

**Análise da Paisagem:
Estudo de caso da crise hídrica em Foz do Iguaçu-PR**

Landscape Analysis: Case Study of the Water Crisis in Foz do Iguaçu-PR

Análisis del paisaje: estudio de caso de la crisis del agua en Foz do Iguaçu-PR

Allan Alves Lopes Ferreira

Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, UNESP, Brasil.
aal.ferreira@unesp.br

Eduardo Soares Nascimento

Graduando em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, UNESP, Brasil.
e.nascimento@unesp.br

Sandra Medina Benini

Docente da FCT/UNESP, Brasil.
arquiteta.benini@gmail.com

RESUMO

Este artigo teve por objetivo a análise da paisagem do município de Foz do Iguaçu-PR, com intuito de realizar um estudo de caso evidenciando o período de seca vivenciada em junho de 2021, utilizando de imagens orbitais do CBERS 4. A análise de paisagem, se dá por meio da utilização de imagens orbitais, nas quais consistem em importantes fontes de informação necessárias para o gerenciamento e gestão dos recursos naturais. Como resultado, do estudo de caso apresentado neste artigo, pode-se observar que as áreas testes, foram detectadas e extraídas com sucesso, permitiu aferir as mudanças expressivas na paisagem decorrente no processo de estiagem na região de Foz do Iguaçu-PR. Assim, considera-se que a análise da paisagem por meio de imagens obtidas da mesma região em épocas diferentes, contribui para compreensão do fenômeno climático, bem como oferece subsídio nos processos de tomadas de decisões e o gerenciamento dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise da Paisagem. Escassez Hídrica. Foz do Iguaçu-PR.

ABSTRACT

This article aimed to analyze the landscape of the municipality of Foz do Iguaçu-PR, in order to carry out a case study highlighting the period of drought experienced in June 2021, using orbital images from CBERS 4. To analyze landscape, it gives through the use of orbital images, which consist of important sources of information necessary for the management and management of natural resources. As a result, from the case study presented in this article, it can be observed that the test areas, which were successfully detected and extracted, allowed the assessment of the expressive changes in the landscape resulting from the drought process in the region of Foz do Iguaçu-PR. Thus, it is considered that the analysis of the landscape through images obtained from the same region at different times, contributes to the understanding of the climatic phenomenon, as well as providing support in the decision-making processes and their management.

KEYWORDS: Landscape Analysis. Water Shortage. Foz do Iguaçu-PR.

RESUMEN

Este artículo tuvo como objetivo analizar el paisaje del municipio de Foz do Iguaçu-PR, con el fin de realizar un estudio de caso que destaque el período de sequía vivido en junio de 2021, utilizando imágenes orbitales del CBERS 4. Analizar el paisaje, si se da a través del uso de imágenes orbitales, que consisten en importantes fuentes de información necesarias para el manejo y manejo de los recursos naturales. Como resultado del caso de estudio presentado en este artículo, se puede observar que las áreas de prueba, que fueron detectadas y extraídas con éxito, permitieron medir los cambios expresivos en el paisaje producto del proceso de sequía en la región de Foz do Iguaçu. -PR. Así, se considera que el análisis del paisaje a través de imágenes obtenidas de una misma región en diferentes momentos, contribuye a la comprensión del fenómeno climático, además de brindar apoyo en los procesos de toma de decisiones y su gestión.

PALABRAS CLAVE: Análisis del paisaje. Escasez de agua. Foz do Iguaçu-PR.

1 INTRODUÇÃO

Sabendo que o espaço geográfico é resultante de uma interação complexa entre a sociedade e sua paisagem, um elemento importante a se analisar é a paisagem, que pode ser brevemente definida como um conjunto de representações humanísticas, culturais e naturais que visa compreender os aspectos geográficos de uma determinada região.

Ademais, a paisagem permite um primeiro contato com a realidade, por meio de um conjunto de expressões caracterizado pelos elementos antrópicos naturais e temporais, o que define modificações de um determinado espaço, o que permite compreender como a sociedade se insere no mesmo (ANDRADE, 2013).

