

DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES BIOFÍSICOS NA BARRAGEM DO BEZERRO, MUNICÍPIO DE JOSÉ DE FREITAS – PI, PARA OS ANOS DE 1991 E 2008

Determination of biophysical indices in the Bezerro Dam, municipality of José de Freitas – PI, for the years 1991 and 2008

Marco Aurélio da Silva Lira Filho¹, Mauro César de Brito Sousa² Bruna de Freitas Iwata³,

¹ Programa de Pós Graduação em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF/IFPI catce.202111pape0020@aluno.ifpi.edu.br ; ORCID: 0000-0001-5774-6469

² Programa de Pós Graduação em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF/IFPI; mauro.sousa@ifpi.edu.br; ORCID: 0000-0002-0650-6577

³ Programa de Pós Graduação em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF/IFPI; iwata@ifpi.edu.br ; ORCID: 0000-0002-6465-9731

RESUMO: Estudos voltados para a determinação de índices biofísicos são de fundamental importância para estudos agrometeorológicos, de monitoramento climático, previsão de tempo e gestão ambiental. Assim, técnicas baseadas em sensoriamento remoto orbital se destacam por estimar valores requerendo poucos dados do local de análise e pela rapidez operacional. Nesse contexto, o presente artigo busca identificar a variação média dos valores do saldo de radiação correlacionando com o albedo superficial, o NDVI e a temperatura superficial, decorrentes da construção do lago da barragem do Bezerro no Município de José de Freitas – PI. Para isto, foi realizada uma modelagem utilizando o software Qgis sobre cenas do sensor TM do LANDSAT 5 com data de passagem de 03/07/1991 e 17/07/2008, na órbita 219 e ponto 63 com resolução espacial de 30 metros e em formato *geotif*. Como resultados, verificou-se que os valores de média dos índices entre o recorte temporal analisado não apresentaram grandes variações para temperatura superficial. Porém, os índices biofísicos NDVI e Albedo apresentaram variações significativas decorrentes da construção do reservatório artificial da Barragem do Bezerro, que implicaram em um aumento nos valores do saldo de radiação da área depois da construção do lago.

Palavras-chave: Albedo. NDVI. Radiação. Temperatura.

ABSTRACT: Studies aimed at determining biophysical indices are of fundamental importance for agrometeorological, climate monitoring, weather forecasting and environmental management studies. Thus, technicians based on orbital remote sensing stand out for estimating values requiring few local data for analysis and for operational speed. In this context, this article seeks to identify an average variation in the values of the radiation balance correlating with the surface albedo, the NDVI and the surface temperature, resulting from the construction of the Bezerro dam lake in the municipality of José de Freitas - PI. For this, a modeling was performed using the Qgis software on scenes from the LANDSAT 5 TM sensor with pass data from 07/03/1991 and 07/17/2008, in orbit 219 and point 63 with a spatial resolution of 30 meters and in *geotif* format. As a result, it was found that the mean values of the indices between the analyzed time frame did not vary greatly for surface temperature. However, the biophysical indexes NDVI and Albedo dissipation resulting from the construction of the artificial reservoir at the Bezerro Dam, which implied an increase in the values of the radiation balance in the area after the construction of the lake.

Keywords: Albedo. NDVI. Radiation. Temperature.

1 Introdução

Modificações em condicionantes naturais de um determinado ambiente, como substituição de áreas vegetadas nativas por edificações, asfalto, cultivos agrícolas e construção de reservatórios de água, modificam o padrão das trocas de energia entre a superfície terrestre e a atmosfera para um determinado local, influenciando, portanto nos parâmetros de absorção, transmissão e reflexão de radiação incidente (ALVES, et al, 2012).

Os estudos voltados para a determinação do saldo de radiação, que compreende no balanço entre as entradas e saídas de radiação de ondas curtas (Sol) e longas (atmosfera) são de fundamental importância para estudos agrometeorológicos, de monitoramento climático, previsão de tempo e gestão ambiental. E muitos instrumentos são capazes de aferir com boa precisão vários componentes do saldo de radiação, entretanto proporcionam medidas *in loco* representando a realidade de uma pequena dimensão espacial (TEIXEIRA, 2000).

