

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ANÁLISE DOS ESPELHOS D'ÁGUA DOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS DO RIO GRANDE DO NORTE

Antônio Helton da Silva Barbosa¹, Miguel Dragomir Zanic Cuellar², Kátia Alves Arraes³,
Melquisedec Medeiros Moreira⁴

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - Centro Regional do Nordeste - CRN, Rua Carlos Serrano, 2073, Lagoa Nova - CEP: 59076-740, Natal-RN, Brasil.

¹antonio.s.barbosa@inpe.br; ²miguel.cuellar@inpe.br; ³katia.araes@inpe.br; ⁴melquisedec.moreira@inpe.br

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi mapear e analisar os espelhos d'água dos principais reservatórios das bacias hidrográficas dos rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu a fim de investigar a dinâmica de expansão e redução dos espelhos d'água durante os últimos anos de seca. Dessa forma, foi utilizada uma série temporal de imagens do Landsat 7 e 8, compreendendo um período de seis anos, de 2012 a 2017. A partir desta análise espaço-temporal foi possível estimar a dinâmica de ganho e perda de área apresentada pelos espelhos d'água. Assim, os resultados podem contribuir para a compreensão de como os reservatórios estão respondendo aos eventos da seca, auxiliando os gestores na tomada de decisão, nos processos de planejamento ambiental, no abastecimento e também na implantação de políticas públicas voltadas a convivência com a seca no semiárido potiguar.

Palavras-chave — Semiárido, Recursos Hídricos, Bacias Hidrográficas.

ABSTRACT

The objective of this research was to map and analyze the water mirrors of the main reservoirs of the Apodi / Mossoró and Piranhas / Assu river basins in order to investigate the dynamics of expansion and reduction of water mirrors during the last years of drought. Thus, a time series of images of Landsat 7 and 8 was used, comprising a period of six years, from 2012 to 2017. From this space-time analysis it was possible to estimate the gain and loss dynamics of the area presented by the water mirrors. Thus, the results can contribute to the understanding of how reservoirs are responding to drought events, helping managers in decision making, environmental planning processes, supply and also the implementation of public policies aimed at coexisting with drought in the potiguar semi-arid.

Key words — Semi-arid, Water Resources, Watersheds.

1. INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto tem se mostrado uma tecnologia importante, firmando-se como uma eficiente ferramenta para o monitoramento, controle e análise de recursos

naturais em geral, pois têm a capacidade de fazer a coleta de dados da superfície e também da dinâmica da paisagem, sem perturbar o ambiente [1]. Além disso, ainda é capaz de analisar extensas áreas em menor tempo e com menor custo.

Nessa perspectiva e em meio a crise hídrica que afetou várias regiões do Brasil nos últimos anos, as reservas hídricas superficiais vêm sendo bastante estudadas por meio desta técnica devido a sua importância para o suporte a vida e desenvolvimento socioeconômico. Um exemplo são as aplicações em pesquisas para o monitoramento do volume de água em reservatório utilizando imagens do satélite Landsat 8 [2], geração de informações necessárias para o gerenciamento de sistemas complexos hidrológicos, e mapeamento dos espelhos d'água do estado do Ceará [3].

Assim, os produtos do sensoriamento remoto têm apresentado grandes aplicabilidades para o monitoramento e gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi mapear e analisar, por meio de Sensoriamento Remoto, a dinâmica de expansão e redução dos espelhos d'água dos principais reservatórios das bacias hidrográficas dos rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu a fim de investigar a dinâmica de ganho e perda de área apresentada pelos reservatórios durante os últimos seis anos de seca, compreendendo os anos de 2012 a 2017.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo são os principais reservatórios das duas maiores bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte, inseridas geograficamente na porção semiárida. O Estado está dividido em dezesseis bacias hidrográficas, sendo a Apodi/Mossoró (14.276,00 Km²) e Piranhas/Assu (17.498,50 Km²) as maiores em área e disponibilidade hídrica superficial (Figura 1), com aproximadamente 97,6% da disponibilidade concentrada nas bacias Apodi/Mossoró (21,5%) e Piranhas/Assu (76,1%), ocupando quase 70% do território do semiárido potiguar [4].

Nessas bacias, foram construídos vários reservatórios a fim de se criarem reservas hídricas superficiais e promover o uso múltiplo das águas nessa região. Com isso, alguns trechos dos rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu foram perenizados a jusante das barragens com maior capacidade

hídrica, Santa Cruz do Apodi e Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves.

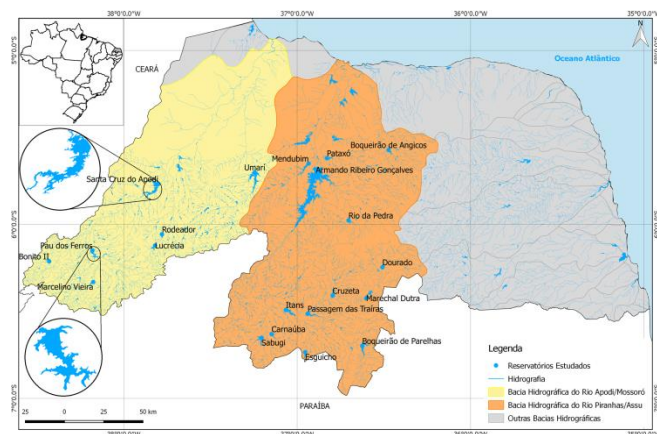


Figura 1. Localização dos reservatórios estudados.

Nessas bacias, foram construídos vários reservatórios a fim de se criarem reservas hídricas superficiais e promover o uso múltiplo das águas nessa região. Com isso, alguns trechos dos rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu foram perenizados a jusante das barragens com maior capacidade hídrica, Santa Cruz do Apodi e Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves.

Desse modo, foram mapeados os reservatórios estratégicos para o abastecimento da porção semiárida do estado e que possuem capacidade hídrica acima de 10 milhões de metros cúbicos. Tais informações foram coletadas a partir de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH).

2.2 Geoprocessamento dos dados

A proposta para analisar como as principais reservas hídricas superficiais do Rio Grande do Norte se comportaram durante os últimos anos de precipitações abaixo da média foram utilizadas as plataformas *Google Earth Engine* (GEE) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS.

No GEE, foram carregadas imagens dos satélites Landsat 7 para os anos de 2012 e 2013 e, Landsat 8 para os anos de 2014 a 2017, todas referentes ao mês de janeiro, em virtude deste mês dar início ao período chuvoso na região. Logo depois, foi realizada a composição colorida RGB 3,4,5 para L7 e 6,5,4 para L8.

Em seguida, para determinar áreas com água, denominados “espelhos d’água” foi utilizado o método de converter a imagem RGB para HSV (IHS ou HLS) (*Intensity*, *Hue*, *Saturation*), e criar uma imagem pancromática utilizando a componente *Hue* [5], conforme o *script* a seguir.

A extração dos corpos d’água por meio desta técnica consiste em desagregar a informação espectral nas

componentes matiz (*Hue*) e saturação (*Saturation*), e a espacial na componente intensidade (*Intensity*), contribuindo no realce de objetos e feições [6].

```
var imagemHsv = mosaico.select(['B6', 'B5', 'B4']).rgbToHsv();
var hueBanda = imagemHsv.select('hue');
//Intervalo normal para Agua (0.1 a 0.92) usando B654
var agua = hueBanda.updateMask(hueBanda.lte(0.92));
agua = agua.updateMask(agua.gt(0.4));
var imagemAgua = ee.Image(1).updateMask(agua);
```

Dessa forma, foi utilizada a banda matiz, ou seja, o componente *Hue* para gerar uma imagem pancromática com informações sobre os alvos de superfície onde os corpos d’água se diferenciam dos outros alvos, facilitando o processo de identificação e extração dos espelhos d’água.

Posteriormente, foram exportados do GEE as imagens correspondentes aos valores de *Hue* e água (espelhos d’água) da área de estudo. Em seguida, os dados matriciais foram importados para o SIG QGIS para a etapa de processamento e quantificação das áreas dos espelhos d’água. Assim, foi possível realizar uma análise visual preliminar sobre a dinâmica de contração e expansão dos corpos d’água ao longo dos seis anos mapeados, bem como as análises quantitativas dessas mudanças.