Como subsídio à construção empírica deste estudo e de modo a contribuir compreensão do planejamento da paisagem, Assunto (1976, p. 45-48) explica:

Creio que neste ponto surgirá com bastante facilidade uma definição de 'paisagem' como 'forma' que o ambiente ('função' ou 'conteúdo' [...]) confere ao território como 'matéria' de que ele se serve. Ou melhor, se quisermos ser mais precisos, paisagem é a 'forma' na qual se exprime a unidade sintética a priori (no sentido kantiano: não a 'unificação' de dados recebidos separadamente, mas a 'unidade' necessária que condiciona o seu apresentar-se na consciência) da 'matéria' (território) e do 'conteúdo ou função (ambiente)'. [...] O ambiente concreto, ambiente que vivemos e do qual vivemos vivendo nele, é sempre ambiente como forma de um território: paisagem.

Frente a tais considerações, Serrão (2013, p. 23 - 26) esclarece que a paisagem “é uma unidade sintética na qual se dá ligação entre o território” e ainda que paisagem “não é natureza (em si) nem o humano (parasi), mas o ponto de encontro de homem e natureza”. Segundo Leite (1994, p. 7) paisagem “é resultado do equilíbrio entre múltiplas forças e processos temporais e espaciais”. Besse (2014) esclarece que

A paisagem não é, portanto, um simples conjunto de espaços organizados coletivamente pelos homens. É também uma sucessão, de pegadas que se superpõem no solo e constituem, por assim dizer, sua espessura tanto simbólica quanto material. [...] A paisagem é uma maneira dos homens inscreverem seu meio terrestre dentro de uma duração ou de uma durabilidade que não se confundem com os ritmos naturais, transformando assim esse meio num mundo histórico. (p. 33-34).

Uma forma de analisar estes elementos referentes a paisagem, se dá por meio da utilização de imagens orbitais, nas quais consistem em importantes fontes de informação necessárias para o gerenciamento e gestão dos recursos naturais. O uso híbrido do Sensoriamento Remoto com técnicas de Processamento Digital de Imagens, para um país com vasto território, se faz necessário, devido a necessidade de analisar as constantes modificações do uso e cobertura do solo ao longo do tempo.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)¹, gerencia a família de satélites de sensoriamento remoto CBERS, onde suas imagens possuem múltiplas aplicabilidades, dentre elas o controle do desmatamento e queimadas, áreas agrícolas, crescimento urbano e por fim no que se refere ao estudo de caso dado neste artigo o monitoramento de recursos hídricos.

¹ Disponível e: http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/NOTA_Emergencia_Hidrica_v05.pdf. Acesso em: 2 jul 2021.

Segundo uma nota conjunta emitida pelo Sistema Nacional de Meteorologia (SNM), a bacia do Rio Paraná passa por uma estiagem rigorosa em junho de 2021 (podendo se estender até setembro de 2021). Por conta da escassez de precipitação nesta região, é a primeira vez que o SNM emite um Alerta de Emergência Hídrica, devido a este fato, merece mais atenção no que diz respeito ao gerenciamento de recursos hídricos.

Desta forma, este artigo apresenta um estudo de caso na região de Foz do Iguaçu-PR, no que tange a modificação da paisagem devido à crise hídrica vivenciada neste município. Essa análise será feita com a utilização de imagens orbitais fornecidas pelo satélite CBERS-4, disponibilizadas de forma gratuita pela Divisão de Geração de Imagens do INPE (DGI-INPE).

2 OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é análise da paisagem do município de Foz do Iguaçu-PR, com intuito de realizar um estudo de caso evidenciando o período de seca vivenciada em junho de 2021, utilizando de imagens orbitais do CBERS 4.