Graças à necessidade de se estimar este parâmetro climático para grandes áreas, as técnicas baseadas em medições realizadas por sensoriamento orbital se mostram mais robustas e adequadas, tendo em vista a grande cobertura espacial e o baixo custo operacional. Frente a essa problemática, as técnicas de PDI - (Processamento Digital de Imagens) orbitais apoiadas em SIG - (Sistema de Informação Geográfica) surgem como alternativa para estudos de escalas regionais, possibilitando estimar parâmetros biofísicos como a temperatura, o albedo de superfície, e índices de vegetação (FREITAS et al, 2015).

Modelos que estimam parâmetros biofísicos por meio de imagens de satélites se destacam por estimar valores requerendo poucos dados do local de análise. Neste contexto, este artigo busca identificar a variação média dos valores do saldo de radiação correlacionando com o albedo superficial, o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e a temperatura superficial em imagens LANDSAT 5 decorrentes da construção do lago da barragem do Bezerro no Município de José de Freitas – PI.

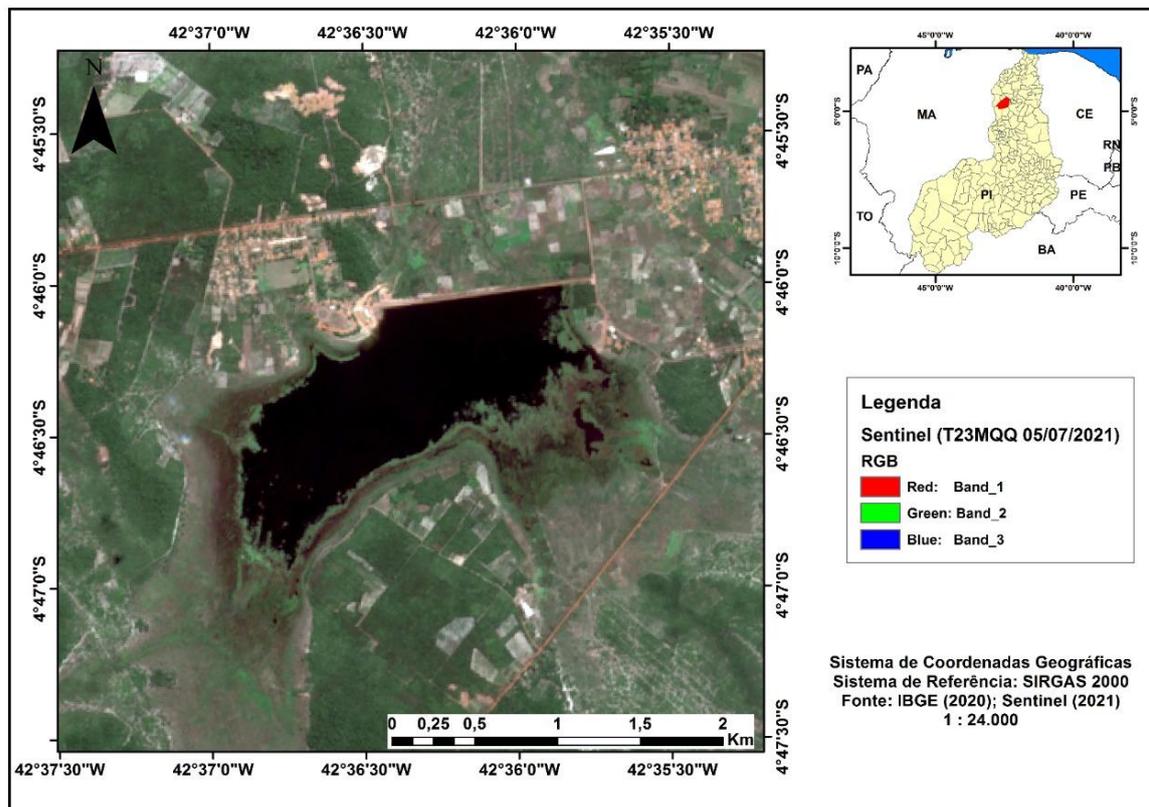
2 Material e métodos

O presente estudo de caso tem como área de análise a Barragem do Bezerro e áreas próximas ao núcleo urbano da cidade de José de Freitas – Piauí (Figura 1), totalizando um recorte espacial de aproximadamente 104km² com cobertura da terra composta

DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES BIOFÍSICOS NA BARRAGEM DO BEZERRO, MUNICÍPIO DE JOSÉ DE FREITAS – PI, PARA OS ANOS DE 1991 E 2008

predominantemente por vegetação de porte arbóreo-arbustivo, solo exposto, e área antropizada (Asfalto, Telhado e Concreto).

