



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTIMAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE DO DISTRITO DO PECÉM COM O USO DO SATÉLITES LANDSAT 5 MSS E LANDSAT 8 OLI/TIRS

Débora Maciel Castelo Holanda ^(a), Bryan Rodrigues de Sousa dos Santos ^(b), Mariana Amâncio de Sousa Moraes ^(c), José Matheus da Rocha Marques ^(d), Jader de Oliveira Santos ^(e)

^(a) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, debholand27@gmail.com

^(b) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, bryan362188@gmail.com

^(c) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, mariana.amancio2901@gmail.com

^(d) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, marquesmatheus@gmail.com

^(e) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, jader.santos@gmail.com

Eixo: Geotecnologia e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O presente artigo busca estabelecer as relações entre a estimativa do aquecimento da temperatura de superfície do distrito do Pecém após a instalação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. O estudo utilizou de técnicas de sensoriamento remoto a partir da extração da temperatura de superfície das bandas termais do Landsat 5 com o sensor Multispectral Scanner (MSS) e Landsat 8 com o sensor Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS). A verificação da temperatura foi realizada antes e após a instalação do complexo industrial, especificamente nos anos de 1999 e 2018. Os resultados obtidos apontam para um aumento de 4° C no intervalo temporal estabelecido, possibilitando a compreensão de que grandes empreendimentos no distrito do Pecém suscitam mudanças nas condições climáticas e de conforto térmico nas áreas de entorno do Complexo Industrial.

Palavras chave: temperatura de superfície, sensoriamento remoto, Pecém



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1. Introdução

A crescente urbanização das cidades tem carregado intensas modificações no meio natural relacionados ao clima. Com o rápido processo de urbanização no século XX nos países em desenvolvimento, Hasenack e Flores (1992) apontam que as intervenções humanas indiscriminadas provocaram alterações significativas na superfície terrestre do planeta.

Segundo Sousa e Ferreira (2012), essas alterações nos espaços urbanos ensejam a substituição de porções naturais no espaço para dar lugar a áreas antropizadas. Esse processo se dando de forma desequilibrada, tem-se o aquecimento das cidades e espaços rurais promovendo mudanças nas condições locais do clima.

Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo verificar se a instalação do complexo industrial e portuário do Pecém acarretou alterações na temperatura da superfície na área core do complexo. Desde 2002 referido distrito e sua área de entorno passou por significativo processo de urbanização e industrialização associado à instalação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), que hoje é o maior complexo industrial e portuário do estado do Ceará.

O Pecém (figura 1) é um distrito do município de São Gonçalo do Amarante situado a oeste da capital Fortaleza. Após a construção do porto do Pecém, a região alcançou uma posição de destaque para a economia do Estado do Ceará. A estrutura do Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP ocupa boa parte do distrito do Pecém, extrapolando os limites do município de São Gonçalo do Amarante abrangendo também o município de Caucaia.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019



Figura I – Localização do distrito do Pecém

A construção do CIPP (Figura 2) levantou questionamentos referentes a sua viabilidade, principalmente, sob a ótica das questões ambientais. Nesse ínterim, a determinação do período de análise está associada ao antes (1999) e depois (2018) da construção do CIPP. Para isto, foi utilizado o método TST - Temperatura de Superfície Terrestre executado no software ArcGIS (versão 10.4.1) licenciado pela empresa Environmental Systems Research Institute sob a licença do Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (LABOCART).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