3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E SATÉLITE CBERS 4

De acordo com o INPE (2019), o satélite CBERS- 4 representa uma evolução em relação aos satélites CBERS-1, 2 e 2B. Para o CBERS-4, são utilizadas no módulo carga útil quatro câmeras (Câmera Pancromática e Multiespectral - PAN, Câmera Multiespectral Regular - MUX, Imageador Multiespectral e Termal - IRS, e Câmera de Campo Largo - WFI) com desempenhos geométricos e radiométricos melhorados. Abaixo, no quadro 1, tem-se as principais características das câmeras do mesmo.

Quadro 1 -Características das câmeras do CBERS 3 e 4

Características das câmeras do CBERS 3 e 4				
Características	Dado			
	MUX	PAN	IRS	WFI
Bandas Espectrais	0,45-0,52µm (B)	0,51-0,85µm (Pan)	0,50-0,90µm (Pan)	0,45-0,52µm (B)
	0,52-0,59µm (G)	0,52-0,59µm (G)	1,55-1,75µm (SWIR)	0,52-0,59µm (G)
	0,63-0,69µm (R)	0,63-0,69µm (R)	2,08-2,35µm (SWIR)	0,63-0,69µm (R)
	0,77-0,89µm (NIR)	0,77-0,89µm (NIR)	10,40-12,50µm (TH)	0,77-0,89µm (NIR)
Resolução	20 m	5 m / 10 m	40 m / 80 m (TIR)	64 m
Largura da Faixa Imageada	120 km	60 km	120 km	866 km
Revisita real	26 dias	não	26 dias	5 dias
Quantização	8 bits	8 bits	8 bits	10 bits

Fonte: INPE, 2019.

Neste sentido, deve-se considerar que o histograma de uma imagem digital $f(x,y)$ como uma tabela que relaciona cada valor de nível de cinza com sua frequência de aparecimento na imagem e pode ser visualizado no *Software Matlab R2018b* pelo comando *imhist*. Neste trabalho, o histograma seguirá a curva de distribuição normal, sendo necessário calcular a média e variância amostral. A média para imagens digitais em níveis de cinza de tamanho $M \times N$ é dado por:

$$\mu = (MN)^{-1} [\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N f(x, y)]$$

A partir deste, pode-se calcular a variância amostral e posteriormente o desvio-padrão amostral ($S = \text{var}^{1/2}$).

$$\text{var} = (MN - 1)^{-1} [\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (f(x, y) - \mu_i)^2]$$

Após determinar o desvio padrão amostral, é necessário selecionar os níveis de cinza de interesse, calculando o $\mu \pm \alpha * S$, onde α é uma constante positiva e a imagem pode variar de 0 até $2^n - 1$ (n é o número de bits) níveis de cinza no intervalo $[\mu - \alpha * S, \mu + \alpha * S]$. Se $f(x, y) < \mu - \alpha * S \Rightarrow f(x, y) = 0$ e analogamente, se $f(x, y) > \mu + \alpha * S \Rightarrow f(x, y) = 2^n - 1$. Outra transformação usada é a *correção gamma*, que serve para aumentar o contraste da imagem. Assim GONZALEZ e WOODS (2009) a definem como:

$$t = \gamma * \log(1+r)$$

Onde $\gamma \in \mathbb{R}^*$ e $r = f(x, y)$. No *software Matlab*, essa função é um argumento na função *imadjust*.

Com base nos dados apresentados, o estudo da Morfologia Matemática aplicado a imagens binárias e em níveis de cinza está embasado em dois operadores: Erosão e Dilatação. De acordo com SOILLE (2004), erosão e dilatação podem ser definidas por:

$$\begin{aligned} \varepsilon B(X) &= \{x \mid Bx \subseteq X\} \\ &e \\ \delta B(X) &= \{x \mid Bx \cap X \neq \emptyset\} \end{aligned}$$

Onde Bx é o elemento estruturante pode assumir qualquer forma geométrica de tamanho $m \times n$ e X é o conjunto de vizinhança por onde o operador percorre os pixels da imagem.