Por fim, de posse dos dados de área ocupada, foram elaborados gráficos e mapas temáticos sobre o histórico dos espelhos d’água. O mapeamento e quantificação das áreas permitiram examinar o comportamento dos espelhos d’água nos 21 reservatórios estudados, sendo sete na bacia do rio Apodi/Mossoró e quatorze na Piranhas/Assu. Os resultados de todo o mapeamento estão disponíveis no site: http://geopro.crn.inpe.br/RH_reser_RN.htm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises indicaram que dos sete reservatórios mapeados na bacia do Rio Apodi/Mossoró, apenas as Barragens de Santa Cruz do Apodi, Rodeador e Umarí mantiveram os espelhos d’água durante o período analisado. Entre os reservatórios citados, Rodeador apresentou a maior redução, chegando a perder quase 80% de sua área (Tabela 1).

A Tabela 1 mostra o valor das áreas mapeadas para os meses de janeiro de cada ano, com a diferença percentual da área de espelho d’água perdida durante o período pesquisado, assim como a capacidade hídrica dos reservatórios.

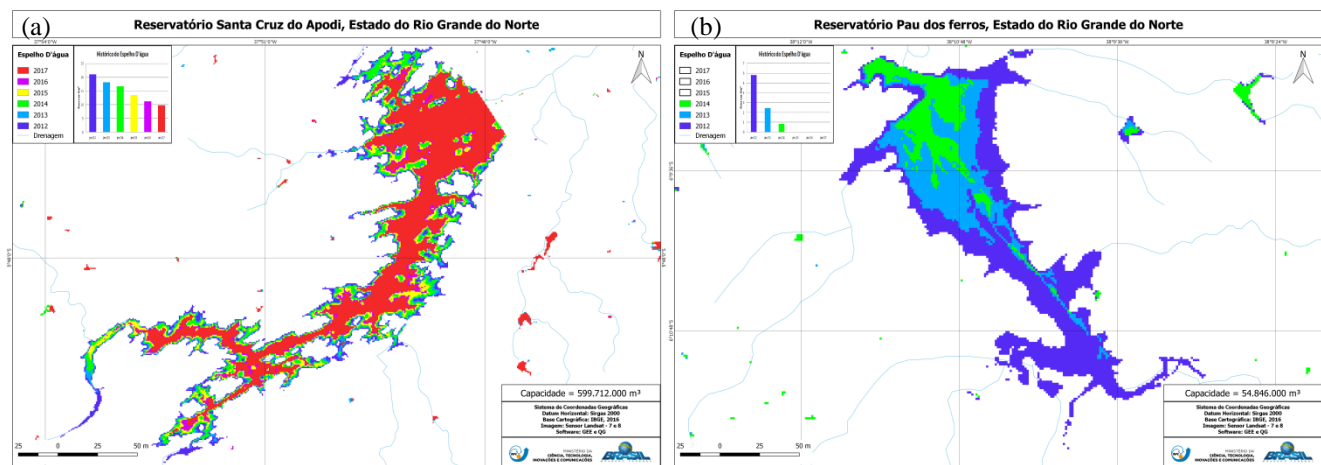
O reservatório de Santa Cruz do Apodi (Figura 2) apresentou uma redução de aproximadamente 54%, já Umarí mostrou redução de 70%. Cabe destacar que ambas possuem as maiores capacidades hídricas desta bacia, 599 milhões de metros cúbicos e 292 milhões de metros cúbicos, respectivamente, estando localizadas no médio curso da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. A quantidade de água armazenada nesses mananciais é, sem dúvida, um dos fatores que contribuíram diretamente para o cenário de manutenção dos espelhos d’água durante o período analisado.

Tabela 1. Capacidade hídrica e área dos espelhos d'água dos reservatórios da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró.

Reservatórios	Capacidade (m ³)	Área Km ² dos Espelhos D'Água						% Área Reduzida
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Bonito II	10.865.000	0.66	0.24	0.14	0.00	0.00	0.00	100.00
Lucrécia	24.754.574	2.64	1.54	1.11	0.09	0.00	0.00	100.00
Marcelino Vieira	11.200.125	1.86	1.39	1.13	0.25	0.00	0.00	100.00
Pau dos Ferros	54.846.000	5.82	2.42	0.84	0.00	0.00	0.00	100.00
Santa Cruz do Apodi	599.712.000	21.02	18.14	16.74	13.46	11.25	9.80	53.38
Rodeador	21.403.850	1.63	1.42	1.33	1.00	0.78	0.33	79.75
Umarí	292.813.650	17.32	16.64	13.44	8.06	4.79	5.11	70.50

A montante das barragens citadas anteriormente, no alto curso do rio Apodi/Mossoró, as barragens de Bonito II e Pau dos Ferros (Figura 2) apresentaram ausência do espelho d'água a partir do período de 2015, e assim se mantiveram até janeiro de 2017. Já as barragens de Lucrécia e Marcelino Vieira retrataram esse cenário de perda total somente para o período de 2016 e 2017.