Figura 01 – Localização Geográfica da Barragem do Bezerra – José de Freitas -PI



Fonte: Autores (2021)

Após a obtenção das imagens orbitais, a realização das técnicas de Geoprocessamento e Processamento Digital de Imagens – PDI, desenvolverm-se por meio do software QGIS 2.14.18 Essen com arquitetura para sistema Windows 64 Bits.

3 Determinação dos índices biofísicos

Tendo em vista que as partículas presentes na atmosfera interferem na radiação incidente na superfície e na radiação refletida ao sensor, faz-se necessário o processamento da radiância e da reflectância nas imagens do sensor TM do Satélite LANDSAT 5 para a determinação dos índices biofísicos (ANTUNES, et al., 2012 apud FERNANDA et al, 2015).

A radiância espectral de cada banda ($L_{\lambda i}$) representa a energia solar refletida por cada pixel por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida a nível do satélite Landsat (aproximadamente 705 km de altura), para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Para a banda 6, essa radiância representa a energia emitida por cada pixel e pode ser obtida pela equação a seguir implementando os parâmetros apresentados na Tabela 1. (MARKHAM & BAKER, 1987) apud por ALVES et al 2012)

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Onde: $L_{\lambda i}$ = radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), “a” e “b” = radiâncias espectrais mínimas e máximas ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) obtidos em Chander et al. (2009); ND = intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) correspondente a cada banda e; i = cada banda do TM Landsat 5.

Tabela 1 – Bandas do TM Landsat 5, com os intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (a e b) e irradiancias espectrais no topo da atmosfera (TOA)

Bandas	Comprimento de onda (μm)	A Desde 1994	b		b depois de 02/04/2007	TOA
			01/03/1994 a 04/05/2003	05/05/2003 a 01/04/2007		
1 (azul)	0,452 – 0,518	- 1,52	152,10	193,0	169,0	1983
2 (verde)	0,528 – 0,609	-2,84	296,81	365,0	333,0	1796
3 (vermelho)	0,626 – 0,693	-1,17	204,30	264,0	264,0	1536
4 (IV – próximo)	0,776 – 0,904	-1,51	206,20	221,0	221,0	1031
5 (IV – médio)	1,567 – 1,784	-0,37	27,19	30,2	30,2	220
6 (IV – termal)	10,450 – 12,420	1,2378	15,303	15,303	15,303	-
7 (IV – médio)	2,097 – 2,349	-0,15	14,38	16,5	16,5	83,4
						4

Fonte: Adaptado de CHANDER et al (2009)

A **reflectância monocromática** de cada banda ($\rho_{\lambda i}$), definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido e o fluxo de radiação solar incidente, foi obtida segundo a equação (ALLEN et al., 2002; SILVA et al., 2005).

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad \cos Z = \cos \left(\frac{\pi}{2} - E \right) \quad \text{em que o argumento do cos está em radianos}$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos \left(\frac{DSA \cdot 2\pi}{365} \right) \quad (2)$$

Onde $\rho_{\lambda i}$ = reflectância monocromática de cada banda ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), $L_{\lambda i}$ = radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), $K_{\lambda i}$ = irradiancia solar espectral de

DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES BIOFÍSICOS NA BARRAGEM DO BEZERRO, MUNICÍPIO DE JOSÉ DE FREITAS – PI, PARA OS ANOS DE 1991 E 2008

cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2} \mu m^{-1}$), Z = ângulo zenital solar e dr = quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), E = ângulo de elevação do Sol no metadados da imagem.

A Determinação das reflectâncias das bandas das cenas em análise permitiu determinar o **Albedo da Superfície** que segundo Silva (2005) é definido como a razão entre os fluxos de radiação solar refletido pelo alvo e o fluxo de radiação solar incidente e é determinado pelas seguintes equações:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad \alpha_{toa} = 0,298\rho_1 + 0,270\rho_2 + 0,231\rho_3 + 0,155\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,013\rho_7$$

em que: $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$ e ρ_7 são as reflectâncias.