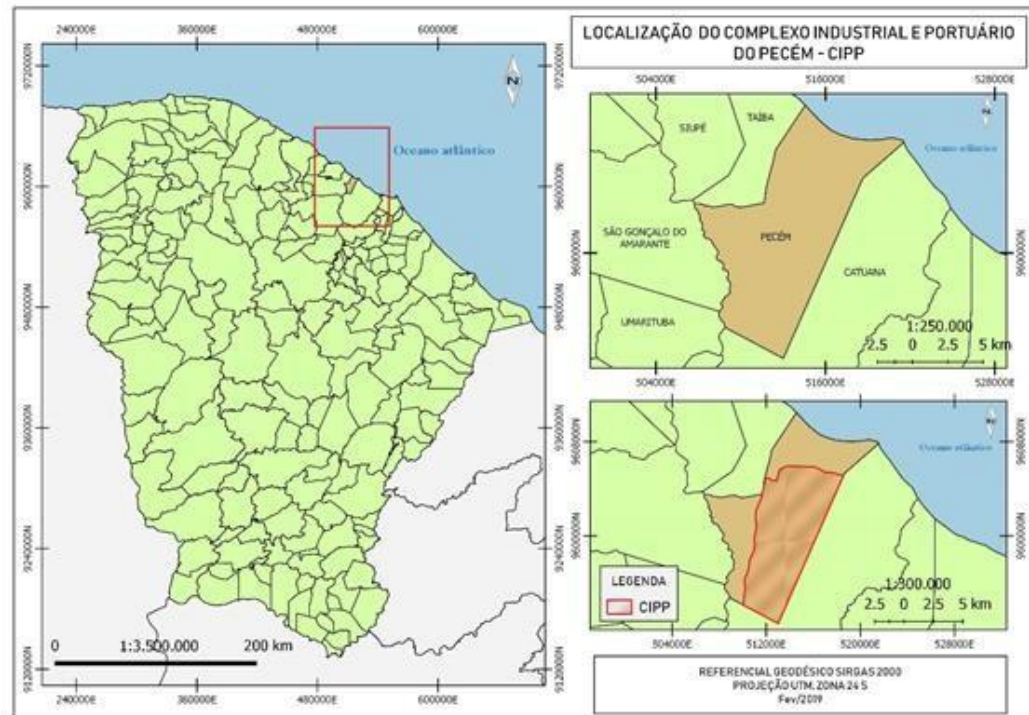


Figura II – Localização do Complexo Portuário e Industrial do Pecém

Conforme Almeida et al. (2015), o uso do método TST para avaliação temporal da temperatura pode fornecer importantes informações sobre as propriedades físicas do clima local. Ainda consoante aos autores, “o sensoriamento remoto se torna extremamente útil para a compreensão destes processos, a partir da análise espaço-temporal na mudança do uso e cobertura do solo em relação à temperatura e emissividade na superfície” (ALMEIDA et al, 2015).

De acordo com Collischonn (1998), “o comportamento da temperatura é dependente de um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem num mesmo tempo e num mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes.” Dessa forma, entende-se que o impacto das ações humanas sobre o meio ambiente desencadeia muitas perturbações no funcionamento da natureza, sobretudo na superfície.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2. Materiais e Métodos

O estado do Ceará possui regime sazonal de chuvas que se concentra fortemente nos meses verão e outono, em virtude principalmente da ação do sistema atmosférico Zona de Convergência Intertropical, segundo Ferreira e Mello (2005). Nos meses de inverno e primavera é predominante o regime de estiagem de chuvas no estado e região Nordeste do Brasil.

Nesse ínterim, o mês de julho foi escolhido por melhor se adequar a proposta metodológica para estimação da temperatura de superfície em condições de mínima precipitação pluvial no distrito.

Na etapa de revisão bibliográfica, o estudo prezou por utilizar autores que se debruçaram sobre as atividades humanas que alteram o comportamento da temperatura de superfície terrestre, no clima local e estudos que se utilizam da metodologia TST para avaliação da temperatura com o uso de imagens termais de satélites de monitoramento da superfície terrestre.

Dessa forma, foram utilizadas as imagens termais (banda 6) do satélite Landsat 5 do sensor Multispectral Scanner (MSS) para o dia 11/07/1999; e a imagem termal (banda 10) do Landsat 8 do sensor Thermal Infrared Sensor (TIRS) para o dia 03/07/2018. Referidas datas foram selecionadas mediante o grau de aproximação das condições climáticas semelhantes nos dias imageados.

Ambos os satélites possuem a resolução espacial de 30 metros e órbita/ponto 217/062 do sistema Landsat, tendo seu momento de captura da imagem por volta do meio dia, sendo a diferença em minutos entre as capturas.

Para estimação da temperatura de superfície, foi utilizado a metodologia de Chander, Markham e Helder (2009) que objetiva corrigir os ruídos nas imagens dos satélites



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

produzidos pela atmosfera e cálculos de estimação. Para o Landsat 5 e como primeiro procedimento, a calibração radiométrica (equação I) é utilizada na banda 6 para minimizar os efeitos dos erros de calibração remota dos sensores, erros na transmissão de dados e influências da atmosfera no processamento do espectro eletromagnético e números digitais das imagens rasters.

Equação I - calibração radiométrica da banda do Landsat 5 do sensor MSS.

$$L\lambda = ((LMAX\lambda - LMIN\lambda / QcalMAX - QcalMIN) * (Qcal - QcalMIN) + LMIN\lambda$$

Onde,

$L\lambda$ = Radiância espectral ($W / m^2 \cdot sr \cdot \mu m$) $LMAX\lambda$ = Radiância espectral máxima

$LMIN\lambda$ = Radiância espectral mínima

$QcalMAX$ = Valor máximo do pixel em nível de cinza ($DN = 255$) $QcalMIN$ = Valor mínimo do pixel em nível de cinza ($DN = 1$) $Qcal$ = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN)

Após feita a calibração radiométrica, é feito a conversão dos números da radiação dos objetos da superfície em valores de temperatura. Descrita de modo computacional, a equação II produz a estimação dos valores da banda termal do sensor MSS já corrigidos pelo procedimento anterior para valores da temperatura de superfície da imagem.

Equação II - Estimação dos números digitais corrigidos da imagem para temperatura de superfície.

$$Tsc = (K2 / (Ln (K1 / L\lambda) + 1))$$

Onde,

Tsc = Temperatura sem correção atmosférica $K1$ = Constante de calibração 1

$K2$ = Constante de calibração 2



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

L_{λ} = Radiância espectral ($W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$)

Na última etapa (equação III) é feita a conversão da temperatura da unidade em Kelvin para Celsius. Para tanto, o processo consiste em subtrair ao resultado do processo anterior o valor de 273,15 que é o valor da temperatura de congelamento absoluto da água do mar.

Equação III - Conversão das temperaturas de Kelvin para Celsius

$$TSC = TK - 273,15$$

Onde,

TSC = Temperatura de superfície em unidade de medida Celsius.

TK = Imagem anterior gerada com as temperaturas em Kelvin

Para a imagem do ano de 2018 do satélite Landsat 8, em virtude de ser um sensor diferente do Landsat 5 para captação das imagens, o procedimento para calibração radiométrica da banda 10 é adequado para a equação IV.

Equação IV - Calibração radiométrica da banda do landsat 8 TIRS.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

Onde,

L_{λ} = Radiância espectral ($W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$)

M_L = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda

Qcal = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza

(DN) A_L = Fator aditivo de redimensionamento da banda
(0.1000)

Após a aplicação da equação IV, a imagem termal do sensor TIRS em questão foi submetida a estimação da temperatura de superfície, conforme a equação III. Os procedimentos de calibração e estimação da temperatura terrestre produziram como resultado dois produtos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

cartográficos correspondentes a temperatura do distrito do Pecém referentes ao ano de 1999 e 2018, permitindo o esforço de comparação e avaliação das mudanças termais no distrito do Pecém.

3. Resultados e Discussões

Os resultados encerram produtos cartográficos com a variação da temperatura de superfície no distrito do Pecém nos anos 1999 e 2018, antes da instalação do CIPP e depois da instalação, respectivamente. A temperatura estimada mínima no ano de 1999 corresponde a 17,1°C enquanto a máxima chega a 30,1°C. No ano de 2018, a temperatura mínima aponta 16°C e a máxima 32°C.

No ano de 1999, a zona de mais alta temperatura é exibida na porção do complexo de dunas móveis, em virtude dessas unidades geomorfológicas terem o potencial de absorver intensa energia. Em comparação a esse ano, o aumento da temperatura pode ser comprovado em 2018 com variação de 4°C.

Através dos dados obtidos (Figura 3) a partir do processamento e análise comparativa entre os mapas datados em 1999 e 2018, é possível levantar a hipótese de uma relação entre o aquecimento da temperatura de superfície no distrito em decorrência da instalação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. Ugeda Júnior (2010) corrobora com esse entendimento quando afirma que essas mudanças se dão devido à substituição de elementos naturais por materiais construtivos, cujos elementos possuem baixa taxa de albedo e alta absorção de energia durante o dia, além de apresentarem dificuldade na liberação, no período da noite, da energia termal absorvida.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

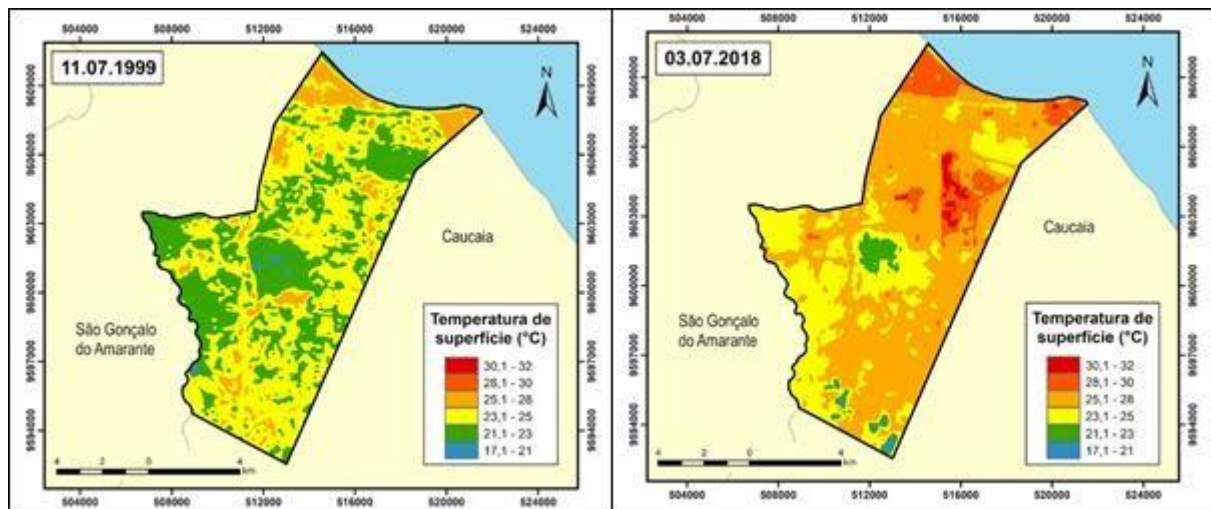


Figura III – Mapa de temperatura de superfície (1999 – 2018) do distrito do Pecém

Do ponto de vista social, o aumento da temperatura pode produzir problemas de desconforto térmico no microclima, assim como, do ponto de vista ambiental, a variação termal afeta o aumento da taxa de evaporação dos corpos hídricos locais que são utilizados como recursos pela população local.

Deste modo é importante salientar que a diminuição dos corpos hídricos e desmatamento da vegetação do distrito aliado ao crescimento urbano, associado a implementação do CIPP, são fatores que podem contribuir para o aumento da temperatura nos anos analisados.

4. Considerações Finais

Toda transformação do meio natural para um meio construído acarreta impactos não só na paisagem exteriorizada, mas também corrobora com o desencadeamento de uma perturbação ambiental, que neste trabalho tratou-se de alterações na temperatura da superfície do distrito do Pecém.

Torna-se relevante destacar a partir dos dados obtidos nesta pesquisa que grandes



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

empreendimentos, como o CIPP, requerem uma logística que assegure não só o bom funcionamento do complexo, mas também a sua sustentabilidade perante os domínios naturais do local que recebe esse tipo de instalações.

A mitigação de impactos deve ser apontada como prioridade em projetos que estejam previstos em sua execução alguns tipos de danos ao meio ambiente. A proteção de áreas através da criação de Unidades de Conservação é uma estratégia cada vez mais consolidada e ainda aponta resultados bastante satisfatórios para a manutenção do equilíbrio ambiental e a saúde dos recursos naturais, sendo neste cenário uma estratégica ação para compensar intervenções agressivas para o meio ambiente.

5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, AJP de et al. Relação entre o índice de vegetação e a temperatura da superfície na estimada e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 17, p. 2047-2054.

CHANDER, Gyanesh; MARKHAM, Brian L. HELDER, Dennis 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.

COLLISCHONN, Erika et al. **O campo térmico da região metropolitana de Porto Alegre: uma análise a partir da interação das variáveis ambientais na definição do clima local.** 1998.

DORIGON, Larissa Piffer; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Estrutura térmica da superfície de Paranavaí/PR através do Landsat 7. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 35, p. 110-129, 2013.

HASENACK, Heinrich; FLORES, Feliciano EV. **O ambiente urbanizado e o clima urbano.** Boletim Gaúcho de Geografia, v. 19, n. 1, 1994.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, p. 15-27, 2005.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SOUSA, Silvio Braz de; FERREIRA, Laerte Guimarães. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio de sensoriamento remoto no município de Goiânia, Goiás (2002–2011). **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 15, 2012.

UGEDA JUNIOR, José Carlos. **Clima Urbano e Planejamento na Cidade de Jales-SP** (Tese de Doutorado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2010.