



Rio Apodi-Mossoró

meio ambiente e planejamento



Rodrigo Guimarães de Carvalho
Organizador



Rodrigo Guimarães de Carvalho
Organizador

Rio Apodi-Mossoró

meio ambiente e planejamento





Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Reitor

Pedro Fernandes Ribeiro Neto

Vice-Reitor

Fátima Raquel Rosado Moraes

Diretora de Sistema Integrado de Bibliotecas

Jocelânia Marinho Maia de Oliveira

Chefe da Editora Universitária – EDUERN

Anairam de Medeiros e Silva



Conselho Editorial das Edições UERN

Emanoel Márcio Nunes

Isabela Pinheiro Cavalcante Lima

Diego Nathan do Nascimento Souza

Jean Henrique Costa

José Cezinaldo Rocha Bessa

José Elesbão de Almeida

Ellany Gurgel Cosme do Nascimento

Wellington Vieira Mendes

**Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Rio Apodi-Mossoró [recurso eletrônico] : Meio ambiente e planejamento / Rodrigo Guimarães de Carvalho (Organizador). – Mossoró – RN: EDUERN, 2021.
330p. : il., PDF

ISBN: 978-65-88660-84-3

1. Meio Ambiente. 2. Planejamento. 3. Rio Apodi-Mossoró. I. Carvalho, Rodrigo Guimarães de. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

Bibliotecário: Petronio Pereira Diniz Junior CRB 15 / 782

CAPÍTULO 9

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DOS ESPELHOS D'ÁGUA DE RESERVATÓRIOS DO RIO GRANDE DO NORTE

Antônio Helton da Silva Barbosa

Miguel Dragomir Zanic Cuellar

Melquisedec Medeiros Moreira

Kátia Alves Arraes

Camila Saiury Pereira Silva

Introdução

Nos últimos anos em meio à crise hídrica que afetou várias regiões do Brasil, em particular a região semiárida no período de 2012 a 2017, as reservas hídricas superficiais vêm sendo constantemente monitoradas, devido a sua importância como suporte à vida e ao desenvolvimento socioeconômico.

Por se tratar de um tema de grande relevância, visto que os recursos hídricos são imprescindíveis para a humanidade, o monitoramento periódico dos sistemas hídricos é essencial para promover o gerenciamento adequado das águas. Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto oferece uma gama de alternativas para a observação contínua deste recurso natural, permitindo diversas aplicações, como a detecção, o mapeamento, e a caracterização bio-óptica dos corpos d'água em larga escala (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019). Além disso, ainda é capaz de analisar extensas áreas em menor tempo e com melhor custo-benefício.

A utilização do Sensoriamento Remoto para o estudo e monitoramento dos recursos hídricos é bastante diversificado e de grande relevância. Um exemplo são as aplicações em pesquisas para o monitoramento do volume de água em reservatórios utilizando imagens do satélite Landsat 8 (NAMIKAWA, 2015),

mapeamento dos espelhos d'água do Brasil (MARTINS *et al.*, 2007) e mapeamento e análise dos espelhos d'água dos principais reservatórios do semiárido do Rio Grande do Norte (BARBOSA *et al.*, 2019).

Outro exemplo, para o Rio Grande do Norte, foi a Tese de Doutorado “Mapeamento geotécnico e reconhecimento dos recursos hídricos e do saneamento da área urbana do Município de Natal-RN: subsídios para o plano diretor” (MOREIRA, 2002 e MOREIRA *et al.*, 2018), em que foram usadas técnicas de Sensoriamento Remoto/Geoprocessamento para poder traçar um modelo do aquífero que abastece a cidade. Com essas informações espacializadas em ambiente de geoprocessamento, é possível fazer simulações no sentido de garantir à boa utilização do aquífero.

Assim, os produtos do Sensoriamento Remoto têm apresentado grandes aplicabilidades para o monitoramento e gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, o objetivo deste estudo 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 superfície de água apresentada pelos reservatórios durante os últimos seis anos de seca, compreendendo o período de 2012 a 2017.

Metodologia

Caracterização da área de estudo

A área objeto deste estudo (Figura 1) são os principais reservatórios das duas maiores bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Norte, as bacias hidrográficas dos Rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu. Inseridas geograficamente na Região Semiárida Brasileira, estas duas bacias ocupam quase 70% do semiárido potiguar.

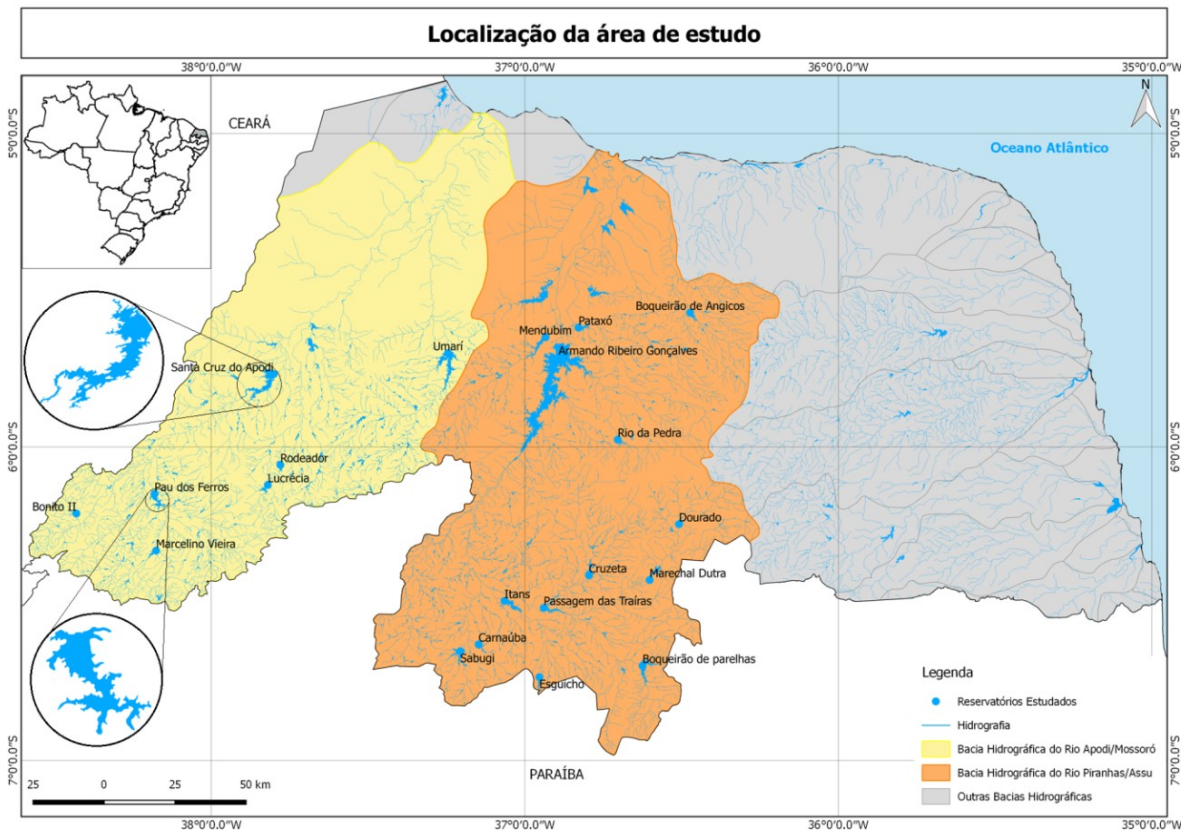
Atualmente, o Estado do Rio Grande do Norte é subdividido em dezesseis bacias hidrográficas, sendo a bacia do Rio Apodi/Mossoró (14.276,00 Km²) e do Rio Piranhas/Assu (17.498,50 Km²) as maiores em área bem como em disponibilidade hídrica superficial.

