

# MAPEAMENTO DOS ESPELHOS D'ÁGUA DE RESERVATÓRIOS DA PARAÍBA: ESTUDO DE CASO DA TRANSPosição DO RIO SÃO FRANCISCO

Guilherme Reis Pereira<sup>1</sup>, Manoel Mendes da Silva Júnior<sup>2</sup>, Antônio Helton da Silva Barbosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro Regional do Nordeste, rua Carlos Serrano, nº2073, Natal – RN, e-mail: guilherme.pereira@inpe.br; <sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro Regional do Nordeste, rua Carlos Serrano, nº2073, Natal – RN, e-mail: Junior.mendes9301@gmail.com; <sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro Regional do Nordeste, rua Carlos Serrano, nº2073, Natal – RN

## RESUMO

O trabalho visa verificar os efeitos da transposição do rio São Francisco nas áreas dos espelhos d'água dos reservatórios no estado da Paraíba. A metodologia se baseou no processamento de imagens Landsat 8 do período de Junho a Julho entre 2016 e 2018. Para detecção dos reservatórios foi utilizado o método de transformação das cores RGB para IHS. Além disso, foram levantados dados do Mapeamento Global de Precipitação por Satélite (GSMMap) do estado da Paraíba de 2017 e 2018, onde estão localizados os reservatórios. Os resultados mostram que houve recuperação parcial somente dos reservatórios que receberam as águas do São Francisco com aumento das áreas dos espelhos d'água a partir de 2017. Já os dois reservatórios que ainda não foram integrados e dependeram somente das chuvas do período não tiveram aumento de área.

**Palavras-chave** — Mapeamento, Espelhos d'água, Reservatórios, Rio São Francisco, Paraíba.

## ABSTRACT

*The objective of this work is to verify the effects of the transposition of the São Francisco river in the area of the water mirrors of the reservoirs in the state of Paraíba. The methodology was based on the digital processing of Landsat 8 images between June and July of the 2016 until 2018, using the IHS transformation based image fusion. In addition Global Satellite Precipitation Mapping (GSMMap) data of the Paraíba were raised where they are located the reservoirs in the 2017 and 2018. The results show that there was partial recovery of these reservoirs with the arrival of the São Francisco waters between 2017 and 2018. The two reservoirs that were not yet integrated and depended only on the rainfall of the period did not increase the area.*

**Keywords** — Mapping, Water mirrors, Reservoirs, São Francisco River, Paraíba.

## 1. INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil sofreu a seca mais prolongada da história, que teve início em 2012 e se manteve até 2017, provocando uma crise hídrica com o colapso no abastecimento de água de centenas de municípios da região Nordeste do Brasil. No caso do estado da Paraíba, de acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), 60 reservatórios estavam em situação crítica com menos de 5% da capacidade em Janeiro de 2016 de um total de 127 reservatórios. A situação se manteve crítica até início de 2018 quando 63 reservatórios permaneciam na mesma situação, obrigando ao racionamento em vários municípios e abastecimento com caminhões-pipa desde 2014. Os reservatórios pesquisados fazem parte das Bacias Hidrográficas dos rios Piranhas e Paraíba, sendo que a integração ocorreu primeiro através do rio Paraíba.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) instituída em 1997 estabeleceu um marco regulatório que prevê, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos para o consumo humano e a dessedentação dos animais, e também define a gestão do uso múltiplo em condições de disponibilidade de água. Em 2000 foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA) para implementar a PNRH, bem como regular a gestão dos serviços de abastecimento. A ANA disponibiliza dados de volume dos reservatórios através de um sistema de acompanhamento das secretarias estaduais de recursos hídricos, mas não dispõe de um sistema de monitoramento das áreas de espelhos d'água baseado em imagens de satélites e nem das áreas de agricultura irrigada.