No *software Matlab R2018b*, o operador morfológico Erosão e Dilatação é nomeado respectivamente como *imerode* e *imdilate*, e o elemento estruturante *strel*.

Uma outra operação derivada dos operadores citados acima, é a detecção de bordas morfológicas ou gradiente morfológico(g), que se dá pela identificação de mudanças locais significativas nos níveis de cinza da imagem, através da seguinte definição, dado por SOILLE (2004).

$$g = \delta B(X) - \varepsilon B(X)$$

Além destas funções citadas acima, é possível calcular o complemento da imagem, a partir da função *imcomplement* que equivale ao negativo da imagem. E também, há a possibilidade de converter a imagem de níveis de cinza para a binária utilizando da função *imbinarize*.

4 METODOLOGIA

O presente estudo iniciou-se escolhendo as áreas teste, de acordo com a disponibilidade das imagens no *site* do DGI-INPE, utilizando imagens do satélite CBERS 4. Para este escolheu-se 2 imagens do sensor MUX, da banda do Infravermelho Próximo (*NIR - Near Infrared*), com 20 metros de resolução espacial.

A escolha da banda do Infravermelho Próximo se dá por conta de que a mesma absorve mais a Radiação da Energia Eletromagnética (REM) em corpos d'água, permitindo até o

mapeamento e delineamento da rede de drenagem, e reflete mais nos outros alvos, como por exemplo na vegetação.

Para fins de localização, retirou-se uma captura de tela do *Google Maps*, a fim de evidenciar a área de estudo.

Figura 1 – Cheia- Bacia do Paraná



Fonte: *Google Maps*, 2021.

Acima, pode-se observar na figura 1, uma captura de tela, da região de interesse, localizada na Bacia do Rio Paraná no município de Foz do Iguaçu-PR, mais precisamente nos arredores da Ilha *Acaray*.

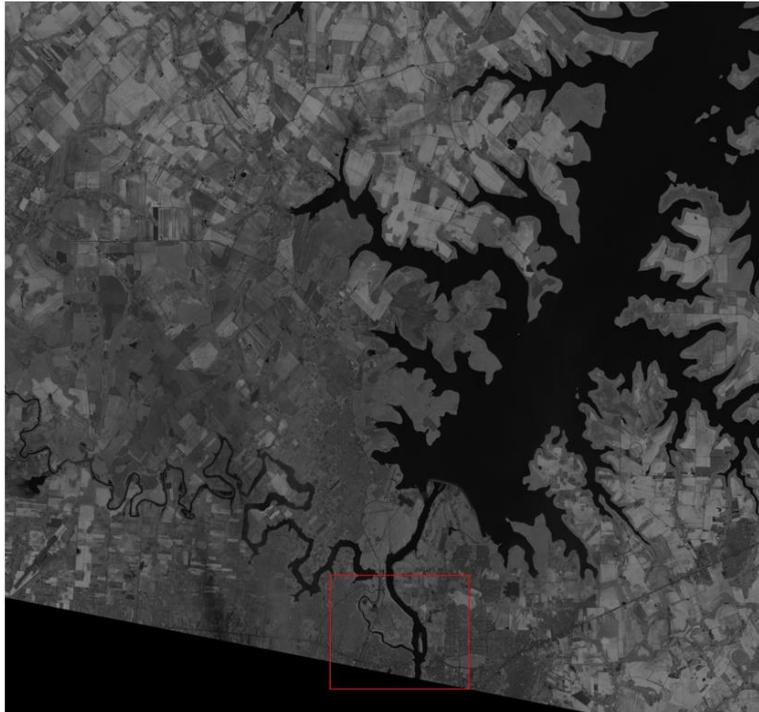
Em seguida, escolheu-se 2 imagens orbitais desta região, em épocas distintas, onde as mesmas representam dois períodos extremos, sendo estes antes do período crítico que vive a região e o outro durante esse período estiagem.