Sob esse aspecto, as bacias hidrográficas dos Rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu concentram respectivamente cerca de 21,5% e 76,1% da disponibilidade hídrica superficial do Estado, representando um montante de aproximadamente 97,6% (ANA, 2005).

Considerando a relevância hídrica de tais bacias hidrográficas para o Estado, foram construídos, ao longo do tempo, vários reservatórios a fim de garantir e promover o uso múltiplo das águas nesta região. Com isso, alguns trechos dos Rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu foram perenizados a jusante das

barragens com maior capacidade hídrica, ou seja, as barragens Santa Cruz do Apodi e Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves.

Figura 1 - Localização dos reservatórios estudados, com destaque para as barragens de Santa Cruz do Apodi e Pau dos Ferros



Fonte: Adaptado da SEMARH (2019).

Nesse estudo, foram considerados como principais reservatórios aqueles julgados estratégicos para o abastecimento da porção semiárida do Estado do Rio Grande do Norte 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), pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH).

Geoprocessamento dos dados

Para realizar o mapeamento espacial e temporal do comportamento das principais reservas hídricas superficiais do semiárido potiguar durante o período de 2012 a 2017, no qual foram registradas precipitações abaixo da média, utilizou-se a plataforma do Google Earth Engine (GEE) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio do software livre e gratuito QGIS. Como produtos do Sensoriamento Remoto foram utilizados conjuntos de imagens dos satélites Landsat 7 e Landsat 8.

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 marcar o início do período chuvoso na região. Logo depois, foi realizada a composição colorida R/G/B 3/4/5 para as imagens do satélite Landsat 7 e 6/5/4 para o Landsat 8.

Em seguida, para determinar áreas com superfície de 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* (DARWISH; LEUKERT; REINHARDT, 2003).

A extração dos corpos d’água por meio desta técnica consiste em desagregar a informação espectral das componentes matiz (*Hue*) e saturação (*Saturation*), e a espacial na componente intensidade (*Intensity*), contribuindo no realce de objetos e feições (FLORENZANO, 2011).

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 sequência, os dados matriciais foram importados para o sistema de informação geográfica 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 subsidiar as análises quantitativas de tais mudanças.

Por fim, de posse dos dados de área ocupada, foram elaborados gráficos e mapas temáticos sobre o comportamento espacial e temporal dos espelhos d’água. O mapeamento e a quantificação das áreas permitiram examinar a dinâmica dos espelhos d’água na região estudada.

Ao todo foram mapeados vinte e um reservatórios hídricos, sendo sete na bacia do Rio Apodi/Mossoró e quatorze na bacia do Rio Piranhas/Assu. Os resultados de todo o mapeamento realizado estão disponíveis no site institucional do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Centro Regional do Nordeste (INPE/CRN), por meio do link: http://geopro.crn.inpe.br/RH_reser_RN.htm.

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 Umari 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 total.

A Tabela 1 expõe a capacidade hídrica dos reservatórios estudados na bacia do Rio Apodi/Mossoró, bem como mostra área ocupada anualmente por cada espelho d'água mapeado e a redução em percentual dessas áreas durante o período estudado.

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

Reservatórios	Capacidade (m³)	Área Km² dos Espelhos D'Água						% Área Reduzida
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Bonito II	10.865.000	0.66	0.24	0.14	-	-	-	100.00
Lucrécia	24.754.574	2.64	1.54	1.11	0.09	-	-	100.00
Marcelino Vieira	11.200.125	1.86	1.39	1.13	0.25	-	-	100.00
Pau dos Ferros	54.846.000	5.82	2.42	0.84	-	-	-	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
Umari	292.813.650	17.32	16.64	13.44	8.06	4.79	5.11	70.50