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot Z \quad (3)$$

Onde: α_{toa} = albedo planetário, α_p = reflectância da própria atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04, mas que em várias aplicações tem sido recomendado o valor de 0,03 e z é a altitude de cada pixel (m), podendo ser representado pelo Modelo Digital de Elevação (MDE).

O **Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)** é obtido através da razão entre a diferença das reflectâncias do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V) e a soma entre elas (Oliveira et al, 2015). Sendo dada pela seguinte equação:

$$IVDN = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (4)$$

Onde: ρ_{IV} e ρ_V correspondem, respectivamente, às refletividades das bandas 4 e 3 do TM – Landsat 5. O NDVI é um indicador da quantidade e da condição da vegetação verde da área e seus valores variam de -1 a +1.

O **índice de área foliar (IAF)**, é uma razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo (m^2/m^2), o IAF é calculado ao considerar a superfície de apenas uma das faces das folhas, sendo o mesmo, um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, processado em seu trabalho (ALLEN et al, 2002).

$$IAF = \frac{LN\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (5)$$

A **emissividade** é a razão da energia radiante emitida pela superfície de uma determinada matéria à energia emitida pelo corpo negro na mesma temperatura. A **emissividade no domínio da banda larga (ϵ_0)**, é obtida segundo Allen et al. (2002), obedecendo as seguintes condicionais:

- Condição 1: para $NDVI > 0$ e $IAF < 3$, condiciona que $\epsilon_0 = 0,95 + 0,01 * IAF$;
- Condição 2: para $NDVI < 0$, condiciona que $\epsilon_0 = 0,985$ (água);
- Condição 3: para $IAF > 3$, condiciona que $\epsilon_0 = 0,98$.

Já a **emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal (ϵ_{NB})** é obtida segundo Allen et al. (2002), obedecendo as seguintes condicionais:

- Condição 1: para $NDVI > 0$ e $IAF < 3$, condiciona que $\epsilon_{NB} = 0,97 + 0,0033 * IAF$;
- Condição 2: para $NDVI < 0$, condiciona que $\epsilon_{NB} = 0,99$ (água);
- Condição 3: para $IAF > 3$, condiciona que $\epsilon_{NB} = 0,98$.

Para a determinação da **Temperatura da Superfície (T_{sup})** em Kelvin é utilizada a emissividade de cada pixel da banda termal (ϵ_{NB}) e a radiância da banda termal ($L\lambda_6$), onde K_1 é uma constante que é igual a $607,76 \text{ Wm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ e K_2 é uma constante de valor $1260,56\text{K}$, essas constantes de calibração são utilizadas para o TM Landsat 5 na banda termal da mesma banda (Allen et al., 2002; Silva et al., 2005). Para obter o valor em $^{\circ}\text{C}$ subtrai-se o resultado pela constante 273,15, na própria calculadora raster.

O **Balanco de radiação ou saldo de radiação da superfície (R_n)**, é composto pela radiação de onda curta incidente o ROC, INC ; da radiação de onda longa incidente o $ROL, LINC$; da radiação de onda longa emitida pela superfície o ROL, EMI ; do albedo da superfície o (α) e a emissividade no domínio da banda larga de cada pixel e o (ϵ_0).

$$R_n = ROC, INC \cdot (1 - \alpha) - ROL, EMI + ROL, LINC - (1 - \epsilon_0) \cdot ROL, LINC \quad (6)$$

A radiação de onda longa emitida pela superfície (ROL, EMI) em W m^{-2} é calculada segundo a equação de Stefan-Boltzmann, em que: T_{sup} é a temperatura da superfície (K);

DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES BIOFÍSICOS NA BARRAGEM DO BEZERRO, MUNICÍPIO DE JOSÉ DE FREITAS – PI, PARA OS ANOS DE 1991 E 2008

