O processamento da imagem é feito pelo algoritmo de clusterização K-Means com K=3. Este K foi determinado empiricamente de forma que uma das segmentações contenha vegetação (floresta), e as outras contenham 2 níveis de vegetação degradada. A Figura 5 mostra os clusters retirados de uma imagem NDVI.

O usuário deve selecionar com o mouse qual das regiões segmentadas é a floresta, e o algoritmo determina a área de floresta preservada como o número de pixels desta região, multiplicada pela área correspondente de um pixel. A área de floresta degradada é determinada como a diferença entre a área total e a área de floresta.

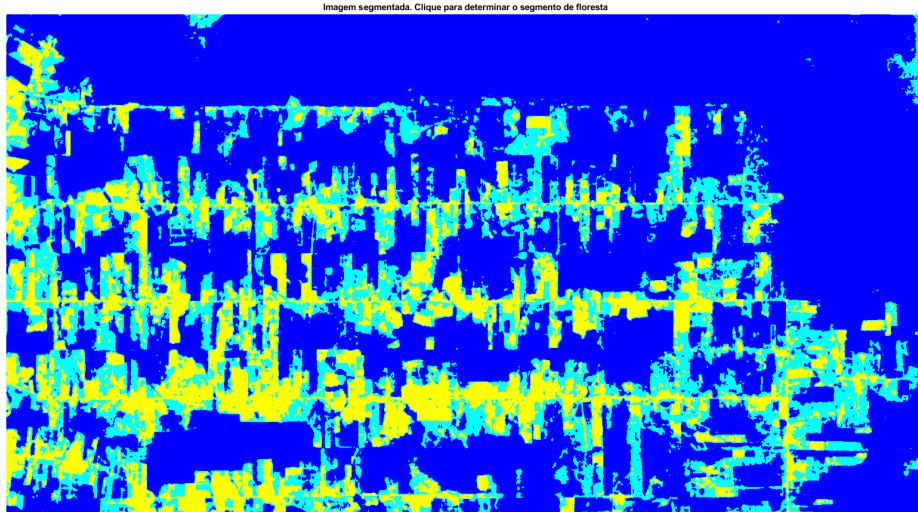


Figura 5: Clusters da imagem NDVI da área de interesse em Maio de 2023 (fonte: Planet Labs PBC)

#### 4 Resultados e conclusões

Os dados obtidos da comparação das imagens de Junho de 2017 e Novembro de 2022, através das duas técnicas de processamento são mostrados abaixo:

```
===== NDVI =====
Área analisada = 1.2430 km2 (100.00%)
-----
Floresta
-----
Antigo : Área = 0.9838 km2 (79.15%)
Novo   : Área = 0.7416 km2 (59.66%)
Diff    : Área = -0.2422 km2 (-19.49%)

===== CIR =====
Área analisada = 1.2430 km2 (100.00%)
-----
Floresta
-----
Antigo : Área = 0.9787 km2 (78.74%)
Novo   : Área = 0.7342 km2 (59.07%)
Diff    : Área = -0.2446 km2 (-19.67%)
```

É possível observar que ambos obtém resultados bem similares, com uma diferença máxima de 0.59% entre técnicas. A diferença de área de floresta degradada é de 0.18%, o que é considerado insignificante.

Uma análise visual das segmentações obtidas nos métodos NDVI e CIR (Figura 6) indica a existência de falsos-positivos em ambos os casos, ou seja, áreas desmatadas que não foram identificadas pelo algoritmo.

Futuros trabalhos devem buscar imagens de maiores áreas geográficas, maior resolução, imagens de diferentes satélites e instantes de tempo. É interessante automatizar a