Sequencialmente após a escolha das regiões teste, aplicou-se as técnicas de Processamento Digital de Imagens em conjunto com a Morfologia Matemática, no *software Matlab*, a fim de detectar e extrair as feições de interesse, que tem como objetivo mostrar a seca evidenciada e vivida na região.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

A primeira imagem referente ao período onde o volume de água da Bacia era considerado normal, coletou-se no site já apresentado do DGI-INPE do dia 14/12/2017. Pode-se observar a mesma, na figura 2, que segue abaixo.

Figura 2 – Cheia- Bacia do Paraná

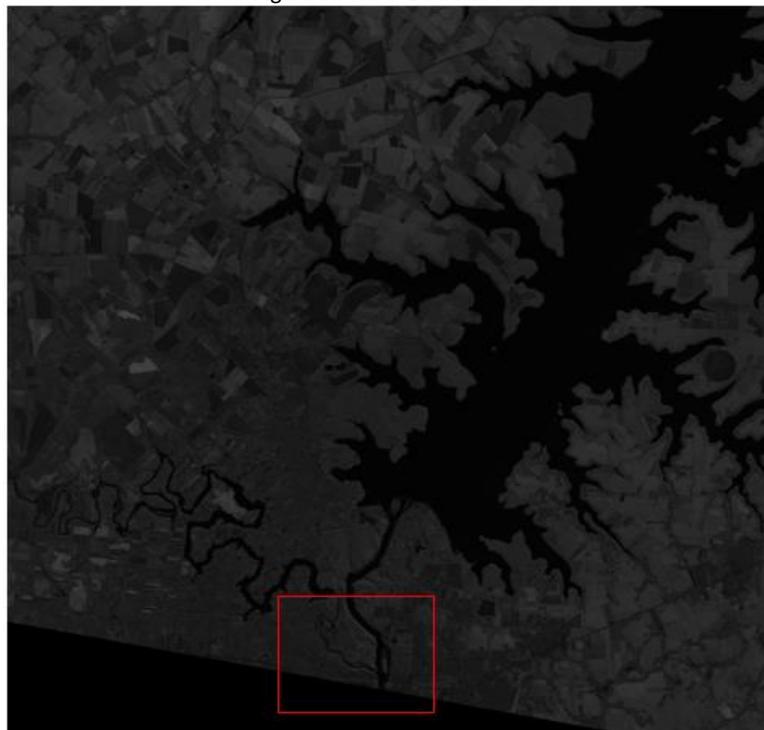


Fonte: Os Autores, 2021.

Dado a análise da figura acima, pode-se observar destacado em vermelho a área de interesse.

Posteriormente, para representar o segundo período desta mesma área, coletou-se uma imagem do dia 13/06/2021. Na figura 3, pode-se observar tal imagem.

Figura 3– crise- Bacia do Paraná

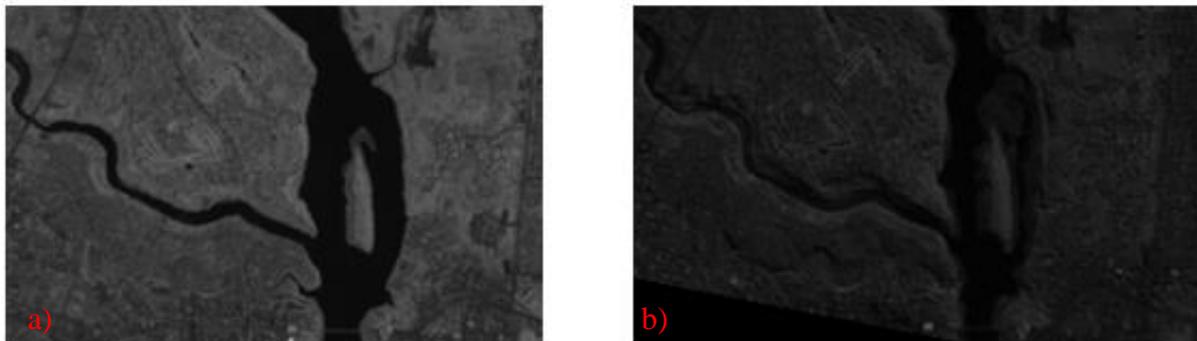


Fonte: Os Autores, 2021.