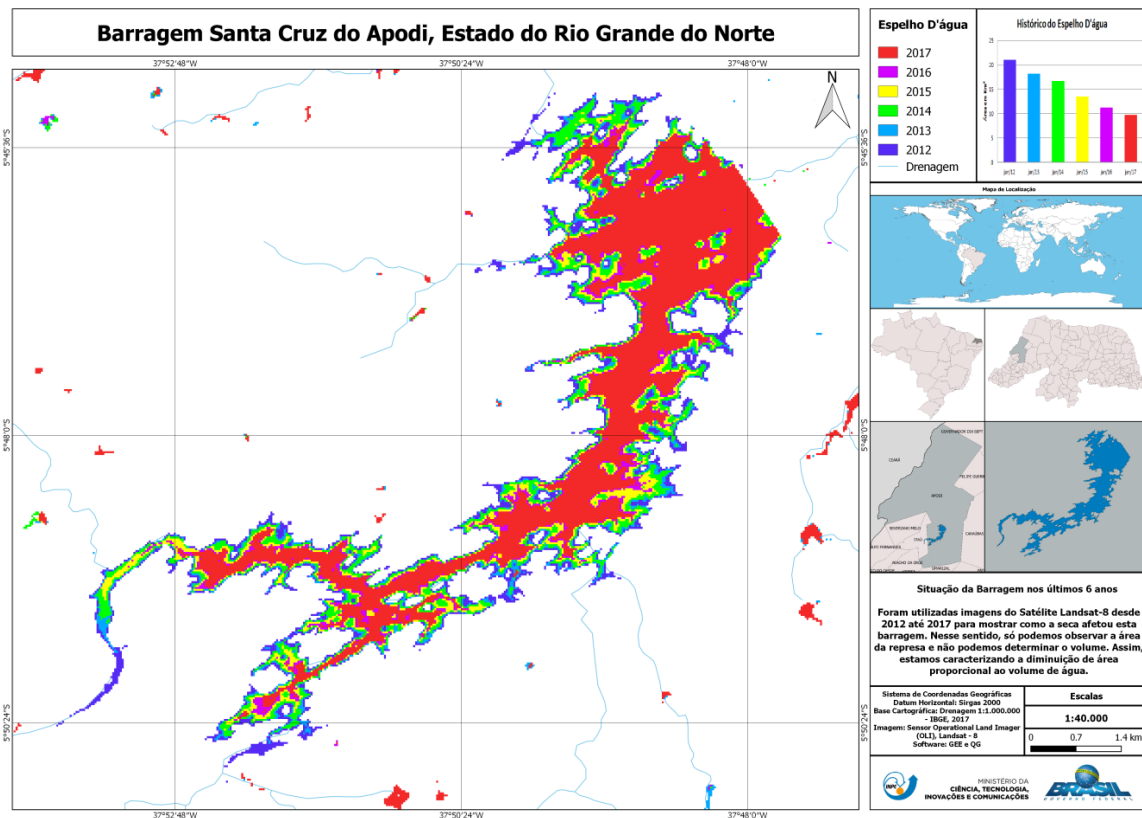
Fonte: Dados da Pesquisa.

O reservatório de Santa Cruz do Apodi (Figura 2) apresentou uma redução de aproximadamente 54% da área do espelho d'água. Já o reservatório de Umari demonstrou uma redução de cerca de 70%. Cabe destacar que ambos os reservatórios 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.

A montante das barragens citadas anteriormente, no alto curso do rio Apodi/Mossoró, as barragens de Bonito II e Pau dos Ferros (Figura 3) apresentaram ausência do espelho d'água a partir do período de 2015, e assim se mantiveram até janeiro de 2017. Já os reservatórios 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 os dados de falta d'água e dos níveis críticos de volume dos reservatórios do semiárido potiguar disponibilizadas pelo sistema Olho n'Água (INSA, 2018). Deste modo, esses reservatórios secaram completamente durante o período de análise e/ou apresentaram área inferior à resolução espacial utilizada.

Figura 2 - Mapa dos espelhos d'água do reservatório de Santa Cruz do Apodi, bacia Apodi/Mossoró.