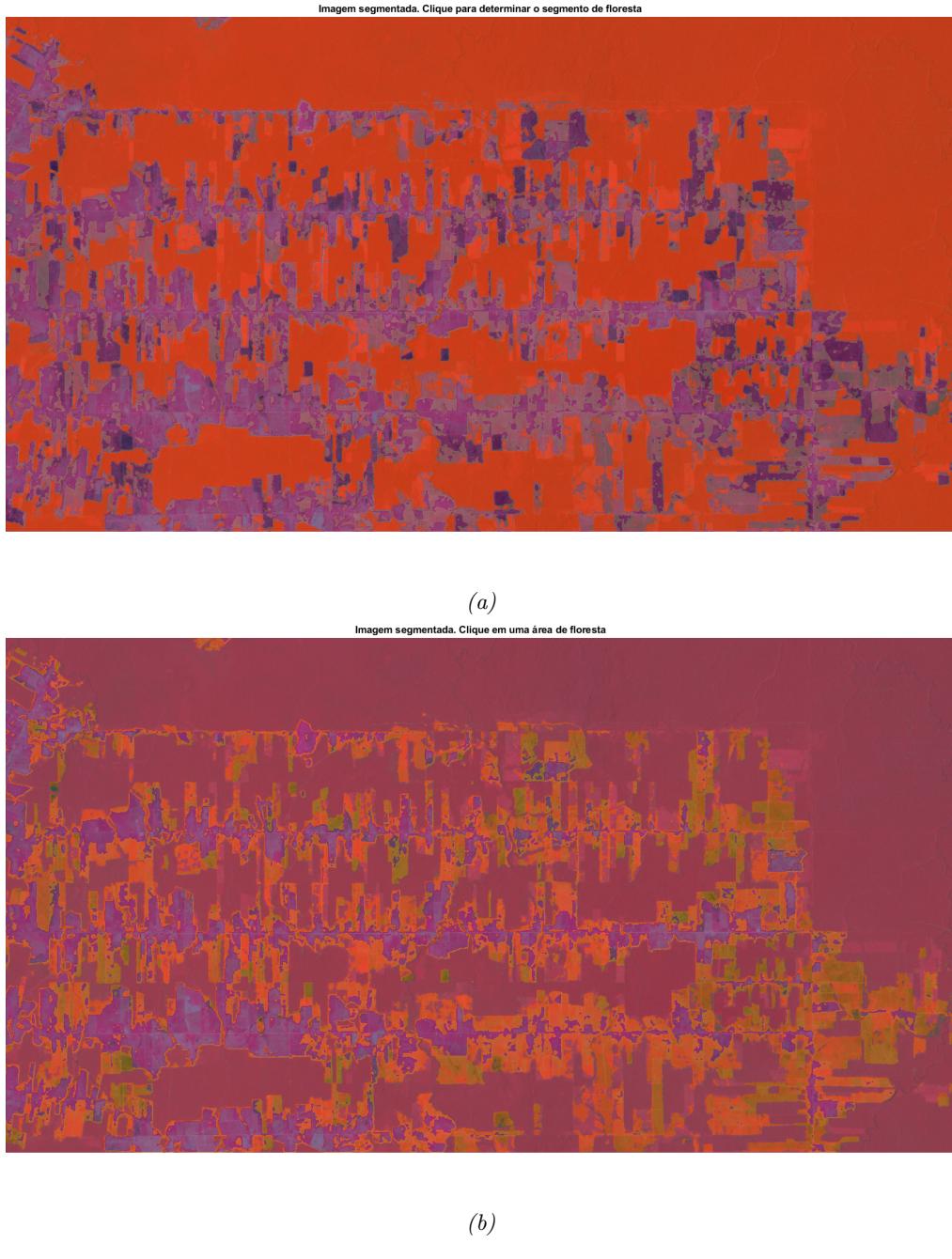


Figura 6: Segmentação das imagens (a) NDVI e (b) CIR

seleção da região de floresta, e comparar os resultados com outras técnicas de clusterização, como o K-NN, e algoritmos utilizados pelo INPE.

É relevante a comparação com os mapas e estatísticas oficiais do INPE, disponibilizados na ferramenta TerraBrasilis e manipuláveis pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG) TerraView, do INPE. Estas ferramentas foram investigadas para este projeto, porém não foi possível obter resultados satisfatórios para comparação devido à complexidade de manipulação dos programas necessários.

## Referências

- [1] EOS Data Analytics. Color infrared (vegetation). <https://eos.com/make-an-analysis/color-infrared/>, 2023. Acesso em 27 de Junho de 2023.
- [2] Norway's International Climate and Forest Initiative. New satellite images to allow anyone, anywhere, to monitor tropical deforestation. <https://www.nicfi.no/current/new-satellite-images-to-allow-anyone-anywhere-to-monitor-tropical-deforestation/>, 2020. Acesso em 20 de Junho de 2023.
- [3] Nameirakpam Dhanachandra, Khumanthem Manglem, and Yambem Jina Chanu. Image segmentation using k-means clustering algorithm and subtractive clustering algorithm. *Procedia Computer Science*, 54:764–771, 2015.
- [4] J. A. Hartigan and M. A. Wong. Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(1):100–108, 1979.
- [5] INPE. Monitoramento do desmatamento da floresta amazônica brasileira por satélite. <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>, 2022. Acesso em 27 de Junho de 2023.
- [6] INPE. Terrabrasilis. [http://terrbrasilis.dpi.inpe.br/](http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/), 2023. Acesso em 27 de Junho de 2023.
- [7] Planet Labs PBC. Norway's international climate and forests initiative satellite data program. <https://www.planet.com/nicfi/>, 2020. Acesso em 20 de Junho de 2023.
- [8] Satellite Imaging Corporation. Skysat satellite constellation. <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/skysat-2/>, 2022.