



Volume hídrico por processamento digital de imagens de açude público em Sumé, Paraíba

Water volume by digital image processing of public reservoir in Sume, Paraiba, Brazil

Maria Paloma Alves dos Santos¹, José Hugo Simplicio de Sousa², Abdalan Andrade do Nascimento³, George do Nascimento Ribeiro⁴, Leonardo Souza do Prado Júnior⁵, Jose Nunes de Oliveira Neto⁶

¹Discente do curso de Engenharia de Biossistemas, Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, Paraíba, e-mail: mariapalomaalves2018.1@gmail.com; ²Graduando em Engenharia de Biossistemas, Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, e-mail: jose.hugo@estudante.ufcg.edu.br; ³Graduado em Enfermagem pela União de Ensino Superior de Campina Grande, e-mail: abdalandrade@gmail.com; ⁴Doutor, Professor, Unidade Acadêmica de Biotecnologia e Bioprocessos, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, e-mail: george@ufcg.edu.br; ⁵Tecnólogo em Gestão Ambiental pela Universidade Paulista e-mail: leonardosouzadopradojr@gmail.com; ⁶Doutorando em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande, professormunesneto@gmail.com.

NOTA

Recebido: 04/02/2022
Aprovado: 29/06/2022

Palavras-chave:

Bacia Hidrográfica
Sensoriamento Remoto
Escassez Hídrica

RESUMO

A referente pesquisa ressalta a importância da água, enfatizando o conhecimento da quantidade do volume em armazenamento, como uma propositura indispensável, principalmente em regiões onde há irregularidades na quantidade de chuvas e na distribuição ao longo do tempo. O sensoriamento remoto vem ganhando muito espaço no manejo de bacias, pois ajuda a identificar e a monitorar possíveis mudanças nos recursos naturais. O açude público de Sumé se encontra localizado na bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba, região do Cariri paraibano, tendo capacidade máxima de armazenamento de 44,8 milhões de m³ com a área relativa do espelho d'água de 8,5 milhões de m², para a execução dessa pesquisa foram utilizadas imagens orbitais dos satélites Landsat 8/OLI, Landsat 5/TM e ETM e Landsat 7/TM e ETM+. O sistema usado para o processamento digital foi o SPRING versão 5.5.1. Para o processamento digital de imagens foram usadas as seguintes metodologias: Contraste; Componentes Principais (bandas 5, 4 e 3 - Landsat 5 e 7; e 6, 5 e 4 - Landsat 8); IVDN; Realce por Decorrelação (DECO); Composição Multiespectral Ajustada (CMA); e, falsa composição de cor. O RGB-CONTRASTE foi o que apresentou uma maior correlação (0,9998), acompanhado da CMA-DECO (0,9979). O sensoriamento remoto mostrou-se eficaz para o estudo dos recursos hídricos, sendo um método viável economicamente com rápidos resultados.

ABSTRACT

The referred research highlights the importance of water, emphasizing the knowledge of the amount of volume in storage, as an indispensable proposition, especially in regions where there are irregularities in the amount of rain and in the distribution over time. Remote sensing has been gaining a lot of space in management of the basins, as it helps to identify and monitor possible changes in natural resources. The Sumé public reservoir is located in the hydrographic basin of the Alto Rio Paraíba, in the cariri region of Paraíba, with a maximum storage capacity of 44.8 million m³ with a relative area of the water mirror of 8.5 million m², to carry out this research, orbital images from the Landsat 8/OLI, Landsat 5/TM and ETM and Landsat 7/TM and ETM+ satellites were used. the system used for digital processing was SPRING version 5.5.1. For digital image processing, the following methodologies were used: contrast; main components (bands 5, 4 and 3 - Landsat 5 and 7; and 6, 5 and 4 - Landsat 8); IVDN; highlight by decorrelation (DECO); adjusted multispectral composition (CMA); and, false color composition. The RGB-CONTRASTE was the one with the highest correlation (0.9998), accompanied by CMA-DECO with (0.9979). Remote sensing proved to be effective for the study of water resources, being an economically viable method with fast results.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui a vantagem de dispor da maior reserva de água doce do mundo. Sem considerar a parte concentrada nas geleiras e no lençol freático, a água doce total disponível

corresponde a 3%, deste valor, aproximadamente 12% se encontra em terras brasileiras. Porém, uma das maiores problemáticas vivida no país, em relação a este recurso natural, está na distribuição, pois é naturalmente desigual. No Norte do



país, está localizada a Bacia Amazônica, que concentra um potencial hídrico de 80% do volume total da água disponível. Não obstante, as regiões próximas ao Oceano Atlântico no Brasil, em particular, no Nordeste, que é uma região bem mais populosa, este potencial hídrico compreende menos de 3% dos recursos hídricos do país (ANA, 2018; ROSSI, 2020).