O monitoramento das variações das áreas dos principais reservatórios pode ser útil tanto para gerenciar o abastecimento humano quanto determinar o consumo da agricultura através da quantificação da área. No Ceará vigora um modelo tarifário da água baseado no volume e tipo de uso da água, onde a medição do consumo de água para irrigação requer a determinação da localização do usuário em extensas áreas. Por isso, os dados de Sensoriamento Remoto podem ser muito úteis para o gerenciamento do múltiplo uso da água. Folhes utilizou o canal de infravermelho termal TM/Landsat-5 para indicação de prováveis áreas irrigáveis (2005, p. 3009) [1]. No caso do sistema de transposição do São Francisco (TSF), a ANA

definiu que somente a tarifa do serviço de adução é de aproximadamente 200 milhões para a Paraíba e 290 milhões para Pernambuco ao ano (JC, 2018) [2].

Em 2017, foram concluídos os primeiros trechos do eixo leste da TSF e os reservatórios Epitácio Pessoa, São José 1 e Engenheiro Ávidos, entre outros, passaram a receber suas águas através dos canais que chegaram nos rios Paraíba e Piranhas. Os mapas destes reservatórios mostram alterações nos espelhos d'água a partir de Abril de 2017 com a conclusão de parte do eixo leste da TSF. A população da região semiárida que depende, em grande parte, dos reservatórios para o abastecimento de água para uso doméstico e para atividades produtivas. A construção de grandes reservatórios é a principal política de mitigar os efeitos da seca, contribuindo para a perenização de rios intermitentes e o abastecimento mesmo nos anos de seca.

O objetivo deste trabalho é verificar se está ocorrendo o aumento da área dos espelhos d'água dos primeiros reservatórios da Paraíba em virtude da chegada das águas do rio São Francisco a partir de 2017.

Procura-se demonstrar a viabilidade de monitorar os principais reservatórios da região semiárida do Nordeste através do uso de imagens orbitais, em especial os efeitos da transposição do rio São Francisco através do delineamento dos espelhos d'água.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Existem vários estudos baseados em diferentes métodos para detectar a variação dos espelhos d'água. Carvalho *et al* (1988) foram os primeiros a quantificar a área de espelhos d'água no estado do Ceará através de imagens impressas do Landsat 5 [3]. Frazier and Page (2000) analisaram a precisão dos dados da banda 5 do sensor TM do Landsat no delineamento de espelhos d'água [4]. Pinto e Centeno (2016) em seu estudo de variação do espelho d'água em represa da Região Metropolitana de Curitiba utilizaram a segmentação *Mean Shift* para verificar a disponibilidade hídrica [5].

A metodologia consiste no processamento digital de imagens multiespectrais, utilizando o método da transformação das cores RGB para IHS (*Intensity, Hue, Saturation*). A componente Intensidade (I) é a medida do brilho de uma determinada cor, a matiz (H) é o comprimento de onda predominante da cor observada e a saturação (S) é o grau de pureza da cor. Houve a criação da banda Hue a partir de uma combinação das bandas 6, 5 e 4 para facilitar a detecção dos corpos d'água e posterior vetorização dos contornos do alvo. Os corpos d'água se diferenciam dos outros alvos pela baixa reflectância tornando fácil a extração dos polígonos da área dos espelhos d'água.

Foram utilizadas coleções de imagens Landsat 8 entre Junho e Julho de cada ano, que é o período posterior aos meses chuvosos no semiárido, quando é possível verificar se o volume de chuvas contribuiu para o aumento do nível dos

reservatórios. As imagens foram processadas na plataforma *Google Earth Engine* (GEE) e exportadas para o programa Qgis para vetorização e confecção dos mapas dos reservatórios. Foram calculadas estatísticas de área de cada ano, bem como foi feito o cruzamento destes polígonos para visualizar e avaliar o avanço dos espelhos d'água.

Além disso, foram utilizados dados de precipitação do satélite GPM processados na plataforma GEE para identificar o volume de precipitação no primeiro semestre de 2017 e 2018.

## 3. RESULTADOS

Na região central do estado o volume de chuvas foi menor. Em 2017 choveu 142 mm de janeiro a junho no município de Boqueirão onde fica o reservatório Epitácio Pessoa. Este reservatório abastece cerca de um milhão de pessoas em 19 municípios, incluindo Campina Grande que tem uma população de 407 mil habitantes (IBGE, 2018) [6]. Na região do reservatório Engenheiro Ávidos choveu cerca de 620 mm em 2017 e 680 mm em 2018. Conforme mostra a figura 1, no município de Boqueirão (1) as precipitações foram de 526 mm em 2018. Em São José de Piranhas (2), onde está localizado o reservatório São José 1, foi registrado 676 mm no mesmo período.