Na figura acima, pode-se visualizar destacado em vermelho a área de interesse.

Logo após, selecionado as regiões da área de estudo, foi feito um recorte nas duas imagens obtidas em períodos diferentes, a fim de realizar uma análise da modificação da paisagem, no que se refere ao Rio Paraná e ao Rio *Acaray*.

Figura 4– Recorte - área de interesse. a) Imagem 12/2017. b) Imagem 06/2021

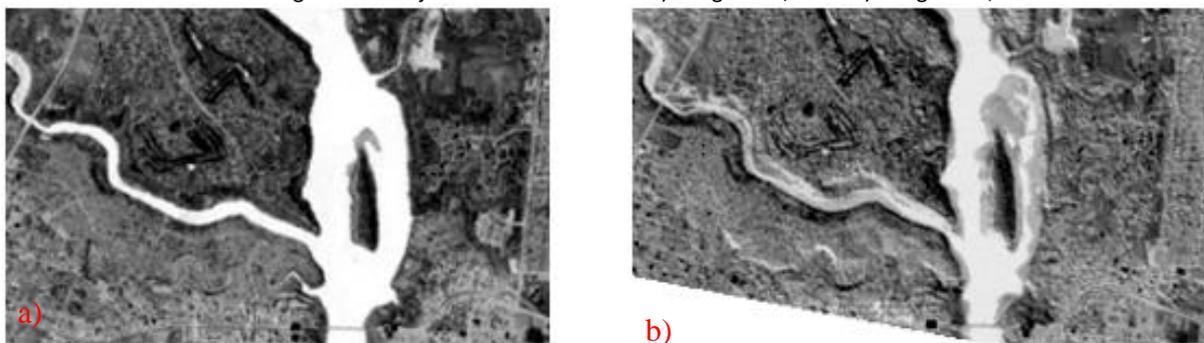


Fonte: Os Autores, 2021

A fim de analisar as modificações da paisagem da região de estudo, utilizou-se da Morfologia Matemática em conjunto com o Processamento Digital de Imagens (PDI) para fazer detecção e extração da feição de interesse, por meio de uma rotina desenvolvida no *software MATLAB R2018b* em conjunto com a *Toolbox Image Processing*.

Primeiramente, para o desenvolvimento da rotina morfológica, aplicou-se a transformação de intensidade, na qual tem a função de ajustar o contraste da imagem de interesse. Para tal, utilizou-se dois operadores em sequência, sendo estes o *imadjust* e o *imcomplement*. Como é possível visualizar a seguir na Figura 5.