Fonte: Resultados da Pesquisa.

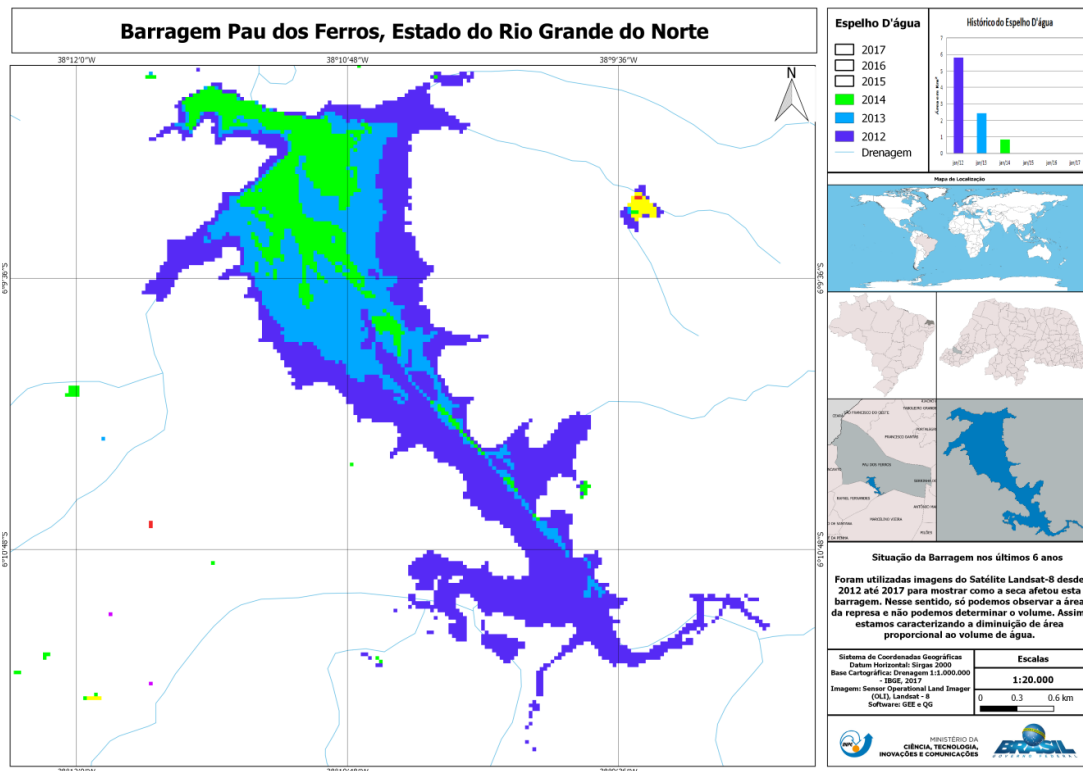
Da mesma maneira, pesquisas recentes reafirmam o baixo nível dos reservatórios ao analisar o volume de água existente nos principais açudes e barragens do Estado do Rio Grande do Norte (TROLEIS; SILVA, 2018).

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 nas reservas hídricas.

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

Na bacia hidrográfica do Rio Piranhas/Assu, a maior bacia do Estado, foram analisados quatorze reservatórios. A exemplo do que houve na bacia do Rio Apodi/Mossoró, os reservatórios 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.

Figura 3 - Mapa dos espelhos d'água do reservatório de Pau dos Ferros, bacia Apodi/Mossoró.



Fonte: Resultados da Pesquisa.

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

Reservatórios	Capacidade (m³)	Área Km² 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	-	100.00
Dourado	10.321.600	1.24	0.23	0.02	-	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

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os reservatórios de Cruzeta e Dourado, ambos 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, secou completamente no ano de 2017. Já o segundo, apesar de ter apresentado redução total no ano de 2015, veio a exibir grande crescimento de seu espelho

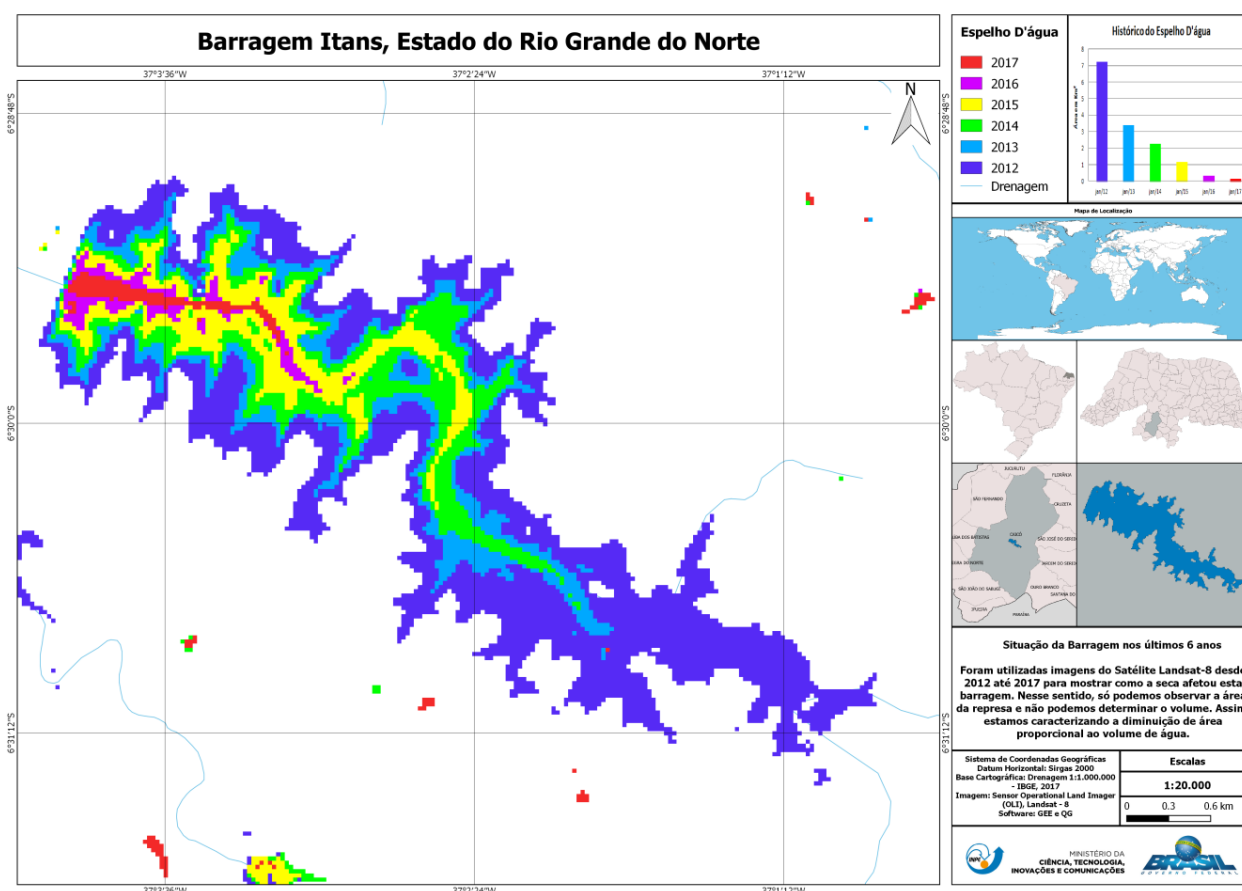
d'água no ano de 2016, chegando a valores próximos aos exibidos em 2012, conforme exposto na Tabela 2.

Ainda com relação à 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 o período analisado.

Sob a perspectiva da expansão do espelho d'água, outros reservatórios apresentaram crescimento ponderado em relação às 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 (Figura 4) e Esguicho, apresentaram reduções gradativas de seus espelhos d'água ao longo do período estudado. Essa conjuntura, provocou reduções significativas, acarretando na diminuição de mais de 90% de áreas ocupadas pelos espelhos d'água.

Figura 4 - Mapa dos espelhos d'água do reservatório de Itans, bacia Piranhas/Assu.



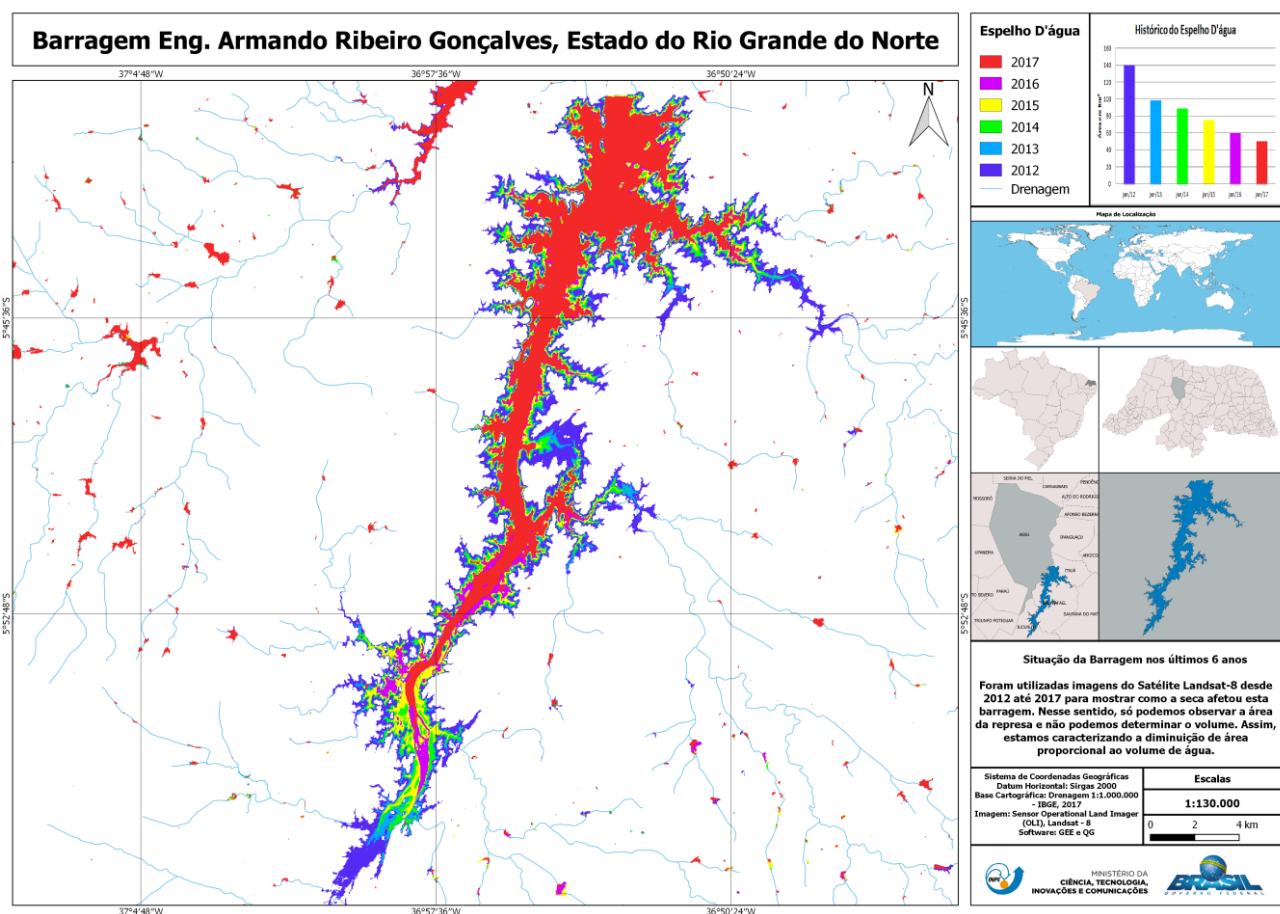
Fonte: Resultados da Pesquisa.

Comportamento semelhante de redução progressiva provocou também a diminuição de mais de 64% do espelho d'água do reservatório Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (Figura 5), 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 precipitações, sejam elas acima ou abaixo da média. Contudo, as características climáticas, geológicas, hidrológicas e do tamanho das áreas de drenagem 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. Assim, a perspectiva de baixa disponibilidade e escassez de água nos reservatórios pode levar a perdas econômicas e trazer insegurança alimentar para a região.

Figura 5 - Mapa dos espelhos d'água do reservatório de Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, bacia Piranhas/Assu.



Fonte: Resultados da Pesquisa.

Conclusões

A análise da dinâmica espaço-temporal de expansão e redução dos espelhos d'água por meio de Sensoriamento Remoto, demonstrou-se relevante na compreensão de como os reservatórios estão respondendo aos eventos de baixas precipitações provocadas pela seca histórica que atingiu o semiárido brasileiro no período de 2012 a 2017.

De maneira geral, todos os vinte e um reservatórios estudados tiveram alguma redução em seus espelhos d'água em momentos distintos no período analisado. Desse montante, dez apresentaram redução progressiva ao longo do tempo, no qual seis reservatórios mantiveram a presença do espelho d'água: Santa Cruz do Apodi, Rodeador, Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, Esguicho, Itans e Rio da Pedra; e quatro secaram completamente suas lâminas d'água, a saber: Bonito II, Lucrécia, Marcelino Vieira e Pau dos Ferros.

Os resultados deste estudo podem contribuir para a compreensão do comportamento das reservas hídricas superficiais sob eventos de seca extrema e, com isso, 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 à escassez de recursos hídricos.

Referências

- ANA. 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.
- BARBOSA A. H. S. *et al.*, Sensoriamento Remoto Aplicado a Análise dos Espelhos D'água dos Principais Reservatórios do Rio Grande do Norte. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. Anais eletrônicos... Campinas, GALOÁ, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/sensoriamento-remoto-aplicado-a-analise-dos-espelhos-d-agua-dos-principais-reservatorios-do-rio-grande-do-norte>>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- BARBOSA, C. C. F; NOVO, E. M. L; MARTINS, V.S. (2019). Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos. INPE São José dos Campos - SP, 178 p.
- DARWISH, A; LEUKERT K; REINHARDT, W. Image segmentation for the purpose of object based classification. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, Neubiberg: 2003.
- FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 11 p.
- INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Sistema Olho N'Água. Disponível em: <<https://olhonagua.insa.gov.br>>. Acesso em: 06 de set. 2018.
- MARTINS, E. S. P. R. *et al.* (2017). "Utilização de imagens CBERS para mapeamento dos espelhos d'água do Brasil" in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Abril. 2007, pp. 969-976.
- MOREIRA, M. M. (2002). Mapeamento Geotécnico e Reconhecimento dos Recursos Hídricos e do Saneamento da Área Urbana do Município de Natal-RN: Subsídios para o Plano Diretor. Tese (Doutorado em Geotécnica), Universidade de Brasília, Brasília, DF. 282 p.
- MOREIRA, M. M; *et al.* (2018). "Caracterização Geológico-Geotécnica e Piezometria do Aquífero Semi-Confinado Barreiras do Município de Natal - RN" In Anais do XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas/XXI Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Campinas, Nov. 2018, pp. 1-4.
- NAMIKAWA, L. M. Imagens landsat 8 para monitoramento de volume de água em reservatórios: estudo de caso nas barragens Jaguari e Jacareí do Sistema Cantareira. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2017.
- TROLEIS, A. L; SILVA, B. L. A crise hídrica e a produção produtiva no Rio Grande do Norte. Confins, 34, 2018. Artigos, p. 5400-5407.