Com base nos dados de precipitação acumulada no primeiro semestre de 2017 e 2018, constata-se que o volume de chuvas em torno dos 600 mm no oeste da Paraíba não foi suficiente para recuperar os reservatórios que estavam com volume muito baixo devido à seca que teve início em 2012.

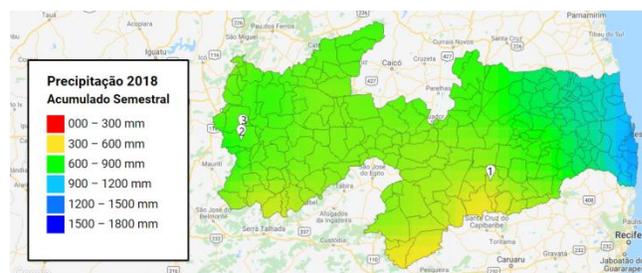


Figura 1 Dados de precipitação do 1º semestre de 2018 do estado da Paraíba. Fonte: GMap/Google Earth Engine

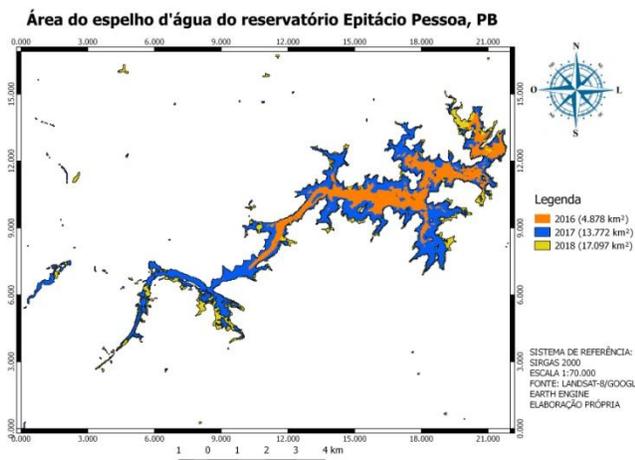
Mesmo que a distribuição das chuvas tenha sido mais regular em 2018, a recuperação dos reservatórios foi desigual. A tabela 1 mostra a variação das áreas dos espelhos d'água em 2018 em relação a 2016, quando os reservatórios tiveram os menores volumes de água. Enquanto os reservatórios que passaram a receber as águas da TSF tiveram aumento de 250% e 127%, respectivamente, os açudes Mãe d'Água e Corema diminuíram suas áreas em 2018.

**Tabela 1 Área dos Espelhos d'água dos reservatórios da Paraíba em km<sup>2</sup>**

Reservatório	2016	2017	2018	variação 2018/2016
Epitácio Pessoa	4.878	13.772	17.097	250,5
Engenheiro Ávidos	3.627	2.359	8.236	127,1
Mãe d'Água e Curema	18.884	12.346	15.948	-15,5

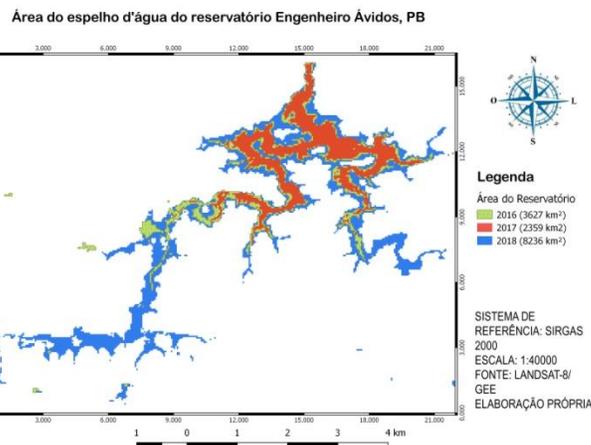
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Landsat 8

A figura 2 mostra a recuperação parcial do reservatório Epitácio Pessoa com a chegada das águas do rio São Francisco a partir de abril de 2017. A área detectada pela imagem Landsat-8 era de 4,8 mil km<sup>2</sup> em 2016, aumentou para 13,7 mil km<sup>2</sup> em 2017 e alcançou 17 mil km<sup>2</sup> em Julho de 2018. Em termos de volume, o reservatório que estava com 3% de sua capacidade em março de 2017, passou para 10% em dezembro do mesmo ano e mais de 30% em meados de 2018 (ANA, 2018) [7]. Com a chegada das águas foi possível reduzir o regime de racionamento de água na região de Campina Grande (MIN, 2018)[8].



