

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE RADAR NO MAPEAMENTO SEMIAUTOMÁTICO DOS ESPELHOS D'ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACARAÚ-CEARÁ

Mauro Ricardo Roxo Nóbrega¹, Ticiania Rodrigues de Castro Torres¹, Manuel Rodrigues de Freitas Filho¹
Margareth Sílvia Benício de Souza Carvalho¹ e Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins¹

¹ Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME

Caixa Postal D-3221- CEP 60115-221 – Fortaleza – CE, Brasil

{mauro.nobrega, ticiania.castro, margareth, freitas}@funceme.br; espr.martins@gmail.com

RESUMO

O levantamento sistemático dos espelhos d'água é estratégico para o planejamento dos recursos hídricos no Ceará. Este mapeamento deve ser realizado o mais próximo possível do final da quadra chuvosa, quando ocorrem muitas nuvens. As imagens de radar são alternativas para mapeamentos nestas condições. O objetivo deste estudo foi testar um método simples de classificação semiautomática utilizando imagens de radar para tornar ágil e objetivo o mapeamento dos espelhos d'água. A área estudada corresponde à Bacia Hidrográfica do rio Acaraú. Utilizou-se imagens do sensor PALSAR. Foram discriminados números digitais de águas e foi realizada uma classificação por limiaridade. Foram utilizados mapeamentos pretéritos para a seleção das áreas de espelhos d'água. O mapeamento foi comparado com o método manual e demonstrou concordância e potencial redução temporal na aquisição das informações relativas aos espelhos d'água e o produto compatível com a escala cartográfica definida no Padrão de Exatidão Cartográfica, classe A.

Palavras-chave - monitoramento espelhos d'água, limiaridade, radar orbital.

ABSTRACT

The systematic mapping of the reservoirs is strategic for planning water resources in Ceará. This mapping should be performed as close as possible to the end of the rainy season when many clouds occur. Radar images are alternatives for mappings under these conditions. The objective of this study was to test a simple method of semiautomatic classification using radar images to make agile and objective the mapping of reservoirs. The studied area corresponds to the Acaraú River Basin. Images of the PALSAR sensor were used. Digital numbers of water were broken down and a threshold classification was performed. Previous mapping was used to select the areas of water mirrors. The mapping was compared with the manual method and demonstrated agreement and potential temporal reduction in the acquisition of the information related to the water mirrors and the product compatible with the

cartographic scale defined in the Brazilian Cartographic Accuracy Standard, class A.

Key words — *monitoring water mirrors, threshold, orbiting radar.*

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, no estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, possui uma área de aproximadamente 14.442 km² e contempla 38 municípios, cuja população estimada é de 1.147.408 habitantes [1]. Essa bacia possui relevância socioeconômica e ambiental, uma vez que nela está situado um dos principais polos industriais e educacionais do estado. Estudos realizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME constataram que 26% da bacia do rio Acaraú encontra-se ocupado com áreas fortemente degradadas em processo de desertificação [2][3].

Historicamente, o Ceará é marcado por cenários de secas prolongadas [4], com precipitações irregulares, temperaturas elevadas e conseqüentemente, altas valores de evapotranspiração, tornando complexo o planejamento dos seus recursos hídricos. Por conta disso, existe um grande anseio por levantamentos de informações acerca da sua situação hídrica, sobretudo da conjuntura dos seus açudes, tendo em vista que eles são a principal fonte para o abastecimento hídrico urbano, industrial e agrícola.

Neste sentido, a FUNCEME vem atuando frontalmente no combate à seca através de diversos projetos, dentre os quais se destacam o levantamento sistemático dos espelhos d'água e, mais recentemente, encontra-se em desenvolvimento o projeto Malha d'água, o qual tem como premissa ampliar a segurança hídrica do estado do Ceará.

Com relação ao levantamento sistemático dos espelhos d'água do estado do Ceará [5], [6], [7], [8], o método adotado nesses mapeamentos consiste em interpretações visuais dos alvos sobre imagens de média resolução espacial e partem da premissa que os objetos registrados nas imagens são aferidos por intermédio de chaves de comparação [9]. Esta abordagem é robusta, entretanto demanda expertise dos analistas, uma vez que as interpretações são empíricas e as atividades são desenvolvidas em equipe, além de requerer um grande espaço de tempo.