Figura 5– Imadjust- área de interesse. a) Imagem 12/2017. b) Imagem 06/2021

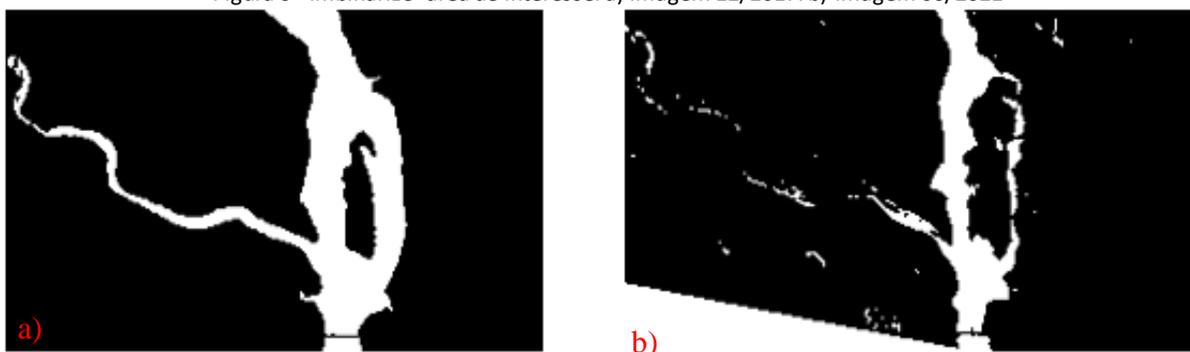


Fonte: Os Autores, 2021

Pode-se observar, que após a aplicação destes operadores sequenciais, foram evidenciadas as áreas do Rio Paraná e do Rio *Acaray*. Em a), é notável que a região que se encontra na cor branca, se refere aos dois rios já citados. Em b), tem-se a mesma sensação, entretanto, consegue-se perceber uma descontinuidade nas águas de ambos os rios, causados pela diminuição do volume de água e o aparecimento da terra na cor acinzentada.

Após o processo anterior, aplicou-se o operador morfológico *imbinarize*, que tem função de converter a imagem em preto e branco (binário), na qual é possível observar na figura 6.

Figura 6– imbinarize- área de interesse. a) Imagem 12/2017. b) Imagem 06/2021

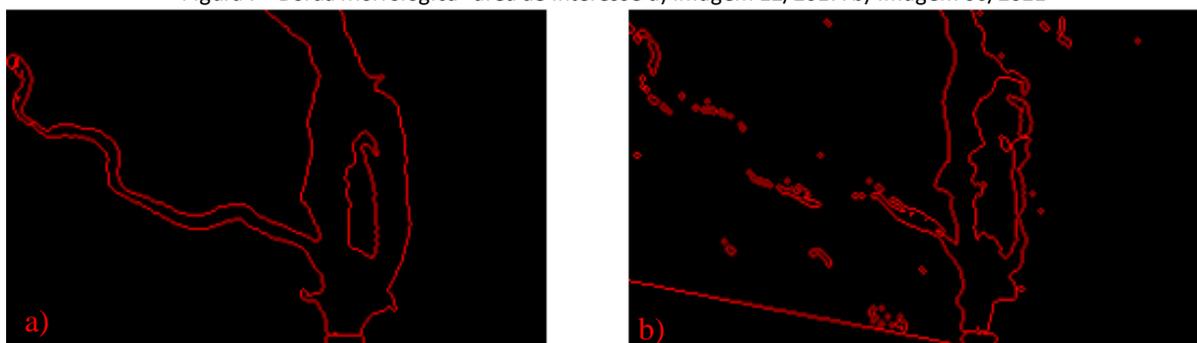


Fonte: Os Autores, 2021

Em a), pode-se observar que os dois Rios foram totalmente extraídos e detectados. Ambos possuem forma contínua e estão bem delineados. Já em b) pode-se visualizar, que devido ao baixo volume de água é notório a presença de descontinuidade, devido à falta de água, mais evidente no trecho do Rio *Acaray* e na margem direita da Ilha do *Acaray*.

Depois, no resultado acima, aplicou-se a borda morfológica, com o intuito de detectar o delineamento das feições extraídas.

Figura 7– Borda Morfológica- área de interesse a) Imagem 12/2017. b) Imagem 06/2021