**Figura 2** Mapa do espelho d'água do reservatório Epitácio Pessoa, PB. Fonte: Landsat 8/Google Earth Engine

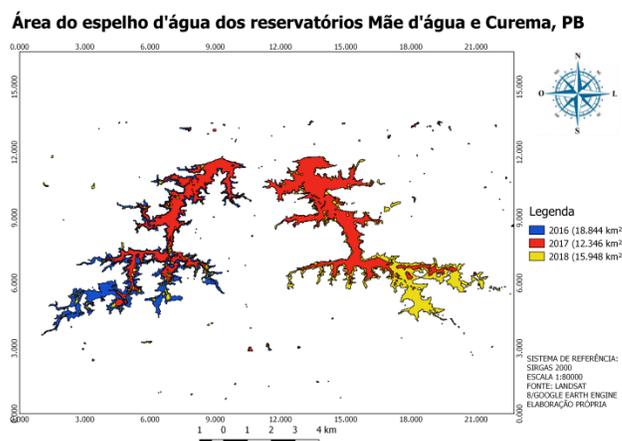
Pode-se verificar na figura 3 que a área do reservatório Engenheiro Ávidos, localizado no município de Cajazeiras, aumentou de 2,3 para 8,2 mil km<sup>2</sup> entre 2017 e 2018. As águas da TSF chegaram pelo eixo norte em 2018 passando pelo município Brejo Santo no Ceará. O reservatório tem a capacidade máxima de 255 milhões de m<sup>3</sup>. Em meados de 2016 o volume era de 7%, caiu para 5% em 2017 e só voltou a subir a partir de Abril de 2018, chegando a 25% em Julho (ANA, 2018).



**Figura 3.** Mapa do espelho d'água do reservatório Engenheiro Ávido, PB. Fonte: Landsat 8/Google Earth Engine

A figura 4 mostra uma situação diferente dos reservatórios Mãe d'água e Corema do oeste da Paraíba que abastecem mais de cem municípios e tem capacidade de 1 bilhão de m<sup>3</sup>. Em 2017 estes açudes estavam em obras para receber as águas do São Francisco que chegarão pelo rio Piancó. Os dois reservatórios ocupavam uma área de 18,8 mil km<sup>2</sup> em 2016 e diminuiu para 12,3 mil km<sup>2</sup> em 2017. Houve aumento da área do reservatório Corema (à direita) em 2018, ainda assim a soma das áreas dos dois reservatórios ficou menor que a de 2016. As precipitações abaixo de 600 mm em 2017 e 2018 não foram suficientes para causar uma recuperação significativa do volume nos dois reservatórios. O volume do reservatório Corema era de 7% da capacidade em meados de 2016 e de 2017 e aumentou para 15% em junho de 2018 (ANA, 2018). Como a parte do eixo norte não foi concluída, pode-se atribuir às chuvas um pequeno aumento de volume do Corema.

Em comparação com os reservatórios que já foram integrados ao sistema de TSF, percebe-se que a recuperação destes açudes são mais evidentes do que aqueles que dependeram somente do volume de chuva.



**Figura 4.** Mapa do espelho d'água dos reservatórios Mãe d'água e Corema, PB. Fonte: Landsat 8/Google Earth Engine

#### 4. DISCUSSÃO

Os mapas mostram o aumento da área do espelho d'água nos reservatórios que receberam as águas da TSF. O monitoramento dos corpos d'água através de imagens de satélites permite demonstrar os benefícios da TSF em face da crise hídrica que assola a região semiárida do Brasil. Este produto do Sensoriamento Remoto pode contribuir para o aperfeiçoamento da gestão das águas visando o atendimento de demandas de abastecimento para consumo humano e setor produtivo e gerenciamento de conflitos entre usuários. Na prática não há um controle eficaz das áreas que usam água na agricultura. Segundo a ANA, existe uma carência de dados sobre agricultura irrigada para fiscalizar o uso da água que demandou a elaboração do estudo Atlas Irrigação (2017, p.23) [9]. Entretanto, não há um monitoramento da dinâmica do uso da água na agricultura irrigada com dados anuais.