Algumas estratégias têm conferido resultados satisfatórios quando se ambiciona a extração automática de feições de corpos hídricos. As técnicas mais utilizadas estão associadas à índices de água, dentre estes, os índices *Normalized Difference Water Index* - NDWI e *Modified Normalized Difference Water Index* - MNDWI [10][11][12].

Visando um melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos do Ceará e com o objetivo de se obter o contorno dos espelhos d'água correspondente ao maior volume d'água acumulado ao longo do ano, este tipo de mapeamento no estado do Ceará deve ser realizado o mais próximo possível do final da quadra chuvosa, ou seja, entre os meses de Maio e Julho. No entanto, os altos índices de cobertura de nuvens que ocorrem neste período tem dificultado a execução dos mapeamentos com uso de imagens geradas por satélites que possuem sensores passivos, uma vez que eles utilizam os comprimentos de onda do visível e do infravermelho. Por conta disso, os levantamentos normalmente são elaborados em período posterior ao da quadra chuvosa, ou seja, entre os meses de Agosto e Outubro. Evidencia-se, então, a necessidade de novas abordagens que reduzam estes fatores limitantes.

As imagens de radar, em seu turno, têm apresentado resultados satisfatórios em estudos relativos aos recursos hídricos, como rios e lagos [13][14][15], sobretudo nas regiões próximas a linha do equador, onde os raios solares incidem de forma direta na terra, acarretando também uma alta evaporação e formação de nuvens [16]. Estes sensores trabalham nos comprimentos de ondas das micro-ondas que perpassam as nuvens e permitem que o mapeamento seja realizado em quaisquer condições meteorológicas.

Neste trabalho foram utilizadas imagens de RADAR datadas de 2009 em virtude que ao longo deste ano ter sido registrado no estado do Ceará a ocorrência de chuvas muito acima da média histórica, período em que os reservatórios cearenses ficaram com sua capacidade de armazenamento d'água acima de 90%.

O objetivo deste estudo é testar um método simples de classificação semiautomática utilizando imagens de radar, para tornar mais ágil e mais objetivo o mapeamento dos espelhos d'água.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, no estado do Ceará (figura 1). Está localizada no setor norte-ocidental do estado e tem como limites o Oceano Atlântico e as Bacias Hidrográficas do Coreaú, Litoral, Curú, Banabuiú, Sertão dos Crateús e Serra da Ibiapaba.

Foram utilizadas nove imagens do sensor PALSAR, a bordo do satélite ALOS, correspondentes aos *tiles* 39/7120, 40/7110, 39/7110, 40/7100, 39/7100, 40/7090, 39/7090 e 40/7080, captadas nas datas 19/06 e 21/08 de 2009. Estas imagens são oriundas da banda L, que utiliza o comprimento de onda de 23cm e possuem uma resolução espacial de 12,5m. Também foram exploradas três cenas do sensor

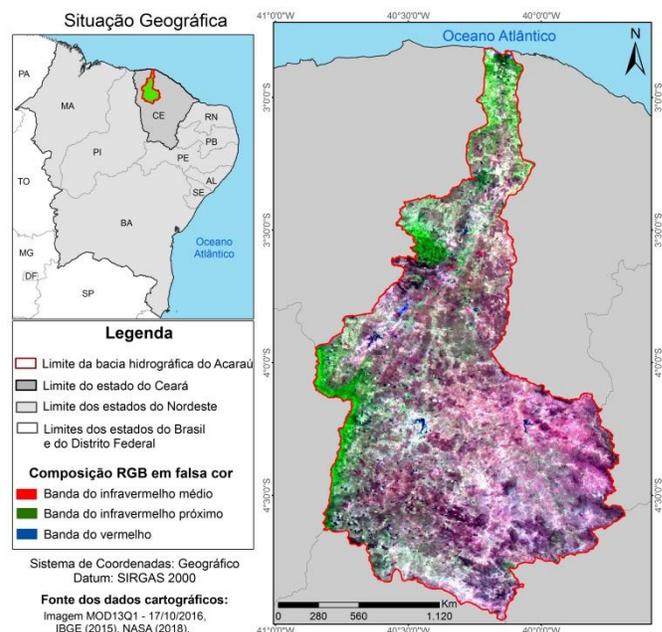


Figura 1. Situação geográfica da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, no estado do Ceará.