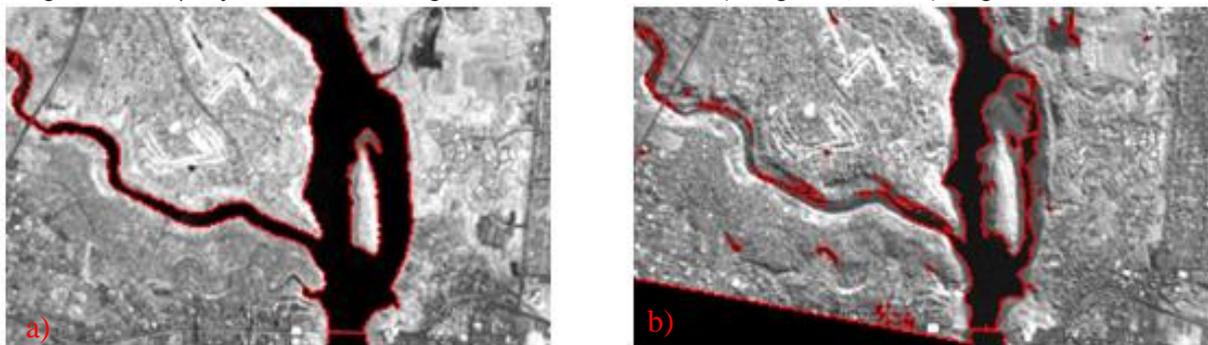


Fonte: Os Autores, 2021

Com isso, pode-se verificar que a borda morfológica está intimamente relacionada com a presença de água na região. Desta forma a) tem-se os delineamentos mais definidos e b) tem-se a presença de pequenas regiões isoladas, causada pela descontinuidade que a falta de água trás para a região.

E por fim, este resultado será sobreposto a imagem original, a fim de mostrar que as feições dos rios foram totalmente detectadas e extraídas, como era de interesse.

Figura 8– Sobreposição da borda morfológica com a área de interesse a) Imagem 12/2017. b) Imagem 06/2021



Fonte: Os Autores, 2021

A partir da figura acima, pode-se observar que as áreas foram detectadas e extraídas com sucesso, evidenciando o objeto de estudo.

6 CONCLUSÃO

A utilização de tecnologias do sensoriamento remoto na análise da paisagem, permitem detectar e aferir os efeitos decorrentes das mudanças climáticas em várias regiões do planeta.

Como resultado do estudo de caso apresentado neste artigo, pode-se observar que as áreas testes foram detectadas e extraídas com sucesso, permitindo aferir as mudanças expressivas na paisagem decorrente no processo de estiagem na região de Foz do Iguaçu-PR.

Assim, considera-se que a análise da paisagem por meio de imagens obtidas da mesma região em épocas diferentes, contribui para compreensão do fenômeno climático, bem como oferece subsídio nos processos de tomadas de decisões e o gerenciamento dos mesmos.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE F. J. M, 2013 em Análise da Paisagem Local através da Leitura de Imagens- Universidade Federal do Paraná. Disponível

em:<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_ufpr_geo_pdp_maria_joana_franco_andrade.pdf> Acesso em: 07 jul. 2021.

ASSUNTO, Rosario. Paesaggio, Ambiente, Territorio. Um tentativo di precisazione concettuale. In: **Bolletino del Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio**, Vicenza, 1976, pp. 45-48.

BESSE, J. M. As cinco portas da paisagem – ensaio de uma cartografia das problemáticas paisagísticas contemporâneas. In: BESSE, J.M. **O gosto do mundo: exercícios de paisagem**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2014. p.11-66.

GONZALEZ,R.; WOODS, R. Digital Image Processing, third edition. Pearson, 2009.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-Câmeras Imageadoras CBERS-3 e 4. Publicado em 12/02/2019. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers3-4.php>> Acesso em: 07 jul. 2021.

LEITE, Maria Angela Faggin Pereira. **Destruição ou desconstrução?** Ed. Hucitec: São Paulo, 1994.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R. **Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações**. São Paulo: Thompson Learning, 2008.

SERRÃO, Adriana Veríssimo. Paisagem: natureza perdida, natureza reencontrada?. Brasília: **Revista de Filosofia Moderna e Contemporânea**, 2013, ano 1, v. 2, p. 07-27. Disponível em: <http://www.periodicos.unb.br/index.php/fmc/article/view/10170> . Acesso em: 07 jul. 2021.

SNM- Sistema Nacional de Meteorologia - Nota conjunta INMET/INPE/CENSIPAM - Prognóstico Trimestral de Precipitação - 2021. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/NOTA_Emergencia_Hidrica_v05.pdf . Acesso em: 07 jul. 2021.

SOILLE, P. **Morphological image analysis: principles and applications**. Springer-VerlagBerlin Heidelberg, 2004.