Devido à variabilidade climática na região semiárida com médias pluviométricas abaixo dos 700 mm, distribuição espacial irregular e secas periódicas, faz-se necessário um aperfeiçoamento do sistema de monitoramento dos recursos hídricos mediante a utilização de dados de satélites capaz de cobrir extensas áreas e possa medir a variação dos espelhos d'água e estimar o volume de água. Existem diferentes metodologias como o Índice Normalizado de Diferença de Água (NDWI) que usa as bandas do verde e do infravermelho próximo ou infravermelho médio. Namikawa (2015) propõe uma metodologia que estime tanto a área quanto a variação de volume entre duas imagens com base na documentação técnica de cada reservatório (Namikawa, 2015, p.4834) [9].

#### 5. CONCLUSÕES

Considerando que a seca prolongada reduziu a quantidade de água disponível nos reservatórios levando a uma crise hídrica, a chegada das águas da TSF tem sido crucial para amenizar a crise no abastecimento da população do semiárido. Este trabalho mostra diferentes situações dos reservatórios da Paraíba em razão da conclusão das obras do eixo leste com aumento dos espelhos d'água dos açudes que receberam as águas do rio São Francisco.

Em virtude do número elevado de reservatórios existentes na região Nordeste, a utilização de imagens de satélite é fundamental para monitorar os corpos d'água e mensurar os efeitos da transposição nos principais reservatórios que abastecem milhões de pessoas e a agricultura irrigada. O monitoramento dos espelhos d'água poderia facilitar o trabalho das agências estaduais e federais de gestão de águas, sobretudo na região semiárida onde a problemática de escassez de água é permanente.

#### 6. REFERÊNCIAS

[7] Agência Nacional de Águas (ANA). Sistema de Acompanhamento de Reservatórios. Disponível em: <http://sar.ana.gov.br>, acesso em 02 de Outubro de 2018.

[9] Agência Nacional de Águas (ANA). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017.

[3] CARVALHO, G. M. B. de S.; SOARES, A. M. L.; ALMEIDA, M. A. G.; CRUZ, M. L.B.; MARTINS, M. L. R.; SOARES, Z. M. L.. 1988. Monitoramento dos espelhos d'água dos açudes do Estado do Ceará. Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN, Brasil.

[6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estimativa da população de Campina Grande. Banco de dados Cidades@, 2018.

[2] Jornal do Comercio de Comunicação. ANA define tarifas da operação de transposição do São Francisco. Disponível em: <https://jconline.ne10.uol.com.br/canal/economia/peernambuco/noticia/2018/09/20/ana-define-tarifas-da-operacao-da-transposicao-do-sao-francisco-355417.php>

Jornal G1. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/aguas-da-transposicao-chegam-ao-acude-de-boqueirao-no-cariri-da-paraiba.ghtml>, acesso em 02 de Outubro de 2018.

[1] FOLHES, M.T. Uma aplicação da banda termal do TM/Landsat-5 no gerenciamento dos recursos hídricos. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, p.3009-3016, 2005.

[4] FRAZIER P.S.; PAGE, K. J.. 2000. Water body detection and delineation with landsat TM data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66 (12): 1467-1467.

[8] Ministério da Integração Nacional (MIN). Projeto de Integração do São Francisco. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/o-andamento-das-obras>, acesso em 8 de Outubro de 2018.

[9] NAMIKAWA, L.M. Imagens Landsat 8 para Monitoramento de Volume de Água em Reservatórios: Estudo de Caso nas Barragens Jaguari e Jacaref do Sistema Cantateira. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa-PB Brasil, p.4828-4835, 2015.

[5] PINTO, G. R. M. e CENTENO, J. A. S. Monitoramento do espelho d'água da represa do Vossoroca entre 2010-2015 usando dados Landsat. Rev. Bras. Geom., v.4, n. 3, p.163-168, set/dez. 2016.