Em Sumé-PB, semiárido paraibano, está localizado um dos maiores reservatórios de água da região do Cariri, construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), o Açude Público de Sumé, que, de acordo com a Agência Executiva de Águas do Estado (AES/A), possui capacidade máxima de 44.864.100 m³ (AES/A, 2018). De acordo com Cardoso (2022), entre os anos 2015 e 2017, após longos períodos de estiagem no semiárido nordestino, o total de água recebida no reservatório foi menor que a de suas perdas e usos, resultando em situações críticas e baixos índices de armazenamento. Para garantir o aporte hídrico, utilizou-se como solução de emergência, a interligação do açude de Sumé ao sistema adutor do Congo, já que o açude Cordeiro, que abastece este sistema, encontrava-se em situação crítica. Essa estratégia possibilitou que cidades como Sumé, Monteiro, Serra Branca, Prata e mais outras seis cidades do Cariri paraibano não ficassem sem o abastecimento de água para as demandas prioritárias (dessedentação humana e animal).

Situação agravante à problemática hídrica regional, observada por Alencar (2008) estudando a degradação ambiental na bacia do rio Sucuru, principal contribuinte do açude de Sumé, observou que predominam os níveis de degradação moderado grave, grave e muito grave de degradação das terras, também um grau acentuado de antropismo com desmatamento da cobertura vegetal de grandes áreas, além do mais, as águas subterrâneas desta bacia apresentam restrição ao uso agrícola no tocante ao problema de salinidade. Não obstante, com uma diminuição no quantitativo de chuvas, os solos se tornam cada vez mais salinos, por não haver uma lixiviação adequada. Essas características fazem com que seja essencial uma alternativa de conviver com a seca, buscando disponibilidade de água.

O uso de ferramentas de sensoriamento remoto vem se destacando em diversas áreas de atuação, em que, através de imagens e programas, é possível auxiliar no planejamento e assegurar tomadas de decisões com mais rapidez, para que se consiga obter os melhores resultados (TULLIO, 2018). Assim, o sensoriamento remoto é de extrema importância no manejo de bacias, pois ajuda na identificação e monitoramento de possíveis mudanças nos recursos naturais (FERREIRA JUNIOR; DANTAS, 2018).

Neste cenário, é crescente a aplicabilidade da geotecnologia no que se refere aos recursos hídricos, com destaque ao que corresponde estas tecnologias como solução prática para estimativa dos volumes de reservatórios, conseguindo credibilidade, devido sua eficiência. Atentando a necessidade de acompanhar o volume de água de reservatórios, e considerando a praticidade de realizar essa função através de imagens de satélite, incorporado ao uso de ferramentas de sensoriamento remoto, bem como associados às fórmulas matemáticas para estimativa do volume dos açudes, fundamenta-se este recurso como procedimento apropriado para a atividade proposta. Nessa perspectiva, é evidenciada a necessidade do monitoramento do volume de água de açudes. Entretanto, a determinação do volume não é realizada com frequência em razão do método direto (batimetria) ser considerado como oneroso, além de exigir mão-de-obra

especializada e tempo disponível, como destacado por Robaina et al. (2009), dificultando a realização desta prática, ainda mais em locais com açudes classificados como de “pequenos” e/ou “médios” portes.

Assim sendo, a referente pesquisa ressalta a importância da água, enfatizando o conhecimento da quantidade do volume em armazenamento, como uma propositura indispensável, principalmente em regiões onde há irregularidades na quantidade de chuvas e na distribuição ao longo do tempo, em que devido a este fato, uma gestão eficiente desse recurso, aumenta a disponibilidade hídrica e, de maneira oposta, agrava o quadro de escassez.