Thematic Mapper (TM) da série Landsat, com resolução espacial de 30m, obtidas em 01/10, 02/11 e 23/08 de 2009 e que foram compostas em falsa cor utilizando os comprimentos de onda do infravermelho próximo, vermelho e verde. Adicionalmente foram consideradas imagens multitemporais, disponibilizadas pelo Google Earth Pro [17] e Cartas Topográficas do Nordeste do Brasil, da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE na escala 1:100.000.

Num primeiro momento, com uso do software ArcGIS, licença disponível na FUNCEME, foi confeccionado um arquivo vetorial constituído dos mapeamentos dos espelhos d'água gerados em 2016, 2013 e 2008 da bacia em estudo, os quais foram disponibilizados pelo Núcleo de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da FUNCEME. Em seguida, foram selecionados os vetores de espelhos d'água do mapeamento de 2013 que não haviam sido registrados no mapeamento mais recente (2016). Posteriormente, foi realizado o mesmo procedimento com arquivos vetoriais de 2008. Esta abordagem teve como princípio considerar a situação mais próxima da atual do açude e também da tabela com os seus atributos qualitativos. Por fim, se obteve um arquivo shapefile com todos os espelhos mapeados até 2016.

Paralelamente, com uso das funções de processamento digital de imagens disponíveis no aplicativo SNAP (*Sentinel Application Platform*), foram realizados procedimentos de pré-processamento e avaliadas as polarizações horizontal e vertical das imagens de radar selecionadas para este estudo. Posteriormente, as imagens foram submetidas a filtragem através do algoritmo Lee 3x3, transformadas para DB e, em seguida, foram convertidas para o formato TIFF e projetadas para o sistema geodésico de referência, SIRGAS 2000.

Numa próxima etapa foram discriminados os valores digitais dos alvos água e realizada uma classificação digital por limiaridade, cujos valores fossem inferiores a 60. O produto resultante desta classificação foi convertido a formato vetorial e cruzado com o arquivo de espelhos d'água mapeados anteriormente pelo NURHA, de forma que só foram extraídos do primeiro mapeamento somente os polígonos que estavam inclusos no segundo, mesmo que de forma parcial.

Após essa etapa foi realizada uma interpretação visual e foram incluídos os espelhos d'água que o classificador identificou que ainda não haviam ocorrido nos anos 2016, 2013 e 2008. Posteriormente os arquivos oriundos do método proposto foram comparados com um mapeamento realizado na mesma área utilizando o método das interpretação visual.

3. RESULTADOS

Foram quantificados 2.370 espelhos d'água pelo método semiautomático e 2.379 pelo método manual (Tabela 1). A Figura 2 ilustra a distribuição dos espelhos d'água na Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, onde se pode observar na tonalidade verde o mapeamento realizado pelo método manual e em vermelho método semiautomático. Em destaque, é possível perceber uma parte dos açudes São Vicente e Araras, respectivamente. A Figura 3 explicita o comparativo entre os dois métodos para os intervalos entre diferentes áreas.

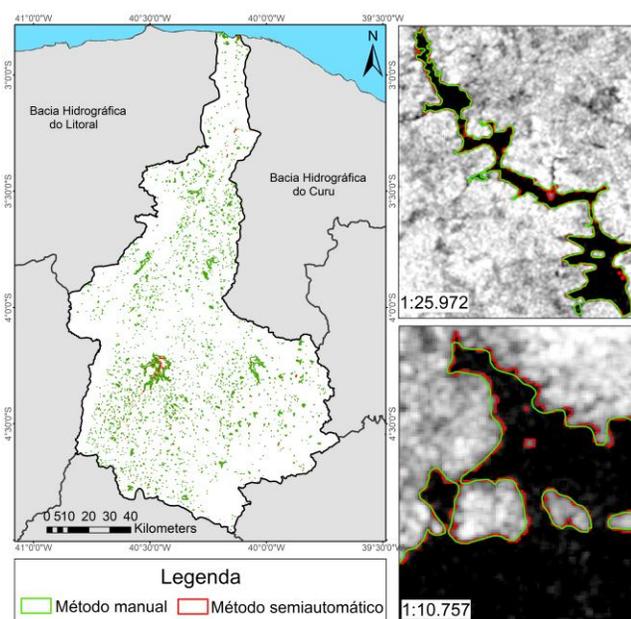


Figura 2. Espelhos d'água na Bacia Hidrográfica do rio Acaraú pelos métodos manual e automático.

