

ANÁLISE POR SENSORIAMENTO REMOTO DO MONITORAMENTO CLIMÁTICO E IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE CALOR E IMPACTOS NOS MUNICÍPIOS DA BAIXADA FLUMINENSE MESQUITA, NILOPOLIS E BELFORD ROXO/RJ

Amanda de Paiva Pimenta da Silva¹; Gisele Dornelles Pires²; Fabricio Polifke da Silva³

¹ Discente do Programa de Iniciação Científica ² Professor da Graduação em Engenharia Civil

^{1,2} Graduação Engenharia Civil-Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu (UNIG), Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu - RJ

³ Professor do Departamento de Meteorologia – Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemática e da Natureza Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ

amandapaivapimenta@gmail.com¹, eng.gisele.pires@gmail.com², fabriciopolfke@igeo.ufrj.br³

Resumo-A crescente urbanização das cidades a grande variedade de sistemas construtivos e padrões de urbanização aliado as mudanças climáticas ocasionada pelas ações do homem. Levam a crescente necessidade de levantamento de padrões e dados para análise para elaboração de políticas públicas e prevenção de risco ao meio ambiente e a saúde da população. As geotecnologias agregam técnicas e tecnologias capazes de auxiliar a identificação e análise de dados de forma sistêmica e gráfica. A ilha de calor consiste em um fenômeno que leva ao aumento de temperatura nos centros urbanos, principalmente nas regiões mais densamente ocupadas e povoadas das cidades, em relação às áreas mais afastadas do centro, próximas ao entorno. Isso ocorre pois os materiais utilizados na construção civil são capazes de armazenar calor, principalmente ao evitar a reflexão de radiação infravermelha; ainda as áreas mais povoadas e menos arborizadas naturalmente apresentam temperatura elevada, devido à concentração humana e outros fatores geradores de calor, como as indústrias, os veículos a combustão e as residências, mesmo durante a noite. Este trabalho tem por finalidade apresentar o uso do sensoriamento remoto para estimar e analisar através das imagens de satélite, a temperatura de superfície como fonte de informações para definições de política pública para mitigação dos efeitos de ilhas de calor no clima urbano nas cidades. O presente estudo realizou o levantamento do estudo Monitoramento Climático e Identificação de Ilhas de Calor Município de nos Municípios de Mesquita, Nilópolis e Belford Roxo no estado do Rio de Janeiro utilizando geoprocessamento Aplicado.

Palavras-chave: Ilhas de Calor, Clima, Geotecnologias, Geoprocessamento, cidades.

Abstract- The growing urbanization of cities, the wide variety of construction systems and urbanization patterns combined with climate change caused by human actions. They lead to the growing need to survey standards and data for analysis for the elaboration of public policies and risk prevention to the environment and the health of the population. Geotechnologies aggregate techniques and technologies capable of assisting in the identification and analysis of data in a systemic and graphic way. The heat island consists of a phenomenon that leads to an increase in temperature in urban centers, especially in the most densely occupied and populated regions of cities, in relation to areas further away from the center, close to the surroundings. This occurs because the materials used in civil construction are capable of storing heat, mainly by avoiding the reflection of infrared radiation; even the most populated and less wooded areas naturally present high temperature, due to human concentration and other heat generating factors, such as industries, combustion vehicles and homes, even at night. This work aims to present the use of sensing to estimate and analyze, through satellite images, surface temperature as a source of information for public policy definitions to mitigate the effects of heat islands on urban climate in cities. The present study carried out a survey of the study Climate Monitoring and Identification of Heat Islands Municipality of in the Municipalities of Mesquita, Nilopolis and Belford Roxo in the state of Rio de Janeiro using Applied geoprocessing.

Keywords: Heat Islands, Climate, Geotechnologies, Geoprocessing, cities.

1 Introdução

A cidade é um grande modificador do clima. A camada de ar mais próxima ao solo é mais aquecida nas cidades do que nas áreas rurais. A atividade humana, o grande número de veículos, indústrias, prédios, o asfalto das ruas e a diminuição das áreas verdes criam mudanças profundas na atmosfera local. (“Carliane Cunha Moura UFMA EIXO2”) A percepção das diferenças térmicas entre áreas urbanas e áreas rurais remonta a época dos romanos. Nas grandes cidades, faz mais calor e chove um pouco mais do que nas áreas rurais circunvizinhas. (“DETERMIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE O ... - UFPE”) Também, são frequentes as enchentes após algumas chuvas, resultantes da impermeabilização do solo. Não é somente o calor do Sol e sua retenção pelo CO₂ e vapor d’água que aquecem uma cidade. Existe também a produção de calor. A cidade é um grande centro consumidor de energia, e toda vez que a mesma é utilizada, parte é liberada para o ambiente. Pode-se dizer que o calor é uma forma de lixo energético, um subproduto do uso da matéria e alimentos; porém, sob certo aspecto, o calor é pior, pois precisa ser dissipado no ambiente e não pode ser reciclado como muitos dos Componentes do lixo urbano produzido (Araujo, 2006 Apud em Ideao 2008).

O sensoriamento remoto tem sido utilizado em áreas urbanas para avaliar o fenômeno de “Ilha de Calor Urbano”, para realizar classificação de uso de solo e também para fornecer dados de entrada para modelos de trocas atmosféricas e de superfície urbana (Voogt & Oke, 2003). (“Análise do desconforto térmico causado pela ilha de calor ...”) Essa tecnologia é utilizada nos centros urbanos, pois os mesmos são grandes modificadores do clima. (“(PDF) Integração entre SR e SIG para a ... - ResearchGate”)

As ilhas de calor são percebidas em ambientes urbanos devido aos diferentes padrões de refletividade dos vários materiais. Refletividade é a razão entre a energia eletromagnética refletida por um objeto ou material e a energia eletromagnética total incidente nele. A energia que não é refletida tende a ser absorvida pelo material (quando não é transmitida através do mesmo). A energia absorvida é, então, reemitida na forma de ondas com maior comprimento de onda. Assim, bons refletores são maus absorvedores e, por conseguinte, maus emissores, sendo que o contrário também é válido. Contribui ainda para o fenômeno o fato de as edificações urbanas serem formadas por materiais com baixa condutibilidade térmica, terem cores escuras (i.e. que são más refletoras) e terem elevados gabaritos, o que dificulta a dispersão da energia térmica. A Figura 1 mostra os principais materiais utilizados em centros urbanos e sua refletividade.



Figura 1: Refletividade de materiais urbanos (modificado - Baptista, 2003).

2 Área de estudo

Para este estudo foram analisadas as regiões dos municípios de Nilópolis, Belford Roxo e Mesquita na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro.

Nilópolis é um município do Estado do Rio de Janeiro. O município se estende por 19,4 km² e contava com 162.485 habitantes no último censo. A densidade demográfica é de 8 379,8 habitantes por km² no território do município. Vizinho dos municípios de Mesquita, Rio de Janeiro e São João de Meriti, Nilópolis se situa a 3 km a Sul-Leste de Mesquita. "Situated a 33 metros de altitude, de Nilópolis tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 22° 48' 31" Sul, Longitude: 43° 24' 52" Oeste." ("O município de Nilópolis - Informações sobre os ...") Área da unidade territorial [2019] 19,393 km², Esgotamento sanitário adequado [2010] 98,7 %; Arborização de vias públicas [2010] 70,4 % Urbanização de vias públicas [2010] 91,3 %.

Mesquita é um município da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, no estado do Rio de Janeiro, no Brasil. Emancipou-se em 1999 do município vizinho de Nova Iguaçu, sendo o município mais novo da Baixada Fluminense e do estado do Rio de Janeiro. Sua população estimada pelo IBGE no ano de 2020 foi de 176.569 habitantes [2][4]. Área da unidade territorial [2019] 41,169 km²; Esgotamento sanitário adequado [2010] 93,3 %; Arborização de vias públicas [2010] 62,4 % Urbanização de vias públicas [2010] 62,3 %.

Belford Roxo é um município brasileiro da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, no estado do Rio de Janeiro. Está localizado a norte da capital do estado distando desta cerca de 20 km, e estende-se por uma área de cerca de 79 km². Área da unidade territorial [2019] 78,985 km² Esgotamento sanitário adequado [2010] 81,4 % Arborização de vias públicas [2010] 35,1 %; Urbanização de vias públicas [2010] 38,1 %.

Objetivos

Este trabalho teve por finalidade estimar e analisar através das imagens do Thematic Mapper abordo do satélite ambiental Landsat, a temperatura de superfície para os municípios de Nilópolis, Belford Roxo e Mesquita. Aplicar o modelo de Maralet, 1985 e o algoritmo baseado no SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) para obter a temperatura de superfície, e assim confeccionar mapas da temperatura, pretendendo assim, contribuir para futuros estudos relacionados ao clima nos centros urbanos da Cidade Nova Iguaçu/Rio de Janeiro.

3 Material e métodos

Para realizar a presente pesquisa foram realizadas as seguintes etapas: Aquisição das imagens A aquisição de imagens orbitais do satélite Landsat ; Determinadas as coordenadas geográficas do município; Foi escolhido uma imagem diurna do período de 2004 e 2017/2018, com a menor cobertura por nuvens (inferior a 20%) para não interferir no mapeamento das temperaturas de superfície, totalizando várias cenas relativas as datas a serem definidas); Comparar a ocorrência de ilhas de calor conforme as variações sazonais de temperatura de superfície no período da imagem; foi aplicar de técnicas de SIG e sensoriamento remoto; Foi reprojetadas para a Projeção/Datum WGS1984 UTM Zona 23S, uma vez que corresponde à projeção do local onde será realizado o estudo e finalmente foi recorta as imagens infravermelha termais (banda 10) na área desejada, correspondente e inserido os dados no Sistema de Informação Geográfica Geounig para realizar as análises.

3.1 Materiais

Para realizar este fez-se necessário a obtenção de Imagens de satélites, series temporais, dados georeferenciados, equipamentos e materiais. A presente pesquisa faz parte do Grupo de Pesquisa CNPQ Engenharia e Sociedade do curso Engenharia Civil da UNIG e contou com as informações das Prefeituras Municipais de Belford Roxo, Nilópolis e Mesquita.

3.2 Métodos

A primeira etapa da pesquisa deu-se pela identificação da temperatura através das imagens dos satélites Landsat da USGS – Serviço Geológico Americano e visualizadas no programa para SIG Qgis versão 2.18. A segunda etapa deu-se pela identificação da temperatura da superfície através da ferramenta Calculadora Raster do programa QGIS 2.18, aplicando as equações 1, 2 e 3 para determinação da radiância para o Landsat sugeridas por Pires e Ferreira Jr (2015) A seguir, serão apresentadas as equações utilizadas para o cálculo da radiância na identificação de temperatura nas seguintes imagens:

a) Na imagem de Satélite do Landsat:

$$L\lambda = ((L_{max\lambda} - L_{min\lambda}) / (Q_{calmax} - Q_{calmin})) * (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min\lambda} \quad (1)$$

Quadro 1 - Elementos e significados extraídos para a radiância da imagem do Landsat 5

Símbolo	Significado
$L\lambda$	Radiância espectral ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$)
$L_{max\lambda}$	Radiância espectral máxima ($12.65 W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$)
$L_{mix\lambda}$	Radiância espectral mínima ($3.2 W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$)
Q_{calmax}	Valor mínimo de pixel em níveis de cinza ($DN = 255$)
Q_{calmin}	Valor máximo de pixel em níveis de cinza ($DN = 1$)
Q_{cal}	Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN)

Fonte: Pires e Ferreira Jr. (2015).

Consistência dos dados

A primeira etapa da consistência dos dados foi uma adaptação da metodologia proposta por Baba et al. (2014). Primeiro realizou-se uma validação básica onde se verificou-se a ocorrência de dados inconsistentes. "Geralmente, esses dados são aqueles gerados por erros de leituras dos sensores, com problemas de calibração ou com defeitos." ("SciELO - Brasil - Correção de dados agro meteorológicos ...")

Na Validação de limites verifica se os valores a serem analisados respeitam condições básicas da variável representada, ou seja, se ela representa um valor fisicamente possível de ser obtido. "Sob este ponto de vista, os dados válidos podem ser restritos dentro de um limite de valores possíveis." ("SciELO - Brasil - Correção de dados agro meteorológicos ...") Por exemplo, a umidade relativa do ar deve estar em um intervalo de dados de 0% a 100%, e a precipitação não deve possuir valores negativos. "Qualquer valor fora do intervalo estaria incorreto, pois representaria um valor impossível para a variável em questão." ("CORREÇÃO DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS UTILIZANDO MÉTODOS ...")

Validação lógica: algumas estações meteorológicas registram dados médios, máximos e mínimos referentes ao intervalo de tempo do monitoramento. Estes dados devem respeitar suas condições lógicas básicas. Por exemplo, a temperatura média de um período não pode ser maior que a temperatura máxima ou menor que a temperatura mínima deste mesmo período. ("SciELO - Brasil - Correção de dados agro meteorológicos ...")

Validação de limites do período: identifica valores suspeitos de erros, com base na comparação dos valores de um intervalo específico. Verifica se os mesmos apresentam condições físicas passíveis de ocorrer. ("CORREÇÃO DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS UTILIZANDO MÉTODOS ...") Por exemplo, a diferença de temperatura máxima permitida para um determinado horário de 10^0C , na equação $Temp_{máxima} - Temp_{mínima} < 10^0C$. Mesmo assim, qualquer situação que não respeite esta regra não deve ser descartada, mas sim apresentada como um dado suspeito de conter falhas, visto que variações extremas de mudanças de tempo são passíveis de acontecer. ("CORREÇÃO DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS UTILIZANDO MÉTODOS ...")

Para o preenchimento das falhas será utilizado a média simples e a regressão linear. A média simples é obtida pela equação 2.

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^n x_i) / n \quad (2)$$

Onde $\bar{x}$ é a média, x_i o valor observado e n o número de amostras.

A regressão linear a calculada pela equação 3.

$$y_i = a + bx_i \quad (3)$$

Onde y_i é a variável dependente, a é o coeficiente linear, b é o coeficiente angular e x_i a variável independente. ("Disponibilização de Métodos de Tratamento de Dados ...") Para calcular os coeficientes foram utilizadas as equações (4) e (5).

$$a = \frac{(\sum x^2 \sum y - \sum xy) \sum x}{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)} \dots\dots\dots (4)$$

$$b = \frac{(n \sum xy - \sum x \sum y)}{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)} \dots\dots\dots (5)$$

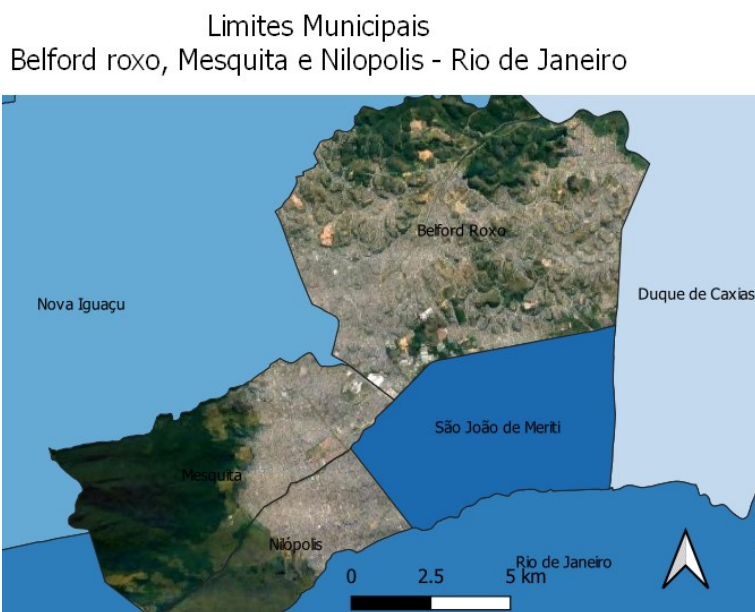
5 Resultados Finais

O presente trabalho obteve a temperatura da superfície estimada com base nos dados do sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 a partir daí foi comparada com as diferentes classes de uso e ocupação do solo urbano dos municípios Mesquita, Nilópolis e Belford Roxo/Rj. Criando a correlação entre as classes de cobertura de solo no perímetro urbano e suas respectivas áreas com oito diferentes grupos de temperatura que foram criados, a fim de caracterizar o comportamento térmico de cada tipo de cobertura. ("SciELO - Brasil - Identificação de ilhas de calor na área ...")

5.1 Delimitação dos limites dos municípios

Para delimitação dos limites municipais foi utilizado a camada municípios do shape do IBGE para correlação espacial tanto no software Qgis como Google Earth após tratamento foi inserido no sistema para representação espacial. Observa-se que alguns dos municípios tem mais de 60 % de áreas urbanas Mapa 1.

Mapa 1 de localização Google Earth Municípios: Belford Roxo, Mesquita, Nilópolis



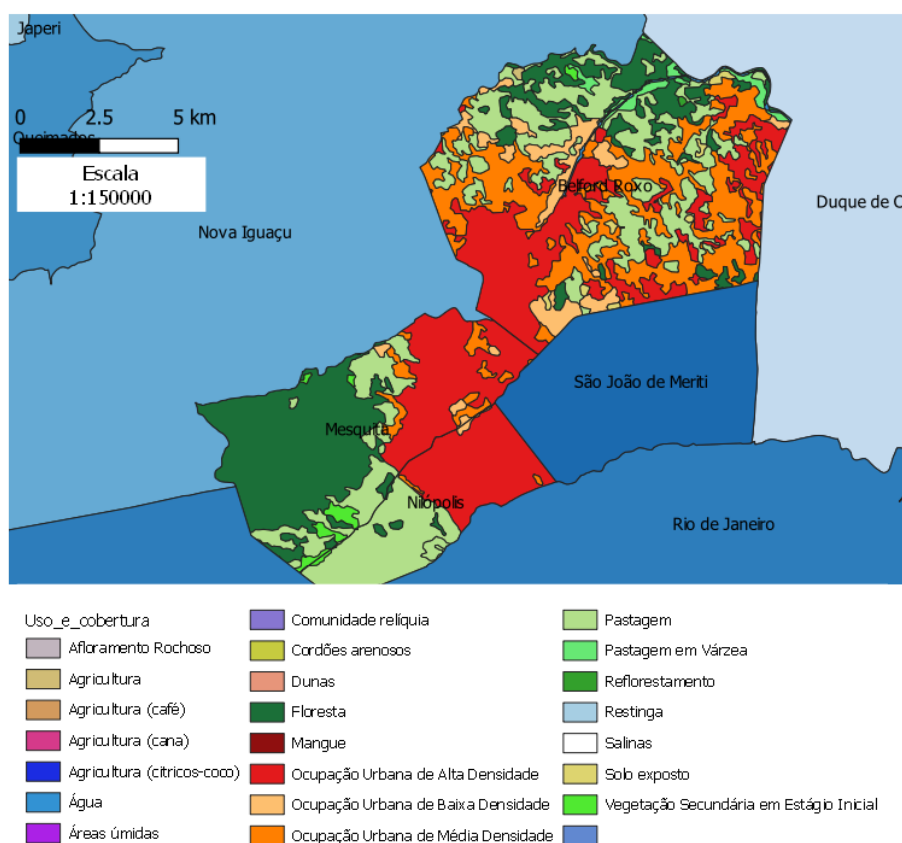
Fonte: autor

5.2 Cobertura e uso do solo

Por meio do cálculo da área de cada classe de uso de solo, pode-se verificar, que a classe predominante no perímetro urbano foi a "ocupação urbana" subdividida por: alta densidade, média densidade, baixa densidade " conforme classificação nos indicadores ambientais, as classes que representam a vegetação foram "Floresta" e "vegetação secundária em estágio inicial". A distribuição das diferentes classes pode ser explicada pela maneira foi projetada e desenvolveu-se nos municípios. Notou-se, também, que as áreas urbanas correspondentes pelas áreas de ocupação urbana apresentam uma considerável variação espacial da temperatura da superfície, com diferenças que podem ser superiores a 20º C e com valores absolutos entre 20 ºC e temperaturas acima de 40 ºC. A distribuição espacial dos oito grupos de valores de temperatura da superfície na área urbana será apresentada no relatório final.

Mapa 2 Uso e Cobertura no Solo Municípios Belford Roxo, Mesquita, Nilópolis

Mapa de uso e Cobertura do Solo
Belford roxo, Mesquita e Nilopolis - Rio de Janeiro



Fonte: Autor

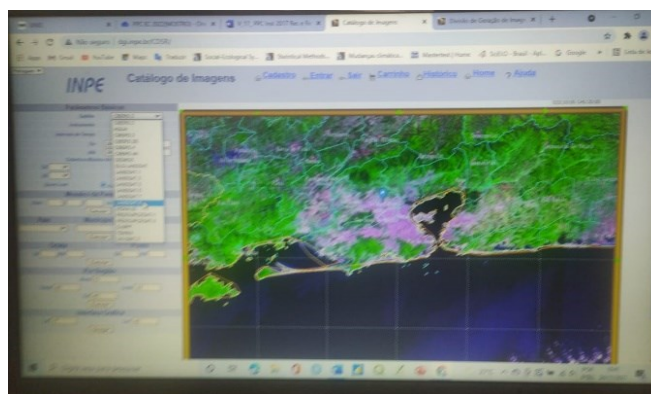
Para o preparo e tratamento do dado raster, foram consultadas as malhas de estrutura territorial dos municípios, foram utilizadas técnicas de composição de imagens cor natural, associando a banda 4 ao filtro vermelho, banda 3 ao filtro verde e a banda 2 ao filtro azul (4R; 3G; 2B); e a técnica com a banda 4 ao filtro vermelho, a banda 5 ao filtro verde e a banda 6 ao filtro azul (4R; 5G; 6B) para destacar a área urbana da zona rural. O

procedimento para elaboração do mapa de uso e cobertura do solo se deu por uma classificação supervisionada com o complemento do QGIS 2.18 chamado SemiAutomatic Classification Plugin (SCP). O método de classificação do uso e cobertura da terra usado foi feito segundo a classificação do uso e cobertura da terra foi adaptado ao local de estudo, com base no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013)

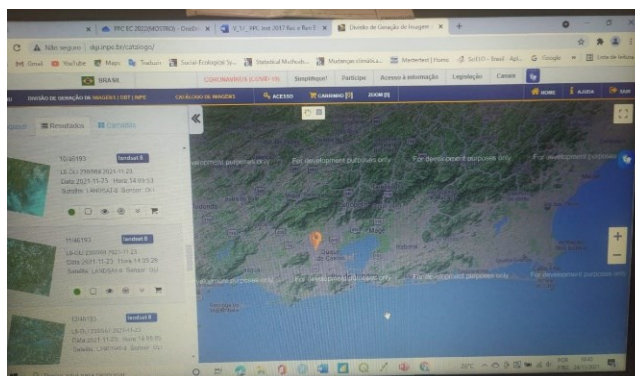
5.3 Obtenção da imagem de satélite

As obtenções das imagens foram realizadas no instituto nacional de pesquisas espaciais-INPE. As imagens destes satélites são inteiramente gratuitas (não tarifadas). O meio de envio padrão das imagens (gratuitas) é por transferência de arquivos (FTP) via Internet. ("Catálogo de Imagens - Divisão de Geração de Imagens") as imagens são ortorretificadas GLS-LANDSAT, para serem usada de base para georeferenciamento. Após a seleção das imagens tendo de finalidade e padrão são iniciados os procedimentos de tratamento das imagens.

Mapa 3 Catálogo INPE



Mapa 4 Seleção das Imagens

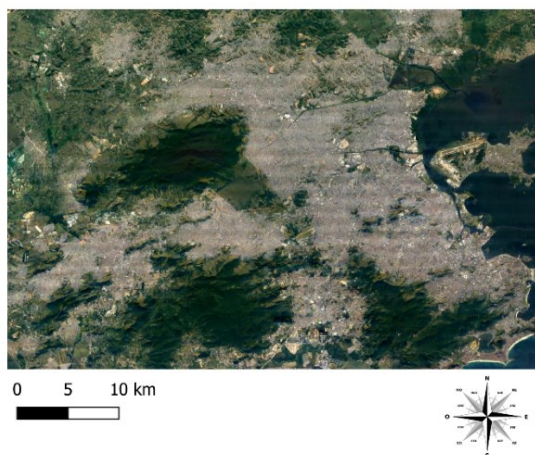


5.4 Base Termal temperatura de superfície

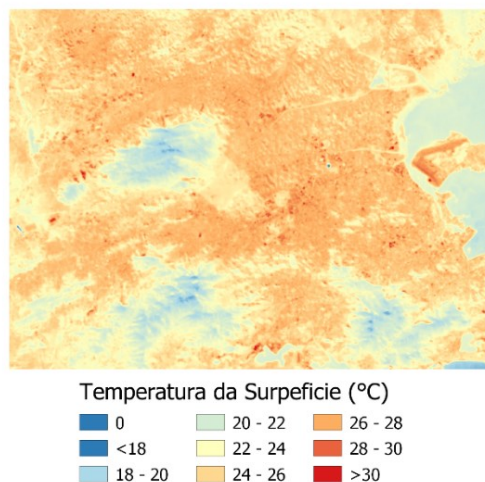
Enfim, para a elaboração do mapa temático de temperatura de superfície da área de estudo foi feito um tratamento da imagem de satélite de banda 10. O método utilizado para este tratamento foi descrito por Coelho e Correia (2013), no qual é feito uma composição com duas imagens da banda 10 do Landsat-8, após o recorte da área de estudo e, a seguir, a aplicação da seguinte fórmula na calculadora raster para a conversão de radiância para graus Celsius: $TC = (1321.08 / \ln(774.89 / (3.3420E-04 * \text{"banda10.tif"} + 0.10000) + 1)) - 273.15$

Mapa 5 Base de temperatura

a) Imagem Google Earth

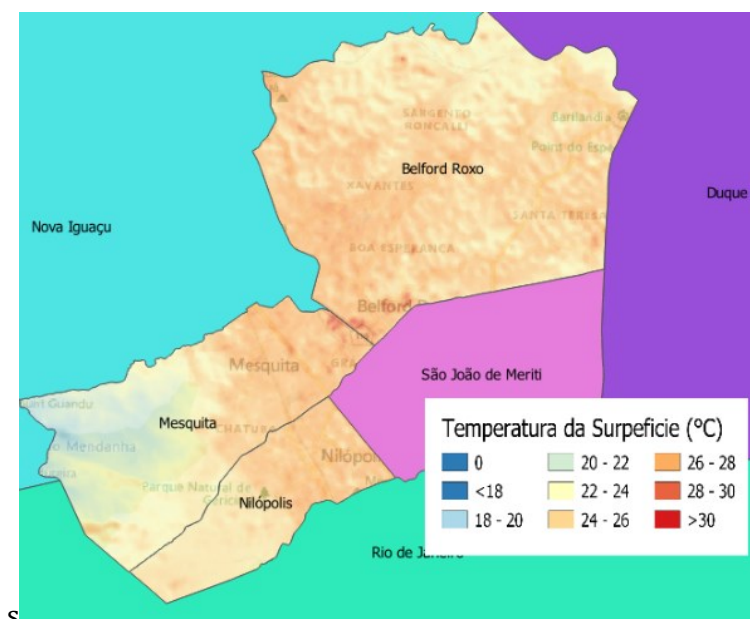


b) Base termal



Ao compararmos a imagem de uso do solo (Mapa a) e o mapa de temperatura de superfície (Mapa 5 b), pode-se perceber a grande influência da ocupação urbana no balanço térmico dos municípios. As edificações e superfícies revestidas com material impermeável tem um papel fundamental na retenção de calor, conforme Pereira e Rocha (2018). Desta forma, as temperaturas mais altas podem ser associadas a áreas de maior adensamento urbano. Os núcleos urbanos distribuídos de forma mais esparsa espacialmente também apresentam temperaturas superiores do seu entorno, com temperaturas entre os intervalos de 26°C a 28°C, 28°C a 30°C e alguns pontos com superiores a 30°C. Nas áreas de vegetação rasteira são observadas temperaturas intermediárias, predominante nos intervalos de 26°C a 28°C e 28°C a 30°C. Apenas onde se faz presente a vegetação densa que a temperatura de superfície é mais amena como a Serra de Madureira. Nestas áreas, predomina os intervalos com temperatura da superfície menor, como de 22°C a 24°C e 24°C a 26°C. Pode-se observar que quase não há áreas de vegetação rasteira e densa dentro das áreas urbanas, apenas ao redor

Mapa 6 termal dos municípios



Conclusão

As ferramentas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e de sistemas de informações geográficas (SIG) demonstraram ser eficientes para o estudo do clima urbano e permitiram auxiliar através da espacialização e correlação da temperatura de superfície no espaço geográfico visando nortear ações para suavizar e até reduzir o efeito de altas temperaturas consequentes da urbanização, nada sustentável, permitindo um melhor planejamento de soluções para cidades. Os resultados que estão compreendidos neste trabalho apresentam a grande influência da ocupação urbana sob o aumento da temperatura da superfície nos municípios de Belford Roxo, Mesquita e Nilópolis - Seja nas grandes áreas urbanas com temperaturas compreendidas entre 28° a 30°C; as áreas de vegetação densa apresentou temperatura inferior a 18°C. As áreas de vegetação rasteira apresentaram temperaturas intermediárias correspondente a 20°C a 22°C demonstrando a importância da presença de vegetação densa próximas às cidades. Foi observado que há pouca vegetação rasteira e densa nas grandes áreas urbanizadas tendo em algumas áreas temperaturas acima de 30°C. Os municípios de Nilópolis e Belford Roxo apresentaram faixas de temperaturas compreendidas entre mínima 22°C a 30°C e com áreas acima de 30°C sendo necessário que os municípios ampliem suas ações com vistas a mitigar as altas temperaturas de superfícies nas cidades com a implantação de políticas de arborização em ruas e construção de praças e parques visando procurar atenuar as altas temperaturas no interior da malha urbana, assim como acontece nos núcleos urbanos mais esparsos. As ilhas de calor urbanas vêm provocando alterações severas no clima das cidades de todo o mundo e trazendo, conseqüentemente, mais incidência de eventos extremos e problemas sérios de saúde para a população urbana. As altas temperaturas nos ambientes urbanos proporcionam muitos inconvenientes à população em virtude dos incômodos que o calor excessivo provoca, além de aumentar significativamente o consumo de energia elétrica, usada para vida cotidiana.

O aumento das temperaturas durante o dia, resfriamento noturno reduzido, e níveis mais elevados de poluição do ar, em associação com as ilhas de calor urbana podem afetar a saúde humana, contribuindo para o desconforto geral, dificuldades respiratórias, fadigas de calor e exaustão, Acidente Vascular Cerebral (AVC) não-fatais, e mortalidade relacionada a diversas comorbidades causadas pelo excesso de calor. As Ilhas de calor também podem exacerbar o impacto de ondas de calor, que são períodos de tempo anormalmente quente e, muitas vezes, úmido. Populações mais vulneráveis, como crianças, idosos e aqueles com problemas de saúde existentes, estão particularmente em risco nesses eventos. Episódios de calor excessivo, ou o aumento da temperatura abrupta são particularmente perigosos e podem resultar em taxas de mortalidade acima da média. Enfim é urgente a realização de planejamento urbano considerando a nova realidade de mudança de clima tanto para a arborização em cidades como a utilização de técnicas construtivas que possibilitem menor compensação em temperatura ambiente.

Referências

ALLEN, R. G.; ALLEN, M.; MORSE, A.; TREZZA, R.A Landsat-based energy balance and evapotranspiration model in Western US water rights regulation and planning. Irrigation and Drainage Systems, v. 19, p.251-268, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/226535534_A_Landsat-Based_Energy_Balance_and_Evapotranspiration_Model_in_Western_US_Water_Rights_Regulation_and_Planning> Acesso em abril de 2019

ALLEN, R.G., TASUMI, M. and TREZZA, R.. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 97p., 2002. Disponível em: < <http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-479-Waters-et-al-SEBAL.pdf>> Acesso em abril de 2019

ARAUJO, T. L. Estimativa da temperatura e do saldo de radiação à superfície terrestre em Maceió-AL utilizando imagens TM/LA_DSAT. Dissertação (mestrado em Meteorologia: Processos de Superfícies Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciencias Atmosfericas. Maceio, 2006. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/862/1/TacianaLimaAraujo.pdf>> Acesso em abril de 2019

BASTIAANSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. Tese (Ph.D.). Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1995. <<http://edepot.wur.nl/206553>> Acesso em abril de 2019

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br>>, acessado em abril de 2019. Acesso em abril de 2019

WANDERLEY R. L. N. ROCHA H. R. SILVA J. M. FREITAS H. C. BRASÍLIO E. M. S. Estimativa de temperatura de superfície e comparação com dados observados Universidade de São Paulo - USP/IAG Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1125.pdf>> Acesso em abril de 2019

LIMA, C. O.; BARBOSA, M. P.L.; Vera, L. A. S., Miguel, J. Uso de imagens TM/Landsat-5 e termometria na identificação e mapeamento de solos afetados por saís na regioao de Sousa, PB. In: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.2, p.361-363, 2001 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB - <http://www.agriambi.com.br>. <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/eneeamb2016/ma-011-5114.pdf>>

Acesso em abril de 2019

LIU, W. T. H., Aplicações de Sensoriamento Remoto. Ed. UNIDERP, Campo Grande, 2007. <<https://www.worldcat.org/title/aplicacoes-de-sensoriamento-remoto/oclc/710864192>>Acesso em abril de 2019

LOMBARDO, M. A. Ilha de Calor nas Metrôpoles. Ed. Hucitec, Sao Paulo, 1985.

MALARET, E; BARTOLUCCI, L A; LOZANO, D F; ANUTA, P E; MCGILLEM, C D. (1985). Landsat-4 and Landsat-5 Thematic Mapper data quality analysis In:Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 51, pp. 1407-1416. Sept. 1985. < https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1985journal/sep/1985_sep_1407-1416.pdf>

MARIZ MOREIRA, Elvis Bergue et al. O MODELO SEBAL PARA ESTUDOS DE CLIMA INTRAURBANO: APLICAÇÃO EM RECIFE, PERNAMBUCO, BRASIL - THE SEBAL MODEL FOR CLIMATE INTRA-URBAN STUDIES: APPLICATION IN RECIFE, PERNAMBUCO, BRAZIL. Raega - O Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 39, p. 247 - 265, abr. 2017. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/45691>>. Acesso em: 19 maio 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v39i0.45691>.

MEIRELES, M. Estimativa da evaporação real pelo emprego do algoritmo SEBAL e imagem landsat 5-TM na Bacia do Acaraú – CE. Dissertacao (mestrado) - Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2007.

MENDONCA, J. C. Estimação da Evapotranspiração Regional Utilizando Imagens Digitais Orbitais na Região Norte Fluminense, RJ, (Tese Doutorado em Producao Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2007.

NICHOL, J.E., High-Resolution sufarce temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: a satellite-based study. Journal of Applied Meteorology.V35, 135-146, 1996.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environmet. Vol. 86, p. 370-384, 2003.

WELIGEPOLAGE, K., Estimation of spatial and temporal distribution of evaporatranspiration by satellite remote sensing – A case study in Hupselse Beek, The _etherland, Tese de Mestrado, International Institute for geo-information Science and Earth Observation, 114f, 2005.

WENG, Q. & QUATTROCHI, D.A. Thermal remotesensing of urban areas: An