A presente pesquisa tem como objetivo estimar e analisar o volume hídrico armazenado do açude público da cidade de Sumé, através das imagens de satélites, com vistas a auxiliar na gestão dos recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A bacia do Alto Rio Sucuru está localizada no semiárido paraibano, na Microrregião Homogênea Cariris Velhos, com área territorial de aproximadamente 1.652,5 km²; engloba, total ou parcialmente os municípios de Amparo, Monteiro, Ouro Velho, Prata, Sumé, Serra Branca e Coxixola. A área se encontra entre as coordenadas geográficas: 7° 28' 00" e 7° 50' 00" de latitude sul e 37° 14' 00" e 36° 49' 00" de longitude oeste (Figura 1). Esta bacia possui 631 açudes distribuídos em 769 Km², sendo que 620 açudes, ou seja, 98% dos reservatórios possuem área inferior a 20 ha (BARBOSA et al., 2021).

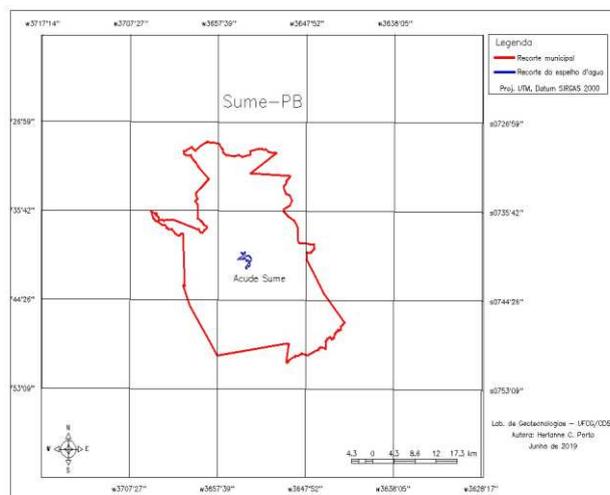


Figura 1. Localização geográfica do açude público de Sumé, Paraíba

Fonte: Própria autoria, 2020.

A bacia hidrográfica do principal açude da região, o açude de Sumé, está inserida totalmente nas cidades de Sumé, Monteiro, Prata, Ouro Velho e Amparo sendo que sua maior parte fica localizada na cidade de Sumé. Apresenta uma capacidade máxima de armazenamento de 44,8 milhões de m³ com a respectiva área de espelho d'água de 8,5 milhões de m². Possui, ainda, a montante os açudes Ouro Velho, Prata II e São Paulo (DANTAS; SILVA, 2019).

O principal rio da região, e contribuinte primário do açude de Sumé, é o Sucuru, com nascente na cordilheira dos Cariris Velhos, a 5 km de distância da cidade de Ouro Velho; seu percurso, de oeste/leste, é interrompido pelo açude de Sumé, a 2 km do município; apresenta como principais

afluentos os: Riacho da Prata, Jureminha, Salgadinho, Olho D'água e São Francisco (ALENCAR, 2008).

De acordo com a classificação de Gaussen a área em estudo está sob a influência dos seguintes tipos climáticos: 4aTh (tropical quente de seca acentuada), 2b (subdesértico quente de tendência tropical) e 3aTh (mediterrâneo quente ou nordestino de seca acentuada). Não obstante, de acordo com a classificação de Koppen, o clima predominante na região é do tipo Bsh (semi-árido quente), com precipitações médias anuais baixas (em torno de 400 mm) com estação seca que pode atingir até 11 meses. O índice de aridez (IA) de Thornthwaite para a bacia do Sucuru é de 0,22, que caracteriza o seu clima como semi-árido (ALENCAR, 2008). Considerando os meses com maior intensidade de chuvas, assim como os meses com menores precipitações pluviométricas, verifica-se que para a região do Cariri paraibano o trimestre chuvoso está relacionado com os meses de fevereiro-março-abril, já para o período trimestral mais seco compreende os meses de agosto-setembro-novembro (SENA et al., 2017).

Para Silva (1994) a geologia da região está representada pelo complexo gnaissico-migmatito e rochas granitóides, do pré-cambriano indiviso e do período quaternário, por sedimentos aluviais. A área de estudo compreende o Planalto da Borborema, correspondente à unidade morfológica Superfície do Planalto ou Superfície dos Cariris, apresentando domínio de relevo suave ondulado e ondulado, com altitudes variando de 380 a 500 m (BRASIL, 1972).

Na região de estudo predomina a caatinga hiperxerófila de porte arbóreo baixo ou arbóreo arbustivo, com destaque para as seguintes espécies: pereiro (*Aspidosperma pyrofolium* Mart – Apocynaceae), quixabeira (*Bumelia sertorum* Mart – Sapotaceae), xique-xique (*Pilocereus gounellei* Weber – Cactaceae), aroeira (*Astronium urundeuva* Engl. – Anacardiaceae), baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl – Anacardiaceae), mandacaru (*Cerus Jamacaru* DC – Cactaceae) e marmeleiro (*Croton* sp. – Euphorbiaceae), além de apresentar uma concentração de cactáceas e bromeliáceas relativamente alta, a partir de 1980, da algarobeira (*Prosopis juliflora* SW. DC – Fabaceae) e leucena (*Leucena leucocephala* Lam. – Fabaceae) (BRASIL, 1972). A vegetação da caatinga possui alta capacidade de adaptação à escassez hídrica; seus recursos bioquímicos e físicos a tornam altamente adaptada aos longos períodos de estiagem da região (RIBEIRO, 2014). A agricultura se baseia na agricultura familiar com o plantio de espécies como feijão macassá ou de corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp – Fabaceae) e o milho (*Zea mays* L. – Poaceae), ainda nas culturas de batata-doce, fava, algodão herbáceo, mamona, mandioca, milho, tomate, feijão, banana, coco, goiaba, manga e sisal. A pecuária está embasada na criação extensiva de rebanhos, por ordem de importância: caprino, bovino, ovino, suíno, equino, asinino e muares. Na última década, apresenta-se um cenário crescente no quantitativo aviário.

De acordo com Silva Neto (2004), os solos ocorrentes na região de estudo são: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (PVAR); LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico (TCo1) com associações de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico, LUVISSOLO CRÔMICO Órtico Vértico; NEOSSOLO LITÓLICO EUTRÓFICO (RLe5) com associação de Afloramentos de rochas, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico; NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico (RRe); e em menores proporções o NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico (RVve).

Imagens orbitais e o Processamento digital

O trabalho usou imagens/cenas orbitais dos satélites: Landsat 8/ OLI, que possui 9 bandas, sendo a banda 8 (Panchromatic) com resolução espacial de 15m e as demais com resolução espacial de 30m, com possibilidade de transformar as demais bandas em resolução espacial de 15m. Possui ainda resolução radiométrica de 16 bits e tempo de revisita de 16 dias. As imagens foram adquiridas junto ao site do Serviço Geológico dos Estados Unidos pelo portal Earth Explorer (USGS, 2019); e, Landsat 7/TM e ETM+, os sensores TM e ETM+ possuem sete bandas, a resolução geométrica das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 é de 30 m, para a banda 6, a resolução é de 120 m, visitam a mesma área a cada 16 dias (INPE, 2019).

Além do mais, um dos critérios que utilizamos para a escolha dessas cenas se deu a partir da cobertura de nuvens para o quadrante no qual se apresenta a bacia hidráulica do Açude de Sumé. Todas as imagens foram pesquisadas e solicitadas junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE, obtidas na órbita/ponto 215/65.

Após selecionadas as cenas dos satélites, foram verificados os valores quantitativos percentuais dos volumes hídricos do açude de Sumé, junto ao site da AESA, responsável pela mensuração, no qual serviu de parâmetro base para os cálculos dos volumes.

O sistema utilizado para o processamento digital de informações georreferenciadas foi o SPRING, versão 5.5.1, de domínio público, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do INPE. Para o processamento digital de imagens utilizou-se as seguintes metodologias: Contraste: técnicas de realce de contraste das imagens; Componentes Principais: das bandas 5, 4 e 3 (Landsat 7) e 6, 5 e 4 (Landsat 8); Operações Aritméticas: IVDN; Realce por Decorrelação; Composição Multiespectral Ajustada: utilizando as bandas B3 + IVDN + B1); e, Falsa composição de cor: emissão dos canais RGB para as bandas 4-5-6 respectivamente, no qual dá-se a composição RGB básica.

Em todos os processamentos aplicou-se contrastes de imagem, para uma melhor visualização do alvo. Vale a ressalva que houve uma variação na utilização de bandas, em sendo as bandas das cenas do satélite Landsat 8/OLI, sempre utilizando-se uma banda posterior, ou seja, utilizou-se a banda 3 para o Landsat 7 utilizou-se a banda 4 para o Landsat 8.

Após os processamentos digitais das imagens, foi procedida uma edição vetorial para a produção dos recortes das áreas do espelho d'água do açude de Sumé. As áreas mensuradas utilizando a rotina medidas de classes, do menu temático do SPRING. foi procedida uma escolha dos valores de níveis digitais dos pixels das imagens, no qual foram considerados como o alvo "água", evitando a incongruência de dados na edição vetorial, utilizada para o recorte da área do açude.

Foi procedida uma Análise de Regressão Linear (R2) entre os dados de porcentagem do volume hídrico fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAPB), foram considerados como os dados reais, em datas específicas, com as porcentagens de volume hídrico adquiridos matematicamente, de acordo com as metodologias. Posteriormente, foi feita uma análise, utilizando um teste T de Student, que verificou se existia ou não uma diferença estatística entre os valores percentuais obtidos através das metodologias de processamentos das imagens e escolheu-se a melhor técnica de avaliação do volume hídrico dos açudes.

Método de análise do Volume hídrico

Para se calcular o volume de aporte hídrico do açude de Sumé, foi utilizado o método proposto por Molle e Cadier (1992), encontrado no Manual do Pequeno Açude, que realiza o cálculo da estimativa do volume de água pela seguinte equação:

$$V = (A * H) / \alpha$$

Em que: V: volume do açude (m³); A: área do espelho d'água do açude (m²); H: profundidade máxima do açude (m), e α : Coeficiente de forma do açude; considerado o valor médio de $\alpha=2,70$.

Os valores máximos da profundidade H, da superfície e do volume V do açude, correspondem à cota de sangria (MOLLE; CADIER, 1992). Encontrou-se a profundidade máxima do açude de Sumé (cota H), rearranjando a fórmula anterior, no qual isolou-se a variável que queríamos descobrir (H) e, para as outras variáveis, foram adotados valores de quando o açude se encontrava em 100% de sua capacidade, correspondendo à: área do espelho d'água (A) que teve valor de 8,5×106m² de acordo com Dantas e Silva (2019); para volume (V) foi de 44.864.100m³ conforme dados da AESA. Assim sendo, obteve-se 14,25m para cota de altura máxima (H), que foi utilizado como constante que determinou os volumes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a metodologia sugerida de processamento digital de imagens, obteve-se a área do espelho d'água e usando a equação de Molle e Cadier (1992), em que observa-se os valores de porcentagem de volume hídrico na Tabela 1.

Na figura 2, observa-se o mapa do açude público Sumé em Composição Multiespectral Ajustada (CMA) na coleta 6. As composições coloridas para o mapeamento de áreas permitem que a análise seja mais fácil do alvo solicitado, em que, cada bandas devem estar relacionada a uma das cores primárias (RGB), que podem ser reunidos em várias composições. Retrata que as CMA usando o IVDN, são práticas e hábil para estudo e acompanhamento espaço-temporal da atividade antrópica nos espelhos d'água (SILVA NETO et al., 2009).

Segundo o INPE (2019), o contraste através dos dois objetivos pode ser estabelecido como a razão das suas classes de cinza médios, onde aplica-se a técnica de realce de contraste a fim de aperfeiçoar a qualidade das imagens conforme as particularidades da visão do ser humano. A realização desse

mecanismo apresenta os dados de forma que o alvo permaneça visível para o usuário.

Realizou-se a criação dos mapas a todas as coletas ajustadas, por meio da geração de Componentes Principais (CP), como observa-se na Figura 3, o açude público Sumé depois da realização do método com dados da coleta 6.

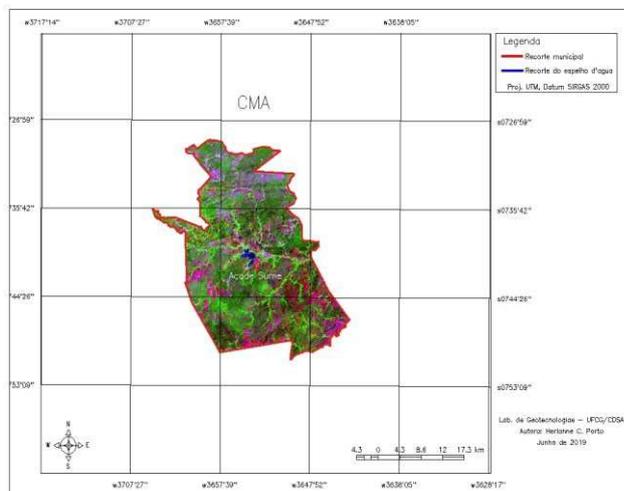


Figura 2. Mapa da Composição Multiespectral Ajustada (CMA) do açude público Sumé, Paraíba
Fonte: Própria autoria, 2020.

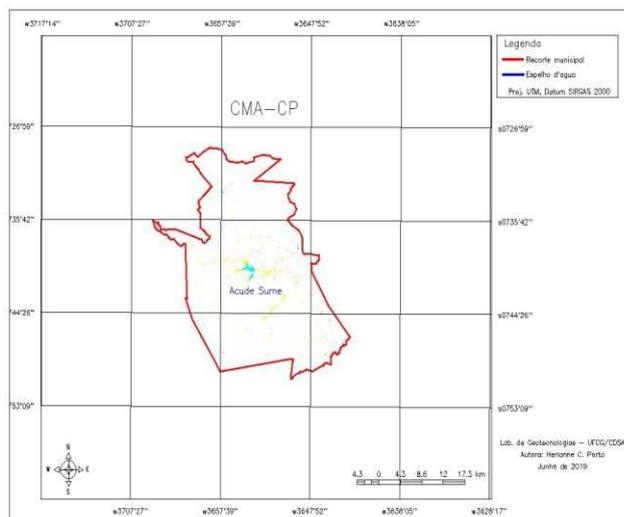


Figura 3. Mapa da transformação por Componentes Principais (CP) do açude público Sumé, Paraíba.
Fonte: Própria autoria, 2020.

Tabela 1. Dados de porcentagem do volume hídrico das coletas de dados para o açude público de Sumé, Paraíba.

Coleta	AESA (%)	CMA (%)	CMA-CP (%)	CMA-DECO (%)	RGB-CONTRASTE (%)
1	5,93	5,12	6,33	6,25	7,38
2	86,71	75,8	84,45	78,6	85,22
3	75,56	65,34	75,12	66,71	73,67
4	68,45	59,11	60,12	58,76	67,22
5	23,14	24,51	23,98	23,43	23,35
6	19,63	23,43	28,38	22,22	20,19
7	5,35	5,56	8,76	9,24	5,37

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA); Composição Multiespectral Ajustada (CMA); Componentes Principais (CP); Realce por Decorrelação (DECO)

O método de CP ajuda no realce ou retira a redundância espectral, ou seja, possui o intuito de produzir um agrupamento de imagens onde não aponte repetição de dados em cada uma das bandas individuais. A aplicabilidade desse processo produz um agrupamento de imagens, que de acordo com o INPE (2019) cada valor de pixel é um arranjo linear dos valores originais. Desse modo, gerou-se três imagens, onde são arranjadas de acordo com a redução da variância de nível de cinza. Para estas, ajustou o RGB para unir e proporcionar uma melhor visualização.

É possível visualizar na Figura 3, que através da metodologia usada, a diferença do alvo exibiu-se de forma direta, no qual o reconhecimento nítido da água presente na bacia hidráulica do açude de Sumé.

Os mapas de Realce por Decorrelação foi realizado para todas as coletas de dados, em que, observa-se na Figura 4 o resultado da coleta 6, onde, nota-se os pontos positivos através da interpretação da modificação analisada, pela separabilidade do alvo desejado (Bacia hidráulica do açude de Sumé) e os demais elementos.

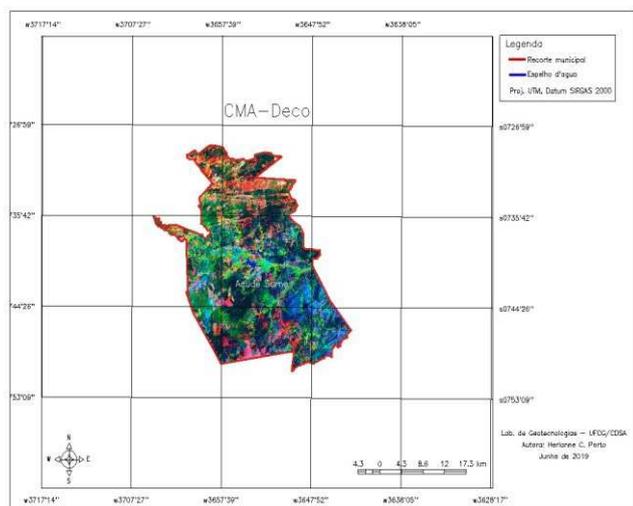


Figura 4. Mapa de Realce por Decorrelação (DECO) do açude público Sumé, Paraíba
Fonte: Autoria própria, 2020.

Na Figura 5 observa-se a representação do espelho d'água do açude de Sumé após a realização do método RGB, onde foi criada para as sete coletas estudadas. O método usado constitui-se de uma imagem colorida, para as cenas dos Satélites Landsat's 7 e 5 as bandas 5-4-3 condiz ao vermelho, verde e azul (RGB), nessa ordem, para o Landsat's 8 as bandas

serão 6-5-4. Para melhorar a visualização do alvo usou-se o contraste de imagens.

Na Figura 5 nota-se a um mapa, em que os tons de vermelho descrevem o solo exposto, os tons verdes simbolizam a vegetação e os tons azul representa a água.

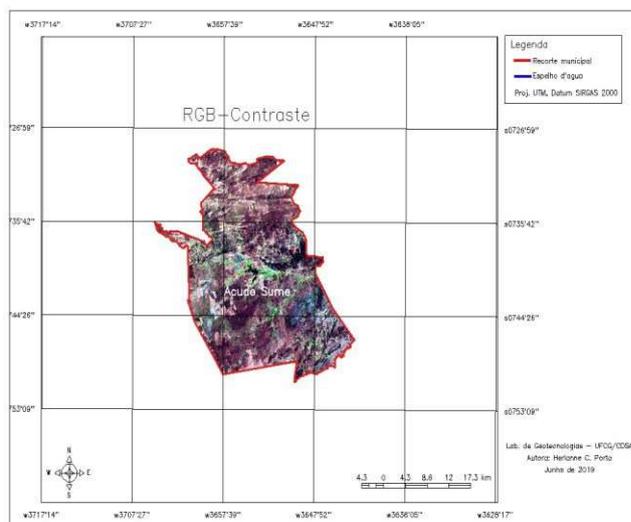


Figura 5. Mapa do método RGB contraste para o açude público Sumé, Paraíba
Fonte: Autoria própria, 2020.

Na tabela 2 verifica-se que os métodos usados possuem correlação significativa, em relação aos dados de referência da AESA, com correlação superior de 0,99.

O método RGB-CONTRASTE foi o que apresentou uma maior correlação de (0,9998), ou seja, obteve valor próximo aos dados da AESA, acompanhado da CMA-DECO com (0,9979), que quando comparado com os dados da AESA, apresenta pequena diferença entre essa metodologia e os dados de referência, O CMA-CP apresentou menor correlação (0,9918), porém apresentando resultados significativos.

Tabela 2. Correlação entre os métodos dados de referência da AESA para o açude público Sumé, Paraíba

	AESA	CMA	CMA-CP	CMA-DECO	RGB-CONTRASTE
AESA	1				
CMA	0,996633169	1			
CMA-CP	0,991865368	0,995334787	1		
CMA-DECO	0,997919853	0,997932119	0,996445316	1	
RGB-CONTRASTE	0,999898037	0,996682591	0,991605155	0,997629338	1

CONCLUSÃO

O sensoriamento remoto mostrou-se eficaz para o estudo dos recursos hídricos, sendo um método viável economicamente com rápidos resultados. O método de processamento digital de imagens permitiu delimitar e calcular a área do espelho d'água do açude público de Sumé, em que, a correlação entre os volumes hídricos de referências com o uso dos métodos obteve valores acima de 0,99, sendo o método RGB-CONTRASTE o que mais coincidiu com os dados da AESA.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/CNPq-UFCG pela concessão da bolsa de pesquisa para o período de vigência de 2019/2020 e ao meu orientador, George do Nascimento Ribeiro pelas instruções

durante toda a pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERÊNCIAS

AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Monitoramento. 2018. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaGraficos&codAcude=532>>. Acesso em: 14 nov.2018.

ALENCAR, M. L. S. Os sistemas Hídricos, o bioma Caatinga e o Social na bacia do Rio Sucuru: Riscos e Vulnerabilidades. Tese, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008. 157p.

- ANA, Agência Nacional das Águas. Quantidade de água. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- BARBOSA, R. B. G.; RIBEIRO, G. N.; FRANCISCO, P. R. M.; ARRUDA, D. A.; ALMEIDA, R. S.; LEITE, N. M. G. Geotecnologias aplicadas ao estudo da cobertura vegetal em bacia hidrográfica: uso do software “R”. *Revista Geama*, 7(1): 34-43, 2021.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório – Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: Convênio MA/CONTAP/USID/BRASIL. 1972. (Boletim DFSS-EPE-MA, 15 – Pedologia, 8).
- CARDOSO, A. S. Modelagem quali-quantitativa da água no eixo leste do projeto de integração do Rio São Francisco: o caso do Alto Curso do Rio Paraíba. Tese, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022. 199p.
- DANTAS, J. C.; SILVA, R. M. Notas sobre a centralidade dos açudes para a gestão da água no Semiárido brasileiro. *Revista Geografia em Atos*, 1(9): 78-103, 2019. [10.35416/geoatos.v1i9.6310](https://doi.org/10.35416/geoatos.v1i9.6310)
- FERREIRA JUNIOR, J. J.; DANTAS, M. J. F. Análise do albedo da superfície e de índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do Rio Pacoti/CE. *Revista Tecnologia*, 39(2): 1-18, 2018. [10.5020/23180730.2018.8132](https://doi.org/10.5020/23180730.2018.8132)
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Os satélites Landsat 5 e 7. Divisão Geral de Imagens (DGI). 2019. Disponível em: http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php. Acesso em: 10 de junho de 2019.
- MOLLE, F.; CADIER, E. Manual do pequeno açude. Recife:1992.
- RIBEIRO, G. N. Uso de geotecnologias no estudo da degradação das terras no município de Sumé-PB. Tese, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014. 128f.
- ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C.; SOARES, F. C.; GOMES, A. C. S. Modelagem do volume de reservatórios de irrigação para fins de outorga e planejamento agrícola. *Ciência Rural*, 39(9): 2482-2487, 2009. [10.1590/S0103-84782009000900015](https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000900015)
- ROSSI, J. B. Representação de eventos de secas no Brasil por produtos de sensoriamento remoto. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. 92p.
- SENA, J. P. O.; LUCENA, D. B.; RIBEIRO, G. N. Eventos extremos de precipitação no sertão paraibano: Variação espaço-temporal. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 12(4):748 - 755, 2017. [10.18378/rvads.v12i4.4938](https://doi.org/10.18378/rvads.v12i4.4938)
- SILVA NETO, A. F. Estudo das Vulnerabilidades Agro-Ambientais Frente aos Eventos ENOS e a Construção Social dos Riscos em Municípios do Cariri Ocidental – Paraíba: Uma Análise Comparativa. Dissertação, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2004. 201p.
- SILVA NETO, A. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J. M.; SILVA, M. J.; FILGUEIRA, H. J. A. As composições multiespectrais e a dinâmica vegetal em municípios do Cariri Ocidental da Paraíba – Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (XIV) Natal. Anais... Natal, 2009.
- SILVA, F. H. B. Caracterização dos Padrões de Drenagem a partir de técnicas de Sensoriamento Remoto para Uso em Levantamentos de reconhecimento (Alta Intensidade) de Solos. Dissertação, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1994.
- TULLIO, L. Aplicações e princípios do sensoriamento remoto, v.2. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018.
- USGS, United States Geological Survey. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>> Acesso em: 24.jun.2019.