As informações de ausência de espelho d'água verificadas nesta pesquisa corroboram com as dados de falta d'água e dos níveis críticos de volume dos reservatórios do semiárido potiguar disponibilizadas pela sistema Olho n'Água [7]. Deste modo, esses reservatórios secaram completamente durante o período de análise e/ou apresentaram área inferior a resolução espacial utilizada.

**Figura 2. Mapa dos espelhos d'água dos reservatórios da bacia Apodi/Mossoró. (a) Santa Cruz do Apodi; (b) Pau dos Ferros.**

Da mesma maneira, pesquisas recentes reafirmam o baixo nível dos reservatórios ao analisar o volume de água existente nos principais açudes e barragens do Estado [8].

A realidade é que, além da ocorrência de precipitações abaixo da média e intensificação da seca nos últimos anos, a baixa capacidade hídrica em relação aos demais reservatórios, pouco mais de 50 milhões de metros cúbicos, pode ser a explicação para o quadro de escassez de água das reservas hídricas.

No contexto geral, é necessário destacar que na bacia do rio Apodi/Mossoró somente o reservatório de Umarí apresentou aumento de seu espelho d'água, fato ocorrido no ano de 2017 em relação ao de 2016. Esse comportamento, pode estar ligado a eventos de chuvas concentradas nas sub-bacias ligadas a esse reservatório.

Na bacia do Rio Piranhas/Assu, maior bacia hidrográfica do Estado, foram analisadas quatorze barragens. A exemplo do que houve na bacia do rio Apodi/Mossoró, as barragens com baixa capacidade hídrica da bacia Piranhas/Assu também apresentaram grande dificuldade para manter seus espelhos d'água ao longo do período analisado. Assim, mais da metade dos reservatórios

apresentaram reduções superiores a 70%, conforme pode ser observado na tabela 2.

Nesse contexto, as barragens de Cruzeta e Dourado, ambas com capacidade hídrica inferior a 25 milhões de metros cúbicos, apresentaram redução total em seus espelhos d'água durante o período analisado. O primeiro reservatório, apresentou redução no ano de 2017, perdendo 100% de sua área. Já o segundo, apesar de apresentar redução total no ano de 2015, veio a exibir grande crescimento de sua área no período de 2016, chegando a valores próximos ao ano de 2012, conforme é apresentado na Tabela 2.

Ainda com relação a dinâmica de ganho e perda de área dos espelhos d'água, o reservatório de Pataxó revelou um expressivo crescimento nos três últimos anos. Esses eventos de crescimento, contribuíram para que ele exibisse a menor redução de área, pouco mais de 5%, entre todos os reservatórios analisados, mesmo possuindo capacidade hídrica inferior a 16 milhões de metros cúbicos. Esse fato isolado, pode ter ocorrido como resultado de precipitações concentradas em suas regiões hidrográficas durante os últimos anos.

Tabela 2. Capacidade hídrica e área dos espelhos d'água dos reservatórios da bacia hidrográfica do rio Piranhas/Assu.

Reservatórios	Capacidade (m ³)	Área Km ² dos Espelhos D'Água					% Área Reduzida	
		2012	2013	2014	2015	2016		2017
Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	2.400.000.000	140.36	98.65	89.19	74.91	60.08	50.05	64.34
Boqueirão de Angicos	16.018.308	2.31	1.19	0.72	0.44	0.31	0.43	81.39
Boqueirão de Parelhas	84.792.119	6.89	4.25	3.83	2.61	3.64	2.91	57.76
Carnaúba	25.710.900	1.27	0.22	0.07	0.02	0.01	0.29	77.17
Cruzeta	23.545.745	3.78	0.98	0.43	0.49	0.09	0.00	100.00
Dourado	10.321.600	1.24	0.23	0.02	0.00	1.20	0.27	78.23
Esguicho	27.937.310	2.32	1.18	0.73	0.38	0.26	0.20	91.38
Itans	81.750.000	7.23	3.38	2.27	1.15	0.33	0.14	98.06
Marechal Dutra	44.421.480	5.14	2.14	1.01	0.03	0.15	0.02	99.61
Mendubim	76.349.500	7.15	5.60	4.82	3.35	2.15	5.75	19.58
Passagem das Traíras	49.702.394	4.89	1.52	0.83	0.15	0.30	0.10	97.96
Pataxó	15.017.379	2.70	1.33	0.62	3.30	2.53	3.13	5.15
Rio da Pedra	13.602.215	1.62	0.87	0.66	0.34	0.14	0.03	98.15
Sabugi	65.334.880	6.35	2.18	2.03	1.84	0.88	1.32	79.21

Sob a perspectiva da expansão do espelho d'água, outros reservatórios apresentaram crescimento em relação as perdas dos anos anteriores. São eles: Boqueirão de Angicos, Boqueirão de Parelhas, Carnaúba, Marechal Dutra, Mendubim, Passagem das Traíras, Pataxó e Sabugi.

Por outro lado, os reservatórios de Rio da Pedra, Itans e Esguicho, apresentaram reduções gradativas de seus espelhos d'água ao longo do período estudado. Essa conjuntura, provocou perdas significativas, acarretando na redução de mais de 90% de suas áreas.

Comportamento semelhante de redução progressiva provocou também a diminuição de mais de 64% do espelho d'água do reservatório Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, maior do estado, com aproximadamente 2 bilhões e 400 milhões de metros cúbicos.

O fato é que a dinâmica de expansão e redução dos espelhos d'água foram relacionados nesta pesquisa como uma consequência direta aos eventos de precipitação, sejam elas acima ou abaixo da média. Contudo, as características climáticas, geológicas e hidrológicas de cada bacia, assim como suas formas de usos múltiplos, podem ter contribuído diretamente para os cenários apresentados. Além disso, medidas operacionais de controle de vazão ou até mesmo restrições de uso, racionamentos etc., produzem efeitos diretos sobre as reservas hídricas superficiais.

5. CONCLUSÕES

De maneira geral, todos os 21 reservatórios tiveram redução em sua área em algum momento do período analisado. Desse montante, 10 apresentaram redução progressiva ao longo do tempo, sendo que os 6 seguintes mantiveram a presença do espelho d'água: Santa Cruz do Apodi, Rodeador, Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, Esguicho, Itans e Rio da Pedra, e 4 reservatórios chegaram ao desaparecimento total da sua lâmina d'água (Bonito II, Lucrécia, Marcelino Vieira e Pau dos Ferros).

Os resultados desta pesquisa podem ajudar a entender melhor como as reservas hídricas superficiais estão respondendo aos eventos de seca extrema e auxiliar na tomada de decisão e gerenciamento das águas, subsidiando

políticas e planejamentos de abastecimento, como por exemplo, a construção de novos sistemas de adutoras e açudes, o que pode aumentar a capacidade de enfrentar problemas relacionados a oferta de recursos hídricos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e ao INPE pelo fomento à pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Florenzano, T. G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: *Oficina de Textos*, 2002. 97 p.
- [2] Namikawa, L. M. Imagens landsat 8 para monitoramento de volume de água em reservatórios: estudo de caso nas barragens Jaguari e Jacaréi do Sistema Cantareira. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2017.
- [3] Carvalho, M. S. B. S. *et al.* Mapeamento dos espelhos d'água do estado do Ceará no ano de 2013. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18. (SBSR), 2017, Santos. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2017.
- [4] Agência Nacional de Águas. *Programa Estadual de Desenvolvimento Sustentável e Convivência com o Semiárido Potiguar: Relatório de Avaliação do Programa*. Governo do estado do Rio Grande do Norte. Secretaria do estado dos Recursos Hídricos. «Projeto Para a água/Semiárido». Natal, nov. de 2005.
- [5] Darwish, A; Leukert K; Reinhardt, W. Image segmentation for the purpose of object based classification. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Neubiberg: 2003.
- [6] Florenzano, T. G. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. São Paulo: *Oficina de Textos*, 2011. 11 p.
- [7] Instituto Nacional do Semiárido. *Sistema Olho N'Água*. Disponível em: <<https://olhonagua.insa.gov.br>>. Acesso em: 06 de set. 2018.
- [8] Troleis, A. L. e Silva, B. L. A crise hídrica e a produção produtiva no Rio Grande do Norte. *Confins*, 34, 2018. Artigos, p. 5400-5407.