ϵ_0 é a emissividade de cada pixel no domínio da banda larga; σ é a constante de Stefan-Boltzmann que equivale a $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

$$ROL,EMI = \epsilon_0 \cdot \sigma \cdot T_{sup}^4 \quad (7)$$

A radiação de onda curta incidente ou (ROC, INC) em W m^{-2} refere-se à fluência de radiação solar global (direta e difusa) que incide em cada pixel na ocasião da passagem do satélite. A constante solar (1367 W m^{-2}) = S; o ângulo zenital solar = Z; a transmissividade atmosférica para condições de céu claro no domínio da radiação solar = τ_{sw} ; dr = quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA) (ALLEN et al.,2002, OLIVEIRA et al.,2012).

$$ROC,INC = S \cdot \cos Z \cdot dr \cdot \tau_{sw} \quad (8)$$

A radiação de onda longa incidente (ROL, INC) pela atmosfera em direção a cada pixel em W m^{-2} é calculado segundo a equação de Stefan-Boltzmann, considerando a emissividade atmosférica (ALLEN et al.,2002, OLIVEIRA et al.,2012). É definida pela seguinte equação:

$$ROL,INC = \epsilon_a \cdot \sigma \cdot T_{ar}^4 \quad (9)$$

- T_{ar} = temperatura do ar medida na estação meteorológica na hora de passagem do satélite (Kelvin);
- σ = constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)
- ϵ_a = emissividade atmosférica definida por $\epsilon_a = 0,85 \cdot (-\ln \tau_{sw})^{0,09}$
- τ_{sw} = transmissividade atmosférica para condições de céu claro no domínio da radiação solar.

Para o T_{ar} foram usados os dados meteorológicos adquiridos através da estação do instituto nacional de meteorologia (INMET), sendo a estação meteorológica automática de Teresina PI (a mais próxima) de altitude 75 m, Latitude- 5.034769° e Longitude -42.801341°

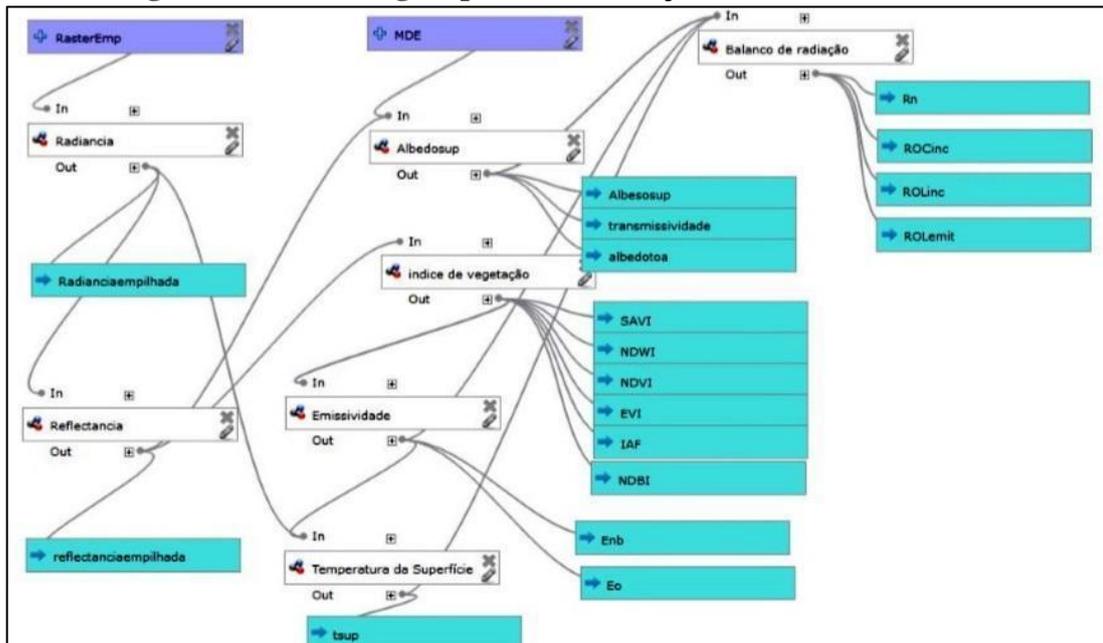
2. 1 Modelagem dos índices Biofísicos no modelador de ferramentas do Qgis

Foram utilizadas duas cenas obtidas do satélite Landsat 5, compostas de sete bandas espectrais, adquiridas por meio do site *Earth Explorer* disponibilizadas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos - *USGS*, e correspondem às imagens do sensor TM – Landsat 5 dos dias 03/07/1991 (antes da construção do lago) e 17/07/2008 (após a construção do lago), na órbita 219 e ponto 63 com resolução espacial de 30 metros e em formato *geo tif*.

Todas as equações para a determinação dos índices biofísicos foram modeladas (Figura 2) por meio do modelador de processamento do software QGIS 2.14.18 Essen, que possui ferramentas nativas da biblioteca GDAL (Biblioteca de Abstração de Dados Geoespaciais) (GDAL, 2018).

Uma das vantagens apresentadas por esse software é o fato da sua disponibilização gratuita e sendo de código aberto, permite uma maior facilidade no compartilhamento e replicação de modelos.

Figura – 2 – Modelagem para identificação dos índices biofísicos



Fonte: Autores (2021)

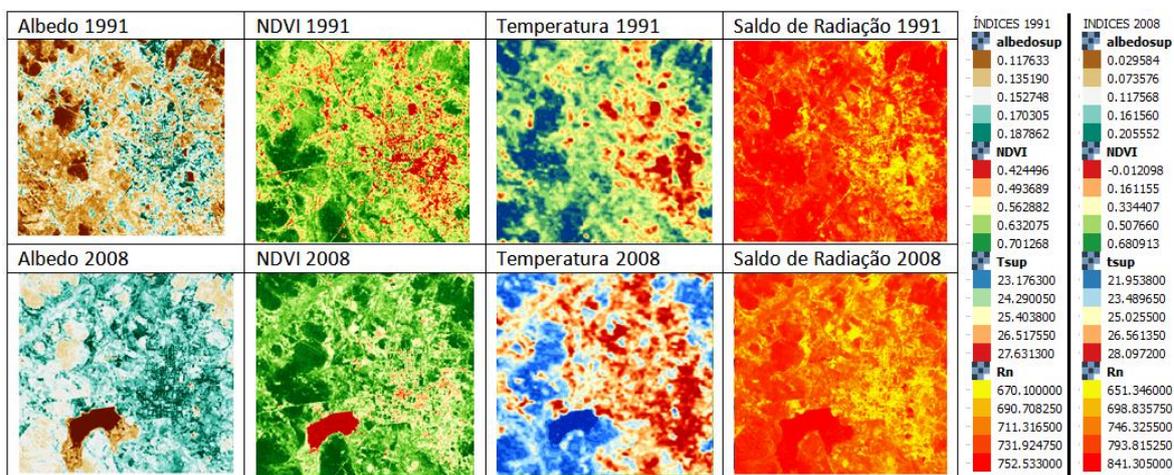
3 Resultados

Os resultados obtidos com as técnicas de PDI (Figura 3) apoiadas pela execução da modelagem em ambiente SIG, de maneira geral não apresentaram grandes variações nos valores de média para temperatura superficial (Tabela 2). Porém, os índices biofísicos NDVI

DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES BIOFÍSICOS NA BARRAGEM DO BEZERRO, MUNICÍPIO DE JOSÉ DE FREITAS – PI, PARA OS ANOS DE 1991 E 2008

e Albedo apresentaram variações significativas que implicaram em um aumento nos valores do saldo de radiação decorrentes da construção do reservatório artificial da Barragem do Bezerro.

Figura 3 – Índices Biofísicos estimados com produtos Landsat 5



Fonte: Autores (2021)

Tabela 2 - Valores de média dos Índices Biofísicos estimados com produtos Landsat 5

ALBEDO	VALORES MINIMOS	VALORES MÁXIMOS	MÉDIA
1991	0.117633	0.187862	0.1527476
2008	0.029584	0.205552	0.117568
NDVI	VALORES MINIMOS	VALORES MÁXIMOS	MÉDIA
1991	0.424496	0.701268	0.562882
2008	-0.012098	0.680913	0.3344074
TEMPERATURA	VALORES MINIMOS	VALORES MÁXIMOS	MÉDIA
1991	23.176300	27.631300	25.4038
2008	21.953800	28.097200	25.0255
SALDO DE RADIAÇÃO	VALORES MINIMOS	VALORES MÁXIMOS	MÉDIA
1991	670.100000	752.533000	711.3165
2008	651.346000	841.305000	746.3255

Fonte: Autores (2021)

Dentre os resultados obtidos, o índice biofísico o NDVI foi o que apresentou uma maior variação nos valores de média decorrentes da construção do reservatório para os anos

do recorte temporal analisado. Tal diferença atribui-se à construção do espelho d'água do reservatório na medida que, conforme citado por Sartori et al. (2009), locais com grande disponibilidade de água superficial e áreas com elevado índice de umidade apresentam baixos valores de NDVI afetando a resposta espectral de alvos vizinhos, como solo exposto próximos a corpos hídricos.

No tocante ao Albedo, a variação dos valores de média, implicaram consideravelmente na representação espacial do índice nas imagens geradas. A variação do valor médio para baixo se comparado ao ano de 2008, explica-se pelo aumento da área de absorção da radiação incidente pela construção do espelho d'água da barragem do Bezerro.

Obteve-se valores semelhantes para a média de Temperatura Superficial entre o recorte temporal analisado. Porém, a interpretação visual nas imagens observa-se que as áreas com a presença de temperaturas mais acentuadas encontram-se situadas, principalmente, no domínio da zona urbana, onde se observa temperaturas superiores à média de 25°C. Valores similares são encontrados em áreas utilizadas para fins de agricultura, especialmente quando estas se encontram com solo exposto, e em outras áreas que apresentam degradação da cobertura vegetal, as temperaturas também se mostraram com valores elevados.

4 Considerações Finais

Os dados gerados (Albedo, NDVI, temperatura da superfície, saldo de radiação) oferecem dados com potencial utilização por pessoas físicas, poder público, ou até mesmo ONG's que cuidem do planejamento urbano e da formulação de políticas públicas de infraestrutura e de saúde ambiental, de modo a trazer qualidade de vida à população local bem como auxiliar no planejamento das atividades agropastoris da região da barragem do Bezerro no município de José de Freitas – PI.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; WATERS, R.; TREZZA, R.; TASUMI, M.; BASTIAANSEN, W. **Sebal-surface energy balance algorithms for land:Idaho implementation: advance training and users manual**. Moscow: Idaho Department of Water Resources, 98p., 2002.

ALLEN, R. G. et al. **Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Applications**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.133, n.4, p.395-406, 2007b

DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES BIOFÍSICOS NA BARRAGEM DO BEZERRO, MUNICÍPIO DE JOSÉ DE FREITAS – PI, PARA OS ANOS DE 1991 E 2008

ALVES, E. D. L.; BIUDES, M. S.; **Padrões da Temperatura do Ar e da Umidade Relativa: Estudo de Caso no Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso.** Boletim. Geografico., Maringá, v. 30, n. 3, p. 516, 2012.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors.** Remote Sensing of Environment, v.113, p.893-903, 2009

OLIVEIRA, L. M. M. et al. **Balço de radiação por sensoriamento remoto em bacia hidrográfica da zona da mata nordestina.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 30, n. 1, 2015

FERNANDA et al. **Análise comparativa da correção atmosférica de imagem do Landsat 8: o uso do 6S e do ATCOR2.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), João Pessoa, 05 - 10 abril 2015. Anais XI SBSR. João Pessoa: INPE, 2015. p. 2419 - 2425.

FREITAS, B. F., BOGGIONE, G. A. E KAMPEL, M. 2015. **Fusão de bandas MODIS na condição geométrica de sunglint para estudos oceanográficos.** Paper presented at the XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, Abril 25-29, 2015.

GDAL. GDAL - **Geospatial Data Abstraction Library.** Open Source Geospatial Foundation, 2018. Disponível em:< <http://www.gdal.org/> > Acesso em 15/05/2021.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. **Balço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, p.243-252, 2005

SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; PIANUCCI, M. N.; ZIMBACK, C. R. L. **Influência do período de estiagem no Índice de Vegetação (NDVI), no município de Botucatu-SP.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), Natal – RN. Anais, São José dos Campos: INPE. p. 4363 – 4369, Abr., 2009.

TEIXEIRA, A. H. C. **Balço de energia na cultura da bananeira no primeiro ciclo de produção.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBA, 2000, CD-Rom