Tabela 1. Número de espelhos d'água na Bacia Hidrográfica do rio Acaraú pelos métodos manual e proposto.

Método	Número de espelhos d'água por área (ha)				Total
	0,5 a 5	5 a 20	20 a 100	>100	
Manual	1874	388	99	18	2379
Proposto	1837	405	110	18	2370
Concordância (%)	98	96	90	100	100

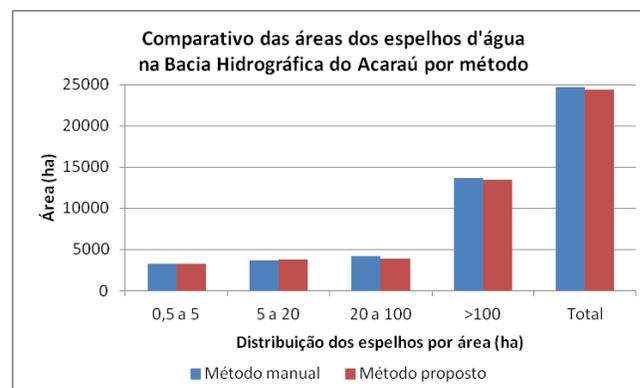


Figura 3. Comparação entre os métodos manual e proposto.

4. DISCUSSÃO

O estudo demonstrou que o método proposto representa potencial redução de tempo na aquisição das informações relativas aos espelhos d'água.

A consideração dos mapeamentos pretéritos, foi especialmente vantajosa, uma vez que a maioria dos espelhos ocorrem na mesma localização, variando as suas áreas. Todavia foram identificados pixels de lâminas d'água correspondentes à áreas inundadas que em 2009 ainda não eram açudes ou lagoas. As imagens multitemporais disponíveis no *Google Earth Pro* permitiram monitorar situações em que açudes foram construídos no período intermediário entre 2009 e 2013/2016.

Outros pixels indesejados que o método proposto incluiu foram associados as áreas inundadas a jusante das barragens, uma vez que 2009 resultou num ano atípico, com precipitações superiores à média histórica. Neste anos muitas barragens atingiram os seus limites máximos e vários vertedouros corroboraram com a criação de áreas inundadas à jusante dos açudes.

O resultado da tabela 1 indica que, em número de espelhos, o método proposto possui maior concordância, nas áreas de pequeno e grande porte, ou seja, de 0,5 a 5 ha e maiores que 100ha. Nas áreas intermediárias ocorreram partições dos polígonos, acarretando vários segmentos de um mesmo espelho d'água que, no entanto, foram incorporados a outros intervalos de área, resultando num total coerente.

O levantamento dos espelhos d'água no ano de 2009 foi estratégico para a gestão e planejamento dos recursos

hídricos no Ceará. Diante da estação chuvosa ter registrado precipitações acima da média, várias áreas inundadas surgiram, indicando locais potenciais para reservatórios na bacia hídrica, que mais tarde foram construídos.

Também vale ressaltar sobre a qualidade do produto gerado, o qual encontra-se compatível com a escala cartográfica de 1:60.000, de acordo com as especificações definidas no Padrão de Exatidão Cartográfico – PEC, classe A [18].

5. CONCLUSÕES

O método apresentou resultados satisfatórios, sobretudo com relação ao ganho de tempo e a redução do caráter de subjetividade. Todavia não elimina a necessidade de uma revisão criteriosa por parte do analista.

A utilização das imagens de RADAR se torna eficaz para o planejamento e gestão dos recursos hídricos do estado do Ceará, principalmente para anos chuvosos, contribuindo com informações relevantes para tomada de decisão e gerenciamento dos recursos hídricos do estado. As imagens de RADAR geradas pelo satélite Sentinel-1, desde 2014, são uma excelente opção para atualização do mapeamento dos espelhos d'água em áreas e períodos com alto índice de cobertura de nuvem.

