

Avaliação multitemporal do espelho d'água do açude ingazeiras usando processamento digital de imagens e dados de pluviosidade
Multitemporal evaluation of the water surface of the dam ingazeiras using digital image processing and data rainfall

Jairo Rodrigues de Souza^a, Mariana Sousa Paixão^b, Josilândia dos Santos Carvalho^c

^aInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. E-mail: jairorodriguessouza@gmail.com

^bInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. E-mail: mariana2011paixao@gmail.com

^cInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. E-mail: josy.santos.7432098@gmail.com

Resumo

O açude de Ingazeiras, localizado no município de Paulistana-PI, tem capacidade para acumular vinte e cinco milhões de metros cúbicos de água, sendo de muita relevância para a população local. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo analisar o espelho d'água entre os anos de 2013 a 2016 desse reservatório usando as geotecnologias e dados de pluviosidade colhidos diretamente no site do Instituto Nacional de Meteorologia. As metodologias utilizadas para atingir a finalidade esperada foram divididas em três etapas: pesquisa bibliográfica; processamento digital de imagens e integração e interpretação dos dados apurados. Assim, destacou-se que para os anos 2013, 2014, 2015 e 2016 as áreas superficiais d'água foram, respectivamente: 100,62; 71,53; 275,41 e 476,45 hectares, havendo de 2013 a 2016 um aumento de 375,83 hectares, contrapondo com as taxas pluviométricas do município, já que as chuvas acumuladas anuais de 2013 a 2016 foram de 467, 463, 402 e 208 mm, respectivamente. Portanto, o processamento digital de imagens foi satisfatório para o objetivo deste trabalho, prevalecendo mais área de expansão do que recuo no espelho d'água do Ingazeiras.

Palavras-chave: Açude Ingazeiras; Espelho d'água; Multitemporal; Pluviosidade.

Abstract

The Ingazeiras dam, located in the municipality of Paulistana-PI, has the capacity to accumulate twenty-five million cubic meters of water, being of great relevance to the local population. The objective of this work was to analyze the water mirror between the years 2013 and 2016 of this reservoir using the geotechnologies and rainfall data collected directly on the website of the National Institute of Meteorology. The methodologies used to achieve the expected purpose were divided into three stages: bibliographic research; digital image processing and integration and interpretation of the data. Thus, it was highlighted that for the years 2013, 2014, 2015 and 2016 the surface water areas were, respectively: 100.62; 71.53; 275.41 and 476.45 hectares, with an increase of 375.83 hectares from 2013 to 2016, in contrast to the pluviometric rates of the municipality, since the accumulated annual rainfall from 2013 to 2016 was 467, 463, 402 and 208 mm, respectively. Therefore, the digital image processing was satisfactory for the purpose of this work, prevailing more area of expansion than recoil in the Ingazeiras water mirror.

Keywords: Acute Ingaze; Water mirror; Multitemporal; Rainfall.

1. Introdução

As chuvas são fenômenos naturais que estão irregularmente distribuídas entre as diversas regiões do globo, favorecendo ou na abundância ou na carência hídrica. As áreas de clima semiárido são as que mais sofrem, em virtude da escassez e má distribuição de água, se agravando em períodos de estiagens prolongadas (Troleis & Santos, 2011). A insuficiência de água, assim, constitui-se uma forte limitação ao desenvolvimento socioeconômico da sociedade, necessitando políticas de convívio com esse tipo de ambiente (Ghevi et al., 2012).

Numa tentativa de conter os castigos provocados pela seca, os reservatórios artificiais são construídos, principalmente, na região do nordeste brasileiro, como opção de convivência em épocas de estiagem aguda. Eles servem como fonte hídrica para consumo humano, animal e irrigação de culturas agrícolas, pois conseguem armazenar a água por um determinado tempo, cuja lâmina d'água modificar-se-á em função do consumo e da evaporação (Silva et al., 2007). O açude Ingazeiras, construído no ano de 1957 e localizado no município de Paulistana-PI, por exemplo, tem capacidade para armazenar cerca de 25 milhões de metros cúbicos de água (Semar, 2010).

A confecção de reservatórios não soluciona, integralmente, o impasse da escassez de água na região, precisando implementar ações de uso racional e sustentável das águas dessas represas como, por exemplo, utilização de racionamento d'água (Santos et al., 2014). Dessa forma, é necessário perpetrar o monitoramento temporal desses ambientes a fim de conservar tal recurso mineral. Um artifício que tem gerado muita eficiência na efetivação dessa atividade, com despesas relativamente baixas, é o geoprocessamento, que com o processamento digital de imagens, fornece produtos interessantes (Espinoza & Abraham, 2005; Bezerra et al., 2013).

O geoprocessamento já está sendo utilizado para fazer medições multitemporais da variabilidade espacial do espelho d'água em reservatórios naturais ou artificiais. Pereira e Lapere (2009), por exemplo, empregaram técnicas de geoprocessamento para analisar de forma multitemporal a expansão ou recuo da lâmina d'água da lagoa do Jacadigo (MS) por meio da comparação de imagens Landsat TM 5 dos anos 2000, 2003, 2005 e 2008. Bezerra et al. (2013) utilizaram os mesmos artifícios para obter os mesmos produtos no açude Engenheiro Ávidos (PB). Em Vilela (2010), foi demonstrado que o emprego do sensoriamento remoto deu suporte à produção de informações quanti-qualitativas sobre os recursos hídricos.

Sendo assim, estimativas de ganhos e perdas de água em períodos seca e de chuva são relevantes para o desenvolvimento de manejo e políticas públicas mais eficientes. Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar o espelho d'água entre os anos de 2013 a 2016 do açude Ingazeiras, situado no município de Paulistana através de processamento digital de imagens de sensores remotos passivos com o auxílio de dados pluviométricos retirados diretamente do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Como objetivos específicos tem: indicar as áreas de recuo e expansão da lâmina d'água nesse reservatório além de quantificar, em mm, as chuvas acumuladas de cada ano estudado, corroborando com as tomadas de decisão.

2. Referencial teórico

Nesta seção, foram discutidos sobre os principais conceitos e apresentados as autoridades no tema em estudo, embasando, teoricamente, o presente trabalho.

2.1 Geotecnologias

Uma vez inseridos no meio ambiente, os hidrocarbonetos podem ser identificados, utilizando-se as geotecnologias. As geotecnologias compreendem-se como um conjunto de artifícios para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica, destacando-se: Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto (SR), Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a Topografia (Rosa & Brito, 1996; Rosa, 2005).

No trabalho, foram utilizados o Sensoriamento Remoto (SR) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para realizar o tratamento ou processamento digital das imagens. O SR, por exemplo, define-se como o modo de obter informações sobre um alvo, utilizando-se a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos (assinatura espectral), geradas por fontes naturais ou artificiais (Rosa & Brito, 1996). Já o SIG como forma de representar um alvo na superfície da Terra através das suas coordenadas geográficas.

Através das assinaturas espectrais dos alvos, pode-se obter resultados satisfatórios através de um Tratamento ou Processamento Digital de Imagens (PDI). Entende-se por PDI como um conjunto de técnicas capazes de realçar determinadas feições naturais através de ferramentas computacionais, gerando um banco de dados, o qual pode ser submetido a outros processamentos (Meneses & Almeida, 2012).

O processamento de imagens digitais pode ser dividido em etapas fundamentais (Queiroz & Gomes, 2001). O primeiro passo inicia-se com a aquisição da imagem, seguindo por um pré-processamento, segmentação, representação e descrição e, por último, pelo reconhecimento e pela interpretação.

2.2 LANDSAT 7 e 8

Segundo a NASA (2013), a série LANDSAT nasceu no final dos anos 60 do século XX. Por se tratar do programa de satélites de recursos terrestre mais antigo, operando desde meados de 1972 e disponibilizando imagens gratuitas desde 1973, essa série apresenta um importantíssimo acervo histórico de imagens orbitais (NASA, 2013). No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é a instituição responsável pela manutenção e disponibilização deste acervo.

O satélite LANDSAT 7, por exemplo, surgiu em 15 de abril de 1999, tendo uma órbita circular heliosíncrona, com 8 bandas espectrais, as quais trabalham nas faixas do visível, infravermelho próximo, médio e termal. A banda termal compreende a banda 6 com intervalo espectral entre 10,4 – 12,5 μm e resolução espacial de 60 metros. As bandas do visível e pancromática têm resoluções espaciais de 30 e 15 metros, respectivamente.

Em 11 de fevereiro de 2013, foi lançada a Missão de Continuidade dos Dados LANDSAT (LDCM) – chamada de LANDSAT 8. Com dois novos sensores, o sensor espectral OLI e o sensor termal TIRS, as melhoras na resolução espectral são muito positivas. Foram adicionadas duas bandas espectrais: banda 1 que foi projetada, especificamente, para os recursos hídricos e investigação da zona costeira, e um novo canal de infravermelho, banda 9, para a detecção de nuvens (USGS, 2013).

Há também uma nova banda de Garantia de Qualidade (Banda QA), que fornece informações sobre a presença de nuvens, água e neve. A partir do sensor termal TIRS, foram criadas duas bandas espectrais para o comprimento de onda antes coberto por uma única banda nos sensores TM e ETM (USGS, 2013). Algumas bandas apresentam largura menor no espectro, principalmente as do infravermelho.

Outra inovação importante foi quanto à resolução radiométrica. Os sensores OLI e TIRS proporcionam um melhor desempenho radiométrico, quantificado em uma faixa dinâmica de 12 bits. Essa melhoria (uma vez

que as imagens anteriores possuíam 8 bits) possibilita uma maior caracterização de alvos da imagem, e podem contribuir bastante para a diminuição do efeito de sombras (USGS, 2013).

Em relação a resolução espacial, esta foi a única com poucas inovações com relação às imagens anteriores. As bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 9 possuem uma resolução de 30 metros; as bandas termais 10 e 11 possuem uma resolução de 100 metros; e a banda 8 (pancromática) possuem uma resolução de 15 metros (NASA, 2013).

3. Material e Métodos

Paulistana-PI está localizada na microrregião do Alto Médio Canindé, sendo limitada com os municípios de Jacobina do Piauí, ao norte, e com Queimada Nova, ao sul, Betânia do Piauí e Acauã, a leste, e São Francisco de Assis do Piauí, a oeste. Assim, a área de estudo está situada na porção sudoeste da zona urbana do município de Paulistana-PI, conforme figura 1.

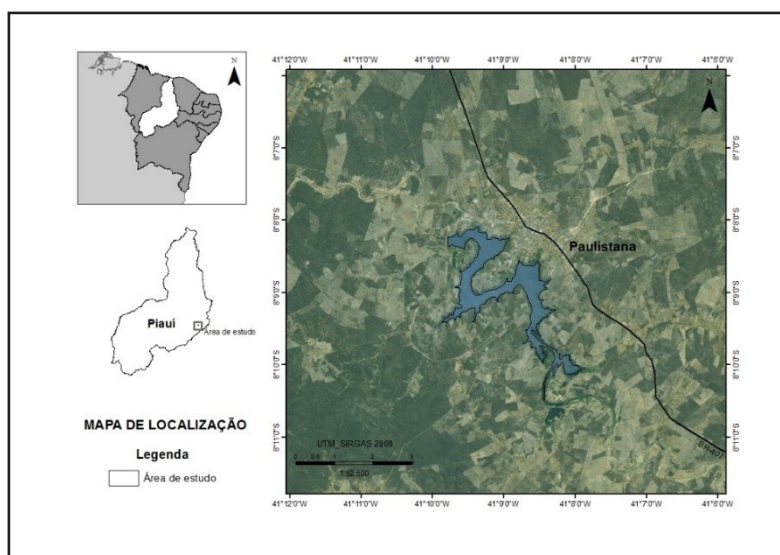


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Do autor

Para a realização desse trabalho, os materiais empregados foram: imagens multitemporais do satélite Landsat ETM + 7 e 8 e o software ArcGIS 10.1.

Os procedimentos metodológicos para a confecção desse artigo foram divididos em três etapas: 1) Levantamento bibliográfico; 2) Processamento digital de imagens e 3) Análise e interpretação dos dados.

A etapa de pesquisa bibliográfica constou do levantamento das publicações relacionadas a área do geoprocessamento e as técnicas utilizadas para se chegar a um fim proposto neste artigo. Depois, foi pesquisado as taxas de pluviosidade dos anos de 2012 a janeiro de 2016, diretamente no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com o intuito de verificar o quanto de chuva, em mm, precipitou sobre o Açude Ingazeiras.

As variações do espelho d'água foram analisadas com base no processamento digital de uma série temporal de imagens de satélite. Para tanto, utilizaram-se cenas orbitais do sensor ETM + do Landsat 7, nos anos 2013 e 2014, e Landsat 8, para os anos de 2015 e 2016, disponíveis, gratuitamente, no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Foi priorizada a escolha de imagens com a menor quantidade de

nuvens e que foram captadas pelos satélites durante ou logo após o período chuvoso na região (fevereiro).

Consoante a Crosta (1992) e Silva et al., (2015), os sensores remotos produzem imagens que estão sujeitas a uma série de distorções espaciais, gerando, conseqüentemente, falta de precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos. Dessa maneira, fizeram-se as correções espaciais das imagens captadas através do método georreferenciamento, os quais reorganizaram essas cenas em relação a um sistema de projeção cartográfica. Nessa metodologia, utilizou-se a correção de polinômio de segunda ordem, obtendo sempre valores de raiz do erro médio quadrático inferiores a 1, através do software ArcGIS versão 10.1.

As imagens foram combinadas em sistema de cores Red-Green-Blue (RGB) no software ArcGIS 10.1 para realçar os limites do espelho d'água. As composições coloridas com melhores resultados para as imagens ETM+ Landsat 7 e Landsat 8 foram a R5-G4-B3 e R7-G6-B4, respectivamente. A etapa consecutiva consistiu em vetorizar, em forma de polígono, o espelho d'água para cada imagem. Os polígonos foram separados em camadas para cada data distinta de imagens, possibilitando numa fase posterior a distinção entre as mesmas. Posteriormente, com o intuito de visualizar as áreas que tiveram expansão ou recuo da lâmina d'água, fez-se a interseção de cada polígono, o qual corresponde o espelho d'água dos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016, através da ferramenta "intersect" do software ArcGIS 10.1.

Com todos os dados, procedeu-se a última etapa de realização desse trabalho, ou seja, houve a análise, integração e interpretação dos dados. Assim, concluiu-se com a confecção desse artigo.

4. Resultados e Discussão

4.1 mapeamento da lâmina d'água

Através das imagens dos satélites, foi possível a realização do mapeamento do açude Ingazeiras nos períodos 2013, 2014, 2015 e 2016. De acordo com o tamanho da área do espelho d'água, dado em hectares (ha), e considerando que a vetorização ocorreu em cenas imageadas entre os meses de janeiro a fevereiro, constatou-se o aumento superficial considerável ao longo dos anos.

A partir dos dados produzidos, em escala de detalhe, foi possível verificar um considerável aumento ou elevação no valor da área do espelho d'água do açude. O açude Ingazeiras apresentava em 2013 um espelho d'água com área de 100,62 ha, enquanto em 2016 ocupava uma área superficial de 476,45 ha. Ou seja, um aumento de 375,83 hectares em apenas 4 anos (Tabela 1).

Na figura 2, é possível observar os perímetros do açude, assim como o aumento da área do espelho nos períodos investigados. Vale ressaltar que entre os anos de 2013 a 2014, a área d'água do açude teve uma redução em 29,09 hectares.

Tabela1: Resultados da análise, mostrando que houve um aumento do espelho d'água.

Açude Ingazeiras		Área Total do Espelho d'água (ha)	Aumento 2016-2013
Anos	2013	100,62	Área (ha) 375,83
	2014	71,53	
	2015	275,41	
	2016	476,45	

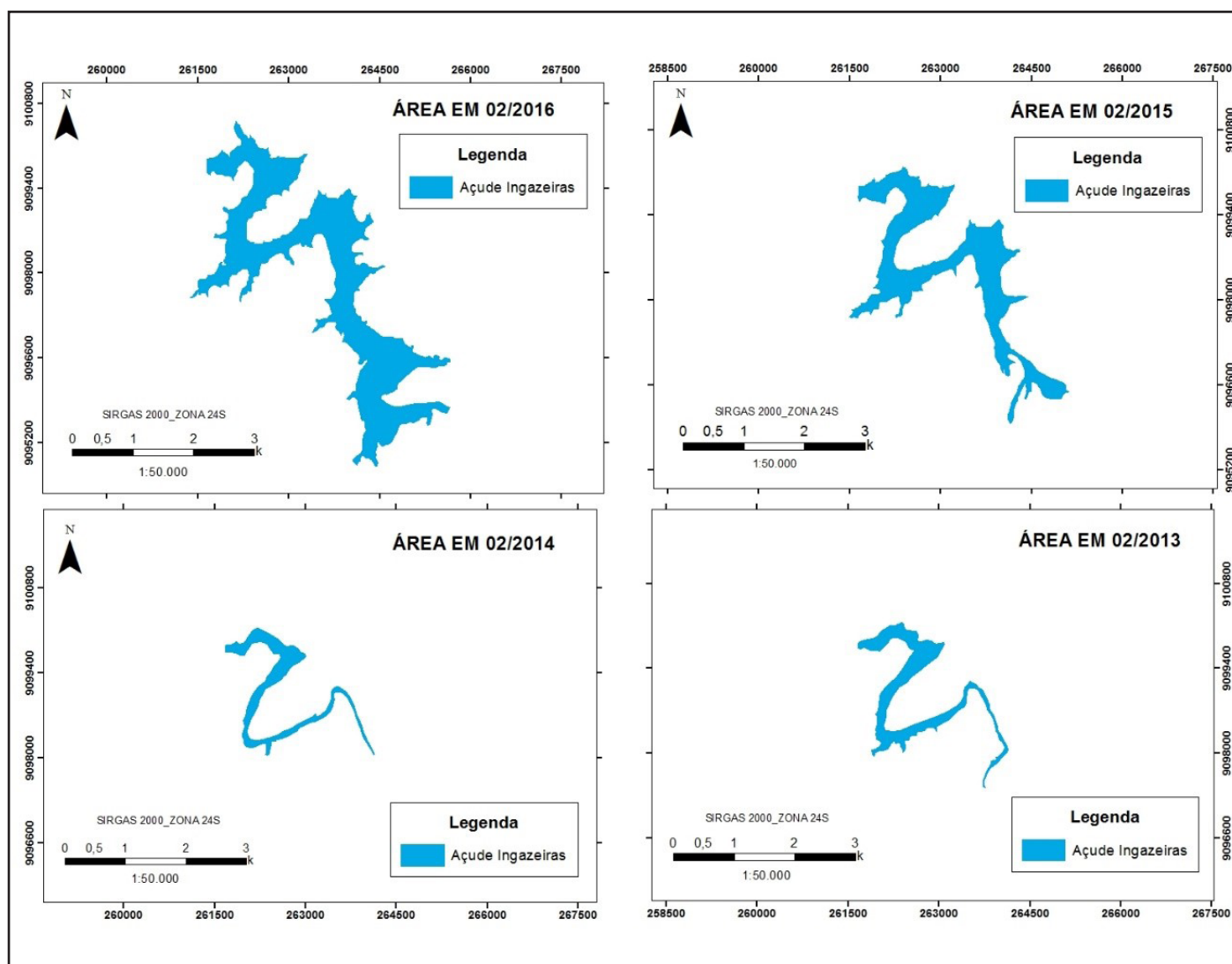


Figura 2: Aumento do espelho d'água (em azul) do açude Ingazeiras no período entre 2013 a 2016. Para tanto, utilizaram-se o Datum SIRGAS 2000 e Zona 24S.

Fonte: Do autor.

4.2 Áreas de expansão ou recuo da lâmina d'água

Ao utilizar a ferramenta “intersect” do software ArcGIS 10.1, foi possível observar de forma multi-temporal os locais do Açude Ingazeiras que tiveram expansão ou recuo da lâmina d'água.

4.2.1 Relação entre o ano de 2013 com os anos 2014 a 2016

De acordo com a figura 3, nota-se que ao fazer a comparação entre os anos de 2013 com os anos de 2014, 2015 e 2016 houve quase que majoritariamente expansão da lâmina d'água.

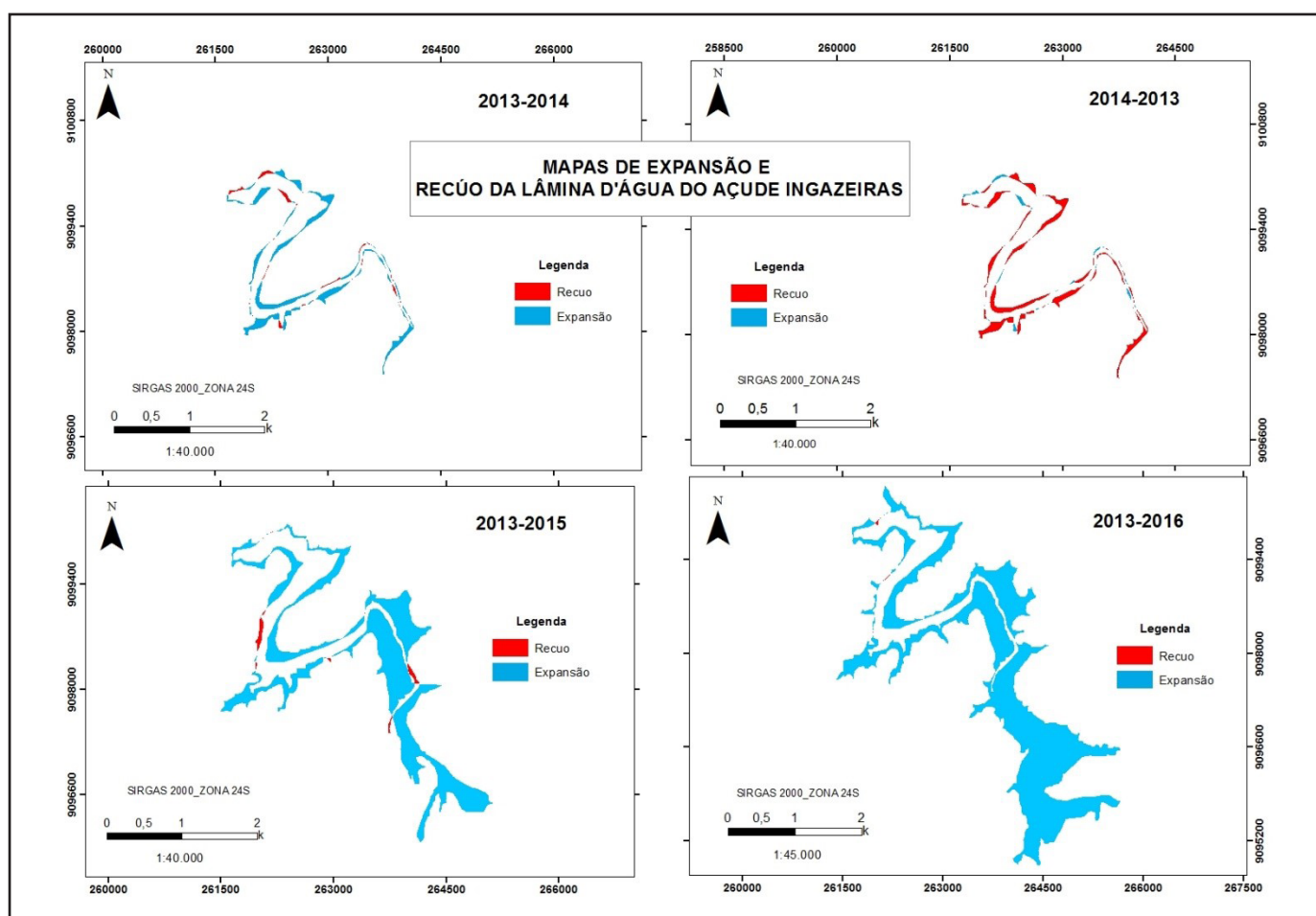


Figura 3: Mapa de recuo e expansão comparando-se 2013 com os demais anos.

Fonte: Do autor.

Assim, comparando-se as áreas de 2014 a 2013, houve um recuo da lâmina d'água em praticamente todo o canal fluvial, provavelmente ocasionado pela falta de chuva na região, reduzindo num total de 32,7 hectares de água. Já a expansão da lâmina d'água manteve-se mais evidente a norte do açude, aumentando uma área de 3,6 hectares. Assim, de fevereiro de 2013 a fevereiro de 2014, o Ingazeiras teve um déficit hídrico de 29,1 hectares de água.

De 2013 a 2015, ocorreu uma expansão significativa do espelho d'água no açude, influenciada pelas fortes chuvas que assolaram a região, aumentando, aproximadamente, 178,4 hectares de água. O recuo se deu mais numa pequena área a noroeste e sudeste da área em tela, totalizando em 4,0 hectares. Dessa forma, de fevereiro de 2013 a fevereiro de 2015, o Ingazeiras obteve um superávit hídrico de 174,4 hectares de água.

De 2013 a 2016, existiu uma forte expansão da lâmina d'água nesse reservatório, provocada pelas chuvas que precipitaram sobre a região, elevando cerca de 376,7 hectares de água. Já o recuo foi mais noroeste do açude, diminuindo 0,4 hectares. Assim, de fevereiro de 2013 a fevereiro de 2016, o açude acumulou um superávit hídrico de 376,3 hectares de água.

4.2.2 Relação entre o ano de 2014 com os anos 2015 e 2016

De acordo com a figura 4, nota-se que ao fazer a comparação entre os anos de 2014 com os anos de 2015 e 2016 houve grande expansão da lâmina d'água.

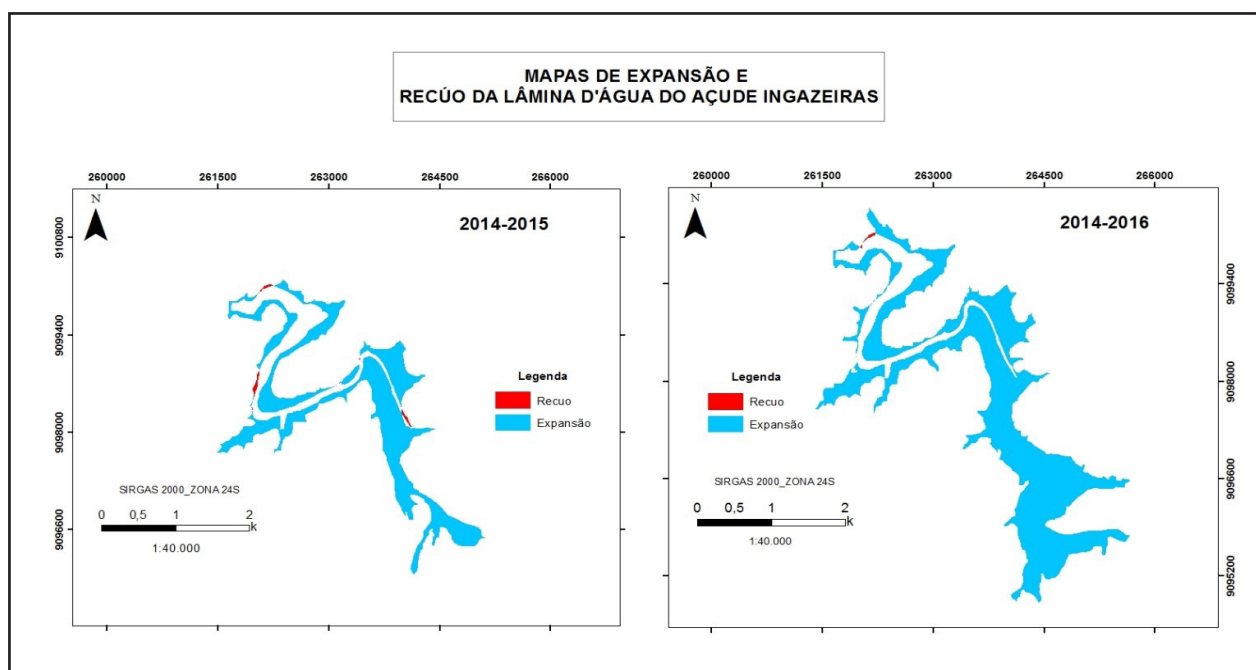


Figura 4: Mapa de recuo e expansão comparando-se 2014 com os anos 2015 e 2016.

Fonte: Do autor

Assim, comparando-se as áreas de 2014 a 2015, aconteceu uma grande expansão da lâmina d'água em praticamente toda extensão do açude, provavelmente ocasionado pela elevada oferta de chuvas na região, expandindo num total de 206,7 hectares de água. Já o recuo da lâmina d'água manteve-se mais evidente a noroeste e norte do reservatório, reduzindo uma área de 2,5 hectares. Assim, de fevereiro de 2014 a fevereiro de 2015, o Ingazeiras teve um superávit hídrico de 204,2 hectares de água.

De 2014 a 2016, ocorreu mais uma expansão significativa do espelho d'água no açude, influenciada, provavelmente, pelas fortes chuvas que assolaram a região, aumentando, aproximadamente, 406,1 hectares de água. O recuo se deu mais numa pequena área a norte do reservatório, totalizando em 0,6 hectares quase imperceptível. Dessa forma, de fevereiro de 2014 a fevereiro de 2016, o Ingazeiras obteve um superávit hídrico de 405,6 hectares de água.

4.2.3 Relação entre o ano de 2015 com o ano 2016

De acordo com a figura 5, nota-se que ao fazer a comparação entre os anos de 2015 com o ano de 2016 houve expansão da lâmina d'água.

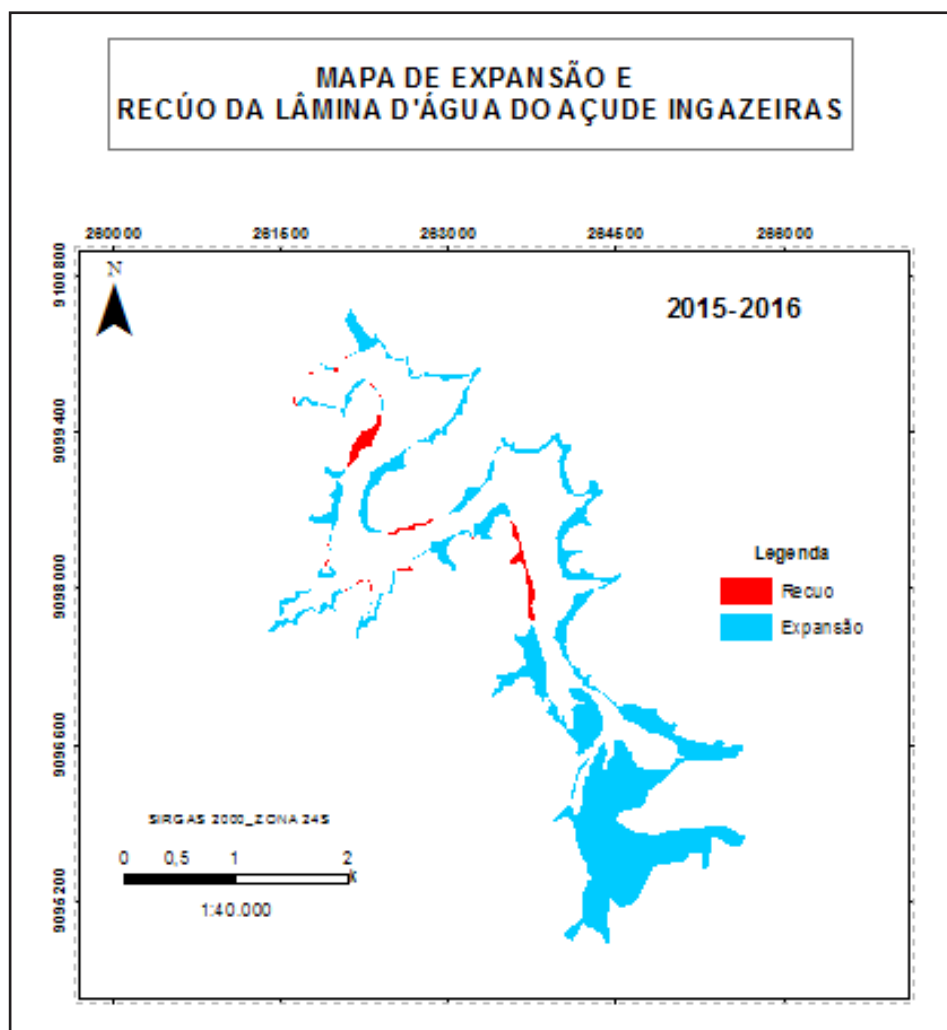


Figura 5: Mapa de recuo e expansão comparando-se 2015 com 2016.

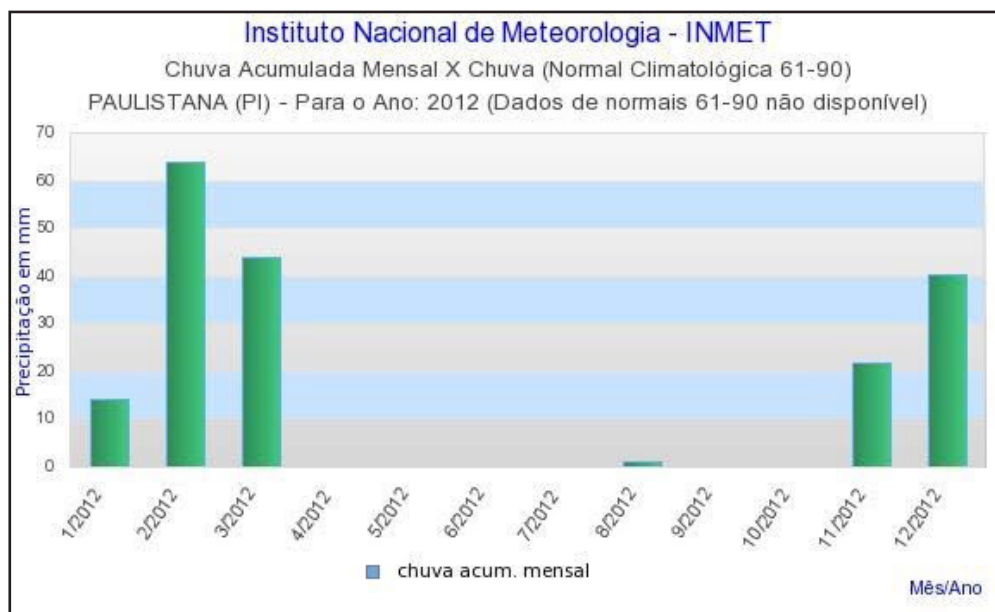
Fonte: Do autor

De 2015 a 2016, ocorreu mais uma expansão do espelho d'água no açude, influenciada, provavelmente, pelas fortes chuvas que assolaram a região, aumentando, aproximadamente, 212,5 hectares de água. O recuo se deu mais numa pequena área a noroeste e centro do reservatório, totalizando em 11 hectares. Dessa forma, de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2016, o Ingazeiras obteve um superávit hídrico de 201,5 hectares de água.

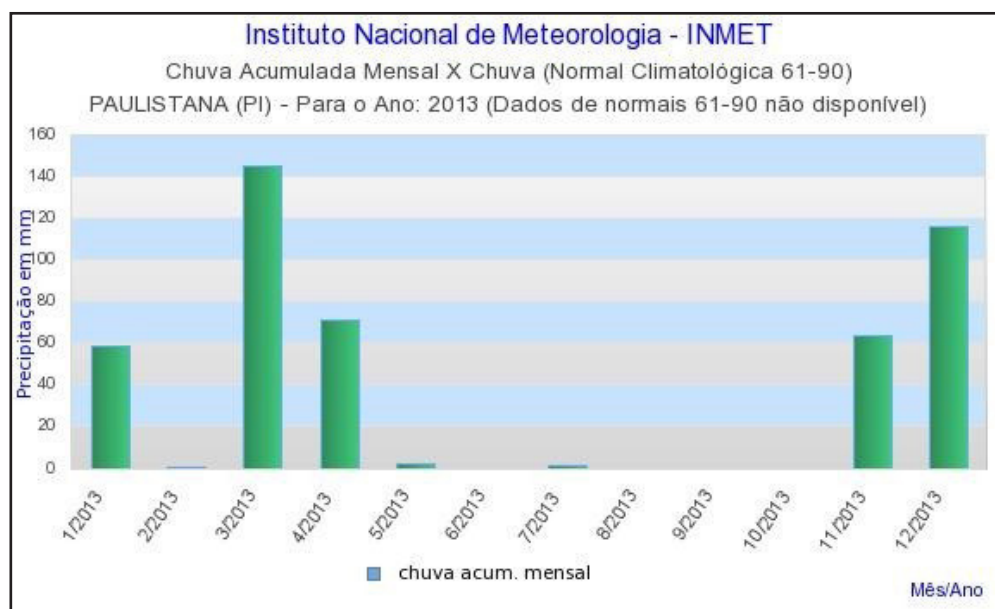
4.3 Dados de Pluviosidade

Com o intuito de comprovar os produtos encontrados nas etapas de geoprocessamento ou suscitar mais dúvidas ou questionamentos, foram consultados os dados, em forma de gráficos de precipitação por chuva acumulada mensal, de pluviosidade dos anos de 2013 a 2016 diretamente no site do Instituto Nacional de Meteorologia (Gráfico 1).

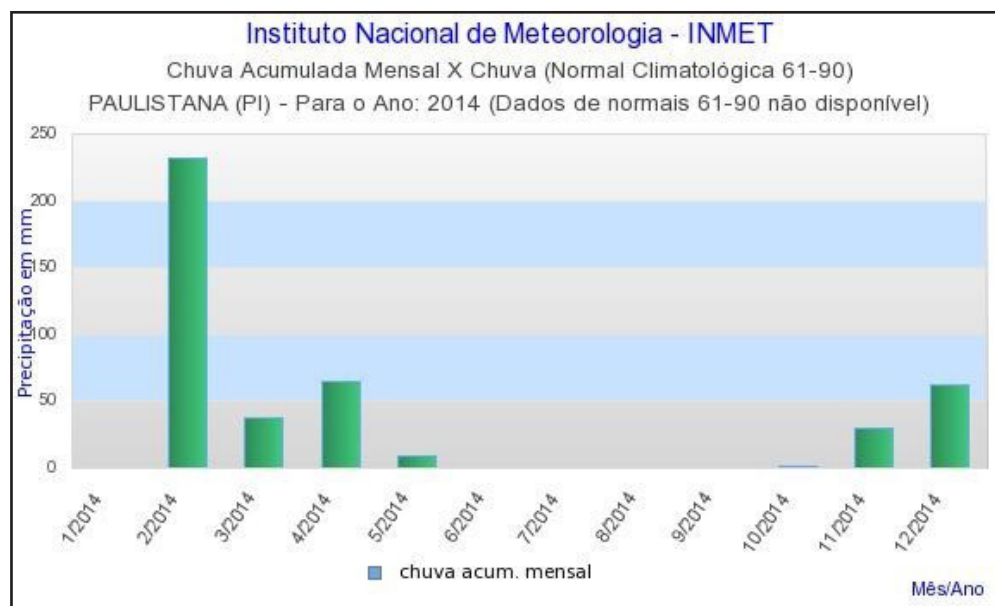
a



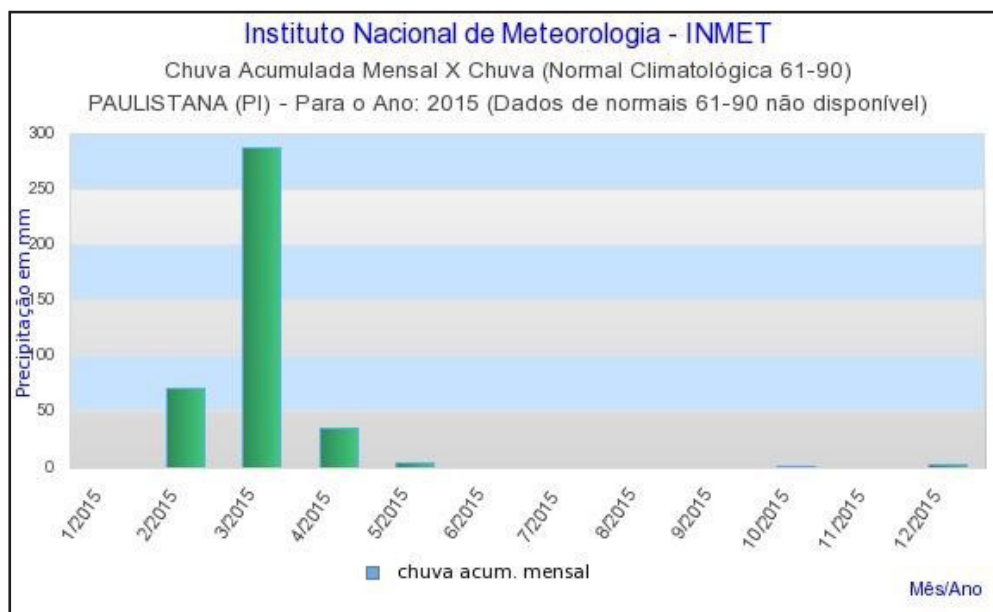
b



c



d



e

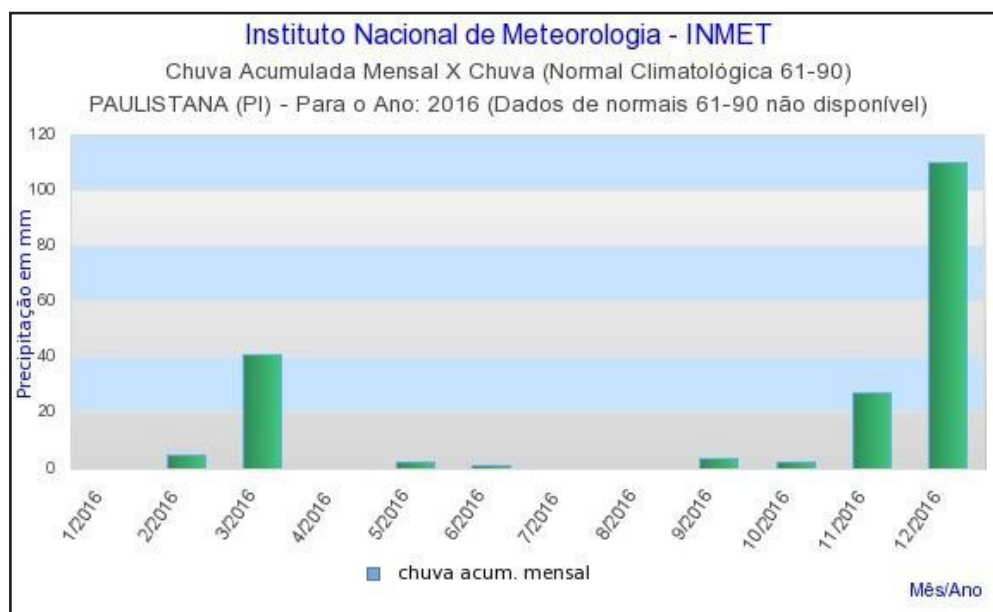


Gráfico 1: Gráficos de precipitação, em mm, por chuva acumulada mensal dos anos (a) 2012, (b) 2013, (c) 2014, (d) 2015 e (e) 2016.

Fonte: INMET (2017).

A precipitação acumulada anual no município de Paulistana-PI nos anos de 2012 a 2016, segundo os dados da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Paulistana-PI, gira em torno de 189, 467, 463, 402 e 208 mm, respectivamente (Gráfico 2).



Gráfico 2: Valores das chuvas acumuladas. Nota-se que de 2013 até 2016 ocorre uma queda das chuvas.
Fonte: INMET (2017).

Esses valores demonstram que de 2012 para 2013 houve um aumento em 278 mm das chuvas acumuladas. De 2013 a 2014, permaneceram praticamente constante as taxas de chuva acumulada, não interferindo consideravelmente no balanço hídrico do reservatório. Já de 2014 a 2015, houve uma redução em - 61 mm das chuvas acumuladas. Por último, de 2015 a 2016, houve uma redução brusca nas chuvas acumuladas em - 194 mm. Já os valores que correspondem a somatória da chuva acumulada dos meses de janeiro e fevereiro dos anos 2013 a 2016, têm-se 63, 240, 70 e 8 mm, respectivamente (Gráfico 3).

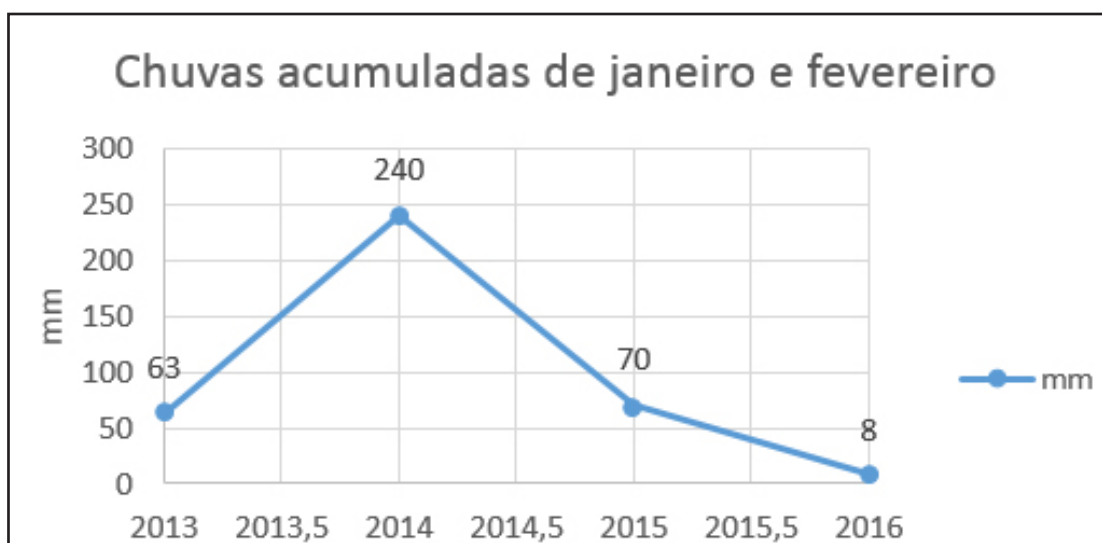


Gráfico 3: Valores das chuvas acumuladas dos meses de janeiro e fevereiro. Nota-se que de 2014 até 2016 ocorre uma queda das chuvas.
Fonte: INMET (2017).

5. Considerações Finais

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que as técnicas de geoprocessamento através de composição de bandas espectrais usadas para mapear os espelhos d'água nas imagens de satélite são de grande valia para gerenciar e dimensionar esses corpos hídricos.

Porém, ao se comparar o somatório dos valores da chuva acumulada dos meses de janeiro e fevereiro assim como os anuais, notam-se que os valores não são suficientes para justificar a expansão hídrica que o açude Engazeiras teve em, aproximadamente, 375,83 hectares de 2013 a 2016. Além disso, observando-se as taxas das chuvas acumuladas anual, presencia-se que houve uma redução de água, principalmente entre 2014 a 2015 e 2015 a 2016, contrapondo-se com os produtos vistos nos mapas.

Como não foram feitos estudos batimétricos no reservatório, sugere-se que a expansão do espelho d'água pode estar relacionada com a baixa profundidade do açude, ou seja, devendo estar ocorrendo assoreamento ou lançamento de efluentes líquidos no Engazeiras.

Referências

Bezerra, U. A., Abreu, J. L. S., Silva, L.T.M.S. & Sales, L.G.L. (2016). Análise temporal do espelho d'água do açude Engenheiro Ávidos (PB) usando imagens de satélite. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 1., Campina Grande – PB. Anais... Campina Grande: UFCG, p. 2-6.

Crosta, A.P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. (1992). 1.ed. Campinas: Unicamp, Editora da Unicamp, 1992. v.1, 170p.

Espinoza, H. F. & Abraham, A. M. (2005). Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para o estudo dos recursos hídricos em regiões semiáridas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., Goiânia - GO. Anais... São José dos Campos: INPE, p.35-44.

Gheyi, H. R., Paz, V.P.S., Medeiros, S.S. & Galvão, C.O. (2012). Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações. 1.ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, Imprensa Universitária, v.1. 258p.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Estações A304 – NATAL. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em 30 mar. 2017.

Meneses, Paulo Roberto & Almeida, Tati de. (2012). Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2013). Landsat Data Continuity Mission: Continuously observing your world. Disponível em: <http://ldcm.gsfc.nasa.gov/mission_details.html>. Acesso em 29 jul. 2016.

Pereira, L. E. & Lapere, A. C. L. (2009). Análise multitemporal da lagoa do Jacadigo no município de Corumbá, MS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2., Corumbá - MS. Anais... Campo Grande: INPE, p.240-248.

Queiroz, Jose Eustaquio Rangel de & Gomes, Herman Martins. (2001). Introdução ao Processamento Digital de Imagens. Revista RITA da UFCG, Campina Grande, 3(1): 1-31, set./dez.

Rosa, Roberto & Brito, Julio Luis Souza. (1996). Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas. EDUFU. Uberlândia, p: 104.

Rosa, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada (2005). Revista do Departamento de Geografia, Uberlândia, 16:81-90, jul.

Santos, V. S., Farias, C. A. S. & Reis, C. Q. (2014). Análise do atendimento às demandas dos reservatórios engenheiro ávidos e São Gonçalo no semiárido paraibano. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12., Natal-RN. Anais... Natal: UFRN, p.4-7.

Secretaria Do Meio Ambiente E Recursos Hídricos – SEMAR. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Piauí. Disponível em: <http://www.semar.pi.gov.br/download/201605/SM06_578985b1e1.pdf>. Acesso em 20 fev. 2017.

Silva, H. P., Silva, M. D. R., Souza E. R. & Risso, A. (2007). Utilização de imagens CBERS na avaliação do volume de água armazenada no açude Cachoeira, no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 26., Florianópolis-SC. Anais... São Bernardo de Campos: INPE, p. 1167-1173.

Silva, F.E., Amaro, V.E. & Matos, M.F.A. (2015). Análise Multitemporal do Campos de Dunas Móveis do Litoral setentrional do Rio Grande do Norte. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., João Pessoa-PB. Anais... João Pessoa: UFPB, p. 6966-6973.

Troleis, A.L. & Santos, A.C.V. (2011). Estudos do Semiárido. 1.ed. Natal: UFRN, Editora da UFRN, v.2. 236p.

United States Geological Survey (USGS). (2013). Landsat Project Description . Disponível em: < http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php> Acesso em 29 jul 2016.

Vilela, M.A.M.A. (2010). Metodologia para monitoramento da qualidade da água de reservatórios utilizando sensoriamento remoto. Uberlândia, 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia.