

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE UTILIZANDO IMAGEM DE SATÉLITE EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Carine Fernandes Praxedes¹ Fernando Bezerra Lopes²

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará (UFC) Fortaleza, CE. E-mail: carinepraxede@gmail.com

² Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará (UFC) Fortaleza, CE. E-mail: lopesfb@ufc.br

RESUMO: A temperatura superficial é um dos atributos utilizado no monitoramento e gestão dos recursos hídricos, sendo ela um dos indicativos para verificação do grau de poluição de açudes. Com isso, ela foi estimada utilizando três imagens de satélite e sensoriamento remoto com fins de se obter dados em todo o espelho de água dos açudes Pereira de Miranda e General Sampaio, localizados em região semiárida brasileira, em período de crise hídrica. As ferramentas utilizadas para desenvolvimento do estudo foram os softwares Envi v.5.1, ArcMap v.10.2 e DevC++ através da linguagem de programação C++. Os resultados mostram que a temperatura superficial média variou entre 26 °C e 29 °C em ambos açudes. As mínimas de temperatura ocorreram nas datas em que os açudes estiveram com maiores volumes, assim como as máximas ocorreram nas datas em que os açudes estiveram com seus menores volumes. Neste último caso, percebeu-se também uma maior ocorrência de vegetação as margens e dentro dos reservatórios, o que possivelmente favoreceu ainda mais para neste caso as temperaturas terem sido maiores. Também foi verificado que regiões de maior profundidade os valores de temperatura superficial foram mínimos aumentando à medida que se aproximava das margens. A partir disso, conclui-se que com o uso do sensoriamento remoto é possível realizar uma análise temporal e espacial das transformações que ocorrem na superfície dos açudes e verificar se transformações ocorridas são decorrentes de ações antrópicas ou naturais.

PALAVRAS CHAVE: Sensoriamento remoto; Landsat 8 TIRS; Temperatura superficial.

ABSTRACT: Surface temperature is one of the attributes used in the monitoring and management of water resources, and it is one of the indicators for verifying the degree of pollution of dams. With that, it was estimated using three satellite images and remote sensing in order to obtain data in the entire water mirror of Pereira de Miranda and General Sampaio weirs, located in a Brazilian semiarid region, in a period of water crisis. The tools used to develop the study were the software Envi v.5.1, ArcMap v.10.2 and DevC ++ through the C ++ programming language. The results show that the average surface temperature varied between 26 ° C and 29 ° C in both dams. The minimum temperatures occurred on the dates when the dams were with the highest volumes, as well as the maximum occurred on the dates when the dams were with their lowest volumes. In the latter case, there was also a greater occurrence of vegetation on the margins and within the reservoirs, which possibly favored even more so that in this case the temperatures were higher. It was also verified that regions of greater depth the values of surface temperature were minimal increasing as it approached the margins. From this, it is concluded that with the use of remote sensing it is possible to carry out a temporal and spatial analysis of the transformations that occur on the surface of

the dams and to verify whether the transformations that have occurred are due to anthropic or natural actions

KEY-WORDS: Remote sensing; Landsat 8 TIRS; Surface temperature.

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, mas especialmente em regiões áridas e semiáridas, os efeitos das mudanças climáticas e do aumento das temperaturas ameaçam reduzir a água superficial continental disponível. Isso se dá principalmente por meio da evaporação ocasionada pela intensa capacidade desses reservatórios de água de absorver calor advindo da radiação solar.

No semiárido brasileiro como medida de mitigar os efeitos ocasionados pela escassez hídrica e baixo índice pluviométrico foram construídos muitos açudes com fins de abastecer a população em seus diversos usos. No entanto a sua degradação configura um dos mais sérios problemas que afeta o quadro socioambiental do Nordeste no Brasil (OLIVEIRA, 2006).

A temperatura superficial é considerada um fator importante, que conforme Souza, Bertossi e Lastoria (2015) ela pode interferir em reações químicas e bioquímicas nos açudes, além de alterar processos biológicos que ocorrem na água. No caso de valores altos de temperatura, tem-se um indicativo da presença de nutrientes que podem estar no açude por motivos naturais ou por ações antrópicas (FRANÇA *et al.*, 2013), que como consequência prejudicam qualitativamente e quantitativamente a água para abastecimento da população.

Algumas das formas de medir a temperatura superficial em açudes é através de métodos diretos, em que o profissional fazendo uso de um equipamento coleta a temperatura pontualmente e diretamente na superfície da água, e também métodos indiretos com o uso do sensoriamento remoto, em que se obtêm dados de temperatura em todo o espelho de água e ao seu redor sem o contato direto com a superfície.

Sendo assim, busca-se utilizar o sensoriamento remoto para estimar a temperatura superficial nos açudes Pereira de Miranda e General Sampaio, obter dados espacializados no espelho de água desses açudes e comparar seus resultados em 3 (três) imagens de satélite em anos em que os açudes passaram por uma intensa crise hídrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A estimativa da temperatura superficial foi realizada para dois açudes localizados no semiárido do Estado do Ceará, os açudes Pereira de Miranda e General Sampaio (Figura 1). A classificação climática da região de acordo com a classificação de Koppen (1918), é BSw'h' que possuem uma precipitação pluviométrica variando entre 700 e 800 mm anualmente, evaporação potencial anual de 1356,6 mm, sendo os meses de agosto a dezembro o período onde ocorre os maiores índices de evaporação, e março a maio o período onde ocorre os menores índices de evaporação (FUNCEME, 2018).

Os açudes Pereira de Miranda e General Sampaio possuem função estratégica de abastecimento humano e atendimento de diversos usos para a população que vivem na região. A região dos açudes possui uma alta variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas o que impacta significativamente o volume de água armazenada nesses açudes. Devido a isso o seu volume armazenado é monitorado e disponibilizado no portal hidrológico

da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), esse volume ao longo dos anos pode ser observado na Figura 2.

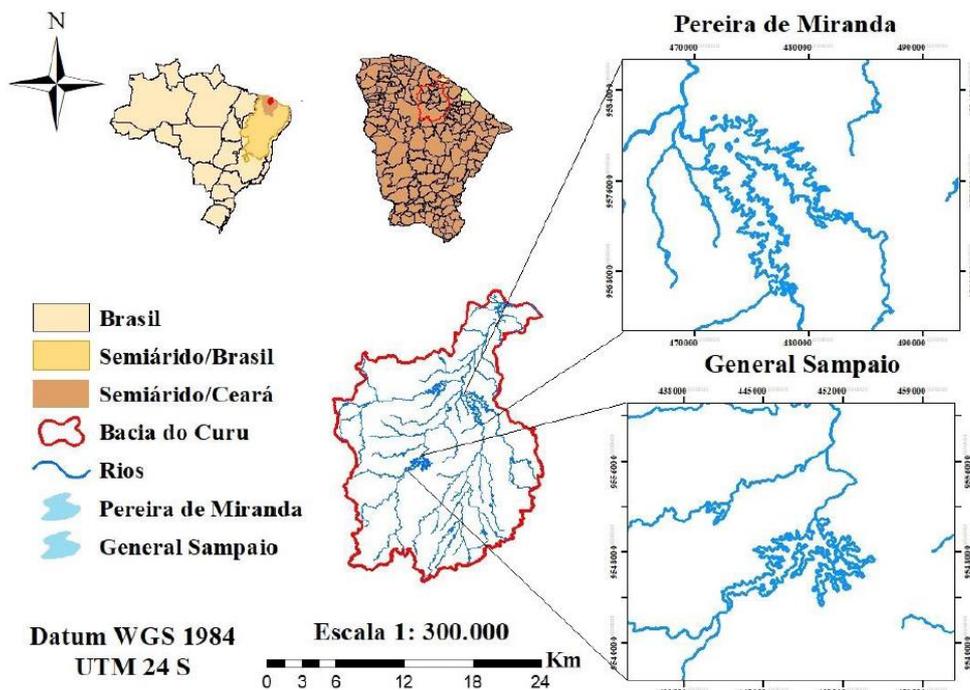


Figura 1 - Localização dos açudes Pereira de Miranda e General Sampaio

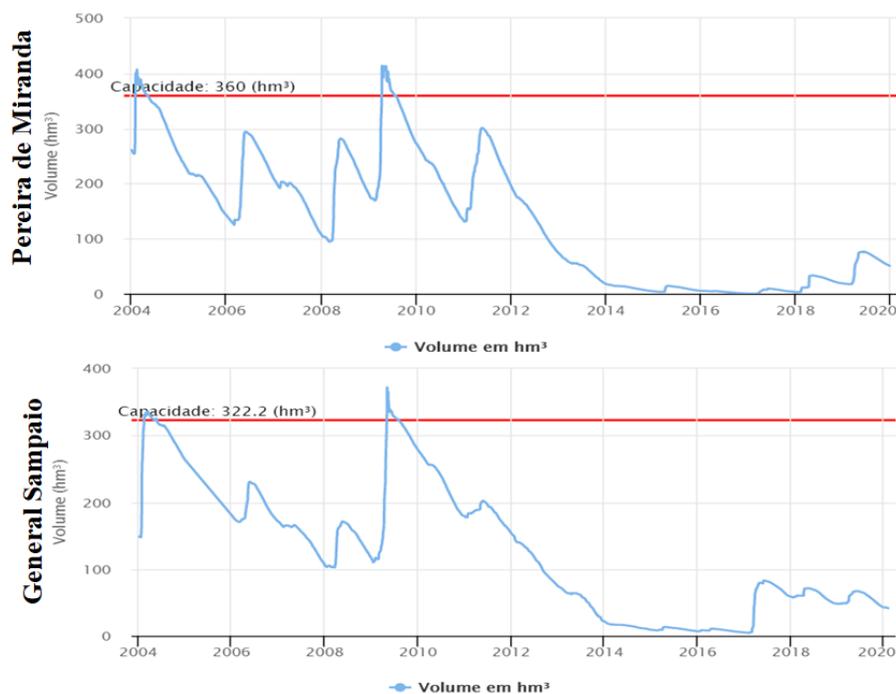


Figura 2 – Volume de água armazenada nos açudes Pereira de Miranda e General Sampaio entre 2004 e 2020. Fonte: COGERH/FUNCEME (2020)

Temperatura superficial

A estimativa da temperatura superficial foi realizada para três imagens do satélite Landsat 8, sensor *Thermal Infrared Sensor* – TIRS que possui resolução espacial de 100 m, dos dias 08/08/2015, 26/08/2016 e 13/08/2017. As imagens são da cobertura órbita/ponto 217/63 e foram obtidas gratuitamente na plataforma EarthExplorer da *United States Geological Survey* (USGS).

O processamento das imagens foi realizado utilizando os softwares Envi v.5.1 para a classificação e obtenção do espelho de água de cada imagem, DevC++ para a correção radiométrica e estimativa da temperatura superficial utilizando a linguagem de programação C++, e ArcMap v.10.2 para a elaboração e layout dos mapas.

A equação (1) mostra como foi realizada a correção/conversão da imagem baixada em Número Digital (ND) para radiância espectral utilizando os fatores de redimensionamento da radiância no arquivo MTL de cada imagem.

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

em que: L_{λ} = Radiância espectral no topo da atmosfera ($W/m^2 * srad * \mu m$); M_L = Fator de redimensionamento multiplicativo específico de cada banda no metadados; A_L = Fator de redimensionamento aditivo específico de cada banda no metadados; e Q_{cal} = Valores do número digital de cada pixel.

Para o cálculo da temperatura superficial foi primeiro calculado a temperatura de brilho das imagens utilizadas e realizado a conversão para temperatura superficial (AVDAN; JOVANOVSKA, 2016). No cálculo da temperatura de brilho foi utilizado a equação (2).

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (2)$$

em que: TB = Temperatura de brilho no sensor (K); K_1 = Constante de conversão térmica específica da banda 10 no metadados com valor utilizado igual a 774,8853; K_2 = Constante de conversão térmica específica da banda 10 no metadados com valor utilizado igual a 1321,0789; e L_{λ} = Radiância espectral da banda 10 calculado na equação (1). A temperatura superficial foi calculada utilizando a equação (3).

$$T_{sup} = \frac{TB}{1 + \left(\frac{0,00115 + TB}{1,4388}\right) * \ln(\epsilon_{sup})} \quad (3)$$

em que: T_{sup} = Temperatura superficial (K); TB = Temperatura de brilho no sensor (K); e ϵ_{sup} = Emissividade de superfície, para corpos de água foi utilizado o valor de 0,991 obtido por Wang *et al.* (2015), eles afirmam que corpos d'água é bastante estável em comparação com outras superfícies, apresentando somente uma ligeira mudança caso ocorra a mistura de sedimentos ou biomassa na água.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na execução do algoritmo feito para calcular a temperatura superficial foram gerados rasters de temperaturas e assim foi possível visualizar o comportamento da temperatura em todo o espelho de água dos açudes Pereira de Miranda e General Sampaio nas datas de estudo (Figura 3).

Os menores valores de temperatura em toda área ocorreram dentro dos açudes, onde ocorre os maiores índices de absorção de calor advindo da radiação solar, no entorno deles a temperatura chegou ao seu máximo, demonstrando que possivelmente seu entrono está com muito solo exposto ou com área urbanizada. Araújo e Di Pace (2010) utilizando imagens de satélite também identificou que maiores valores de temperatura superficial foram dentro das malhas urbanas, decorrentes principalmente da impermeabilização do solo e outras fontes de calor antropogênicas.