Para trabalhos futuros recomenda-se como critério para a seleção dos polígonos, estritamente espelhos de mapeamentos pretéritos ao ano a ser avaliado.

6. REFERÊNCIAS

- [1] IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: 25/09/2018 14:30h
- [2] CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília, DF: 2016. 252p.
- [3] FUNCEME. Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo I – Irauçuba Centro-Norte. / Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. / Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. – Fortaleza: 300p. il. ISBN: 978-85-4200593-6.
- [4] Secas no Brasil: política e gestão proativas - Brasília, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Banco mundial, 2016. 292 p.; il, 24cm.
- [5] Carvalho, G. M. B. S.; Soares, A. M. L.; Almeida, M. L. B. da C.; Martins, M. L. R. Soares, Z. M. L. Monitoramento dos espelhos d'água dos açudes do Estado do Ceará. In: V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1988, Natal-RN. Anais V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-Natal-Rn, 1988.
- [6] Martins, E. S. P. R.; Menescal, R. de A.; Warren, M. S.; Carvalho, M. S. B. de S.; Melo, M. S. de; Perini, D. S.; Oliveira, F. de A. J. de. Utilização de imagens CBERS para mapeamento dos espelhos d'água do Brasil. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 969-976.
- [7] Carvalho, M. S. B. de S.; Martins, E. S. P. R.; Soares, A. M. L.; Chaves, L. C. G.; Oliveira, F. de J.; Perini, D. S.; Menescal, R. de A.; Scherer-Warren, M. Levantamento dos espelhos d'água acima de 20ha em todo o território brasileiro através de sensoriamento remoto. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1967-1974.
- [8] Carvalho, M. S. B. de S.; Soares, A. M. L.; Lima, D. B.; Rocha, F. S.; Rocha, I. G.; Filho, M. R. de F.; Medeiros, M. P.; Torres, T. R. de C.; Soares, Z. M. L. Mapeamento dos espelhos d'água do estado do Ceará no ano de 2013. Anais XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR ISBN:978-85-17-00088-1. 2017.
- [9] Menezes, O. R. e Madeira Netto, P da S. Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais – Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa cerrados, 2001 262p. ISBN: 85-230-0656-7.
- [10] Ogilvie, A.; Belaud, G.; Massuel, S.; Mulligan, M.; Goulven, P. L.; Calvez, R. Assessing Floods and Droughts in Ungauged Small Reservoirs with Long-Term Landsat Imagery Geosciences 2016, 6, 42; doi:10.3390/geosciences6040042.
- [11] Jiang, H.; Feng, M.; Zhu, Y.; Lu, N.; Huang, J.; Xiao, T. An Automated Method for Extracting Rivers and Lakes from Landsat Imagery Remote Sens. 2014, 6, 5067-5089; doi:10.3390/rs6065067
- [12] Namikawa, L. M.; Körting, T. S.; Castejon, E. F. Water Body Extraction From Rapideye Images: An Automated Methodology Based On Hue Component Of Color Transformation From Rgb To Hsv Model Brazilian Journal of Cartography, Rio de Janeiro, N° 68/6 p. 1097-1111, Jun/2016.
- [13] Analysis of ALOS PALSAR InSAR data for mapping water level changes in Yellow River Delta wetlands. International Journal of Remote Sensing Vol. 34, No. 6, 20 March 2013, 2047–2056.
- [14] Xiao, X.; Wdowinski, S.; Wu, Y. Improved Water Classification Using an Application-oriented Processing of Landsat ETM+ and ALOS PALSAR. International Journal of Control and Automation Vol. 7, No. 11. 2014, pp. 355-370.
- [15] Chou Xie a , Yun Shao a , Ji Xu b , Zi Wan c & Liang Fang Analysis of ALOS PALSAR InSAR data for mapping water level changes in Yellow River Delta wetlands, 2015.
- [16] JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2011. 604 p.
- [17] Google. Google Earth Pro7.3. 2018. Análise Espacial e temporal dos Espelhos D'água, Bacia Hidrográfica do Acaraú, Estado do Ceará, Brasil. Acessado em: setembro de 2018.
- [18] BRASIL. Decreto Lei 89.817, 1984 Disponível em : http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm. Acesso em 11 de outubro de 2018.