Os açudes no período de estudo, 2015, 2016 e 2017, estavam passando por uma severa crise hídrica, o que impactou significamente o volume de água armazenada (Figura 2). Possivelmente esse cenário influenciou fortemente a temperatura superficial estimada, uma vez que, conforme dados obtidos, as máximas de temperatura foram obtidas para as datas em que o volume atingiu as suas mínimas. Tal fato também foi observado por Lemos (2011) no reservatório Pereira de Miranda.

O cenário mais crítico foi o da data 26/08/2016 para ambos os açudes, em que foi atingido o menor volume no período de estudo, o menos crítico para o açude Pereira de Miranda foi na data 08/08/2015, já para o açude General Sampaio foi 13/08/2017. Isto também foi verificado por Barroso, Pinheiro e Pereira (2018) em seu estudo, onde a temperatura da água foi dependente da variação de volume armazenado.

As maiores temperaturas foram registradas dentro dos açudes variando entre 26 °C e 29 °C. Além disso os valores de temperatura foram aumentando conforme se aproximava das margens dos açudes devido a maior quantidade de radiação solar que atingia mais profundamente o corpo hídrico, demonstrando, assim, a representatividade espacial dos dados por imagem de satélite.

Observou-se ainda nos açudes uma intensa ocorrência de macrófitas aquáticas, isso possivelmente pode ter interferido, mesmo que indiretamente, nos altos valores de temperatura estimado em algumas regiões dentro dos açudes. Além disso, os açudes podem ter recebido uma alta carga de nutrientes o que como consequência proporcionou o crescimento de algas e outras plantas (LOPES *et al*, 2015), e devido a isto os açudes podem estar em um processo avançado de eutrofização.

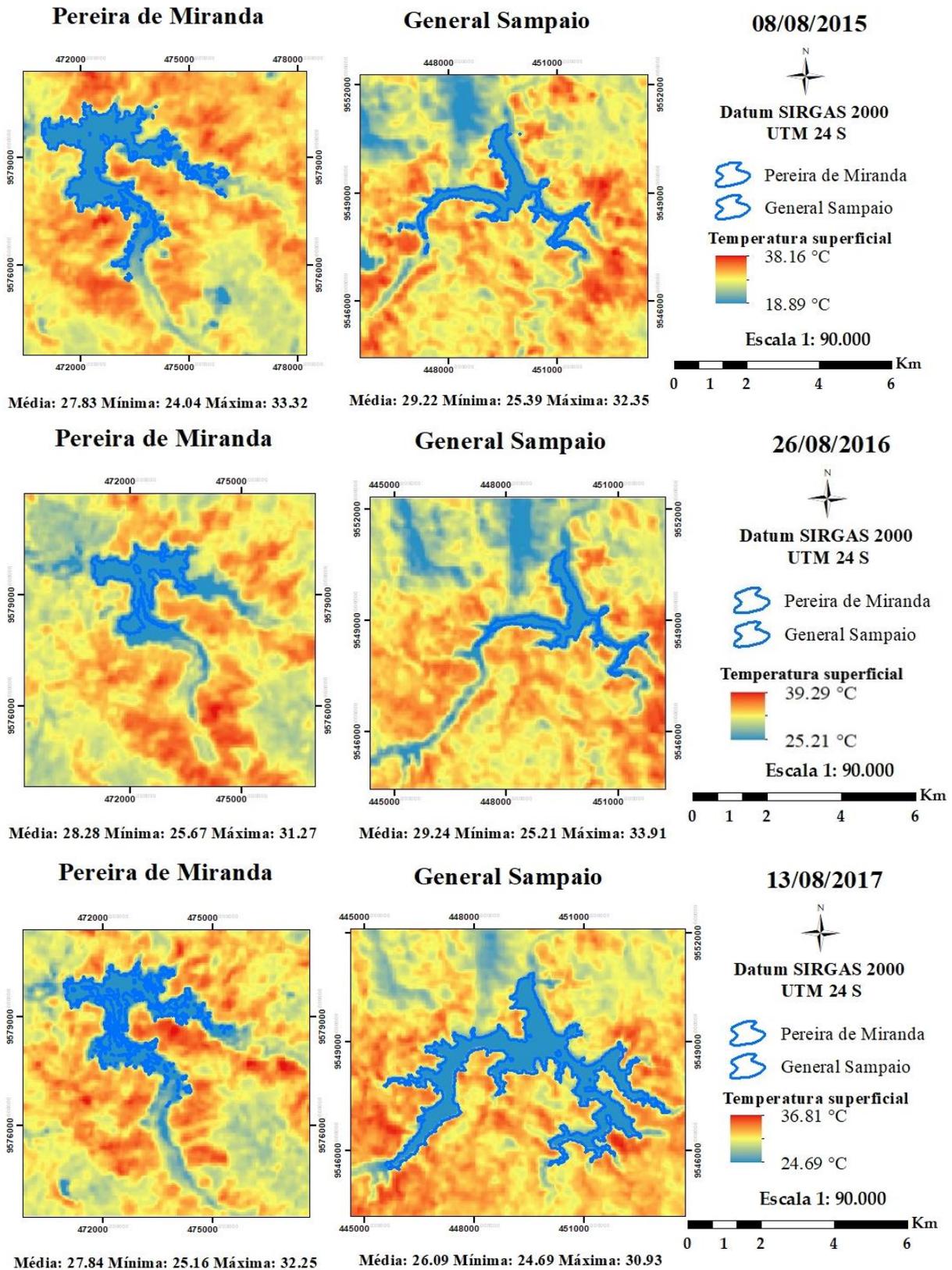


Figura 3 - Estimativa da temperatura superficial

CONCLUSÕES

A aplicação do sensoriamento remoto na estimativa da temperatura superficial nos açudes Pereira de Miranda e General Sampaio mostrou a possibilidade e obtenção de dados coerentes de maneira espacial e temporal em superfícies de açudes no semiárido. Obteve-se uma temperatura média variando em torno de 26 e 29 °C, sendo valores mínimos nas regiões de maior profundidade e valores máximos nas regiões com menor profundidade. Além disso, nas áreas menos úmidas em relação aos açudes, como na vegetação ou solo exposto, foi atingido os maiores valores de temperaturas. Sendo assim a estimativa forneceu dados espacialmente distribuídos no espelho de lagos em que podem servir de auxílio na caracterização, planejamento e gestão da água desses açudes ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, T.L.; DI PACE, F.T. Valores instantâneos da temperatura da superfície terrestre na Cidade de Maceió-AL utilizando imagens do satélite TM/Landsat 5. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.104-111, 2010.

AVDAN, U.; JOVANOVSKA, G. Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data. **Journal Of Sensors**, [s.l.], v. 2016, p.1-8, 2016. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1480307>.

BARROSO, G. R.. Avaliação da qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Nova Ponte (MG) e sua relação com o volume de água do reservatório. **Revista Geográfica Acadêmica**, Roraima, v. 12, p. 91-109, dez. 2018. Anual. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/5158/2547>. Acesso em: 23 abr. 2019.

COGERH. **Volume armazenado - Reservatório**. 2020. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FRANÇA, J. M. B.; WACHHOLZ, F.; NETO, J. A. C.; PAULINO, W. D. Comportamento das variáveis qualitativas do açude Pereira de Miranda – Pentecoste/CE, no período de estiagem. **Revista Geociências**, v. 32, n. 4, p. 586-599, 2013.

FUNCEME, **Espelho d'água**, 2018. Disponível em: <http://map.funceme.br/espelhos/estado.php?favlang.x=95&favlang.y=27&favlang=es>. Acesso em: 08 abril 2020.

LEMOS, W. E. D. **Monitoramento e Gestão da Qualidade da Água em Reservatórios Incorporando Processos Hidrodinâmicos e Climáticos de Regiões Tropicais Semiáridas**. 2011. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

LOPES, F. B.; SENA, M. G. T.; OLIVEIRA, C. M. B.; LIMA, F. J. O.; ANDRADE, E. M.; BECKER, H.. Eutrofização em reservatórios da região semiárida. **Anais do III Inovagri**

International Meeting - 2015, [s.l.], p. 3569-3579, 2015. INOVAGRI/INCT-EI. <http://dx.doi.org/10.12702/iii.inovagri.2015-a383>.

OLIVEIRA, V. P. V.. **A problemática da degradação dos recursos naturais no domínio do sertões secos do Estado do Ceará-Brasil**. Fortaleza: UFC, 2006.

SOUZA, A. DE; BERTOSSI A. P. A.; LASTORIA G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Córrego Bandeira, Campo Grande, MS, (2015). **Revista Agroambiente**. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2312>.

USGS - **UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY**. EarthExplorer. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/> Acesso em: 08 abril 2020.

WANG, F. *et al.*. An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 7, n. 4, p.4268-4289, 10 abr. 2015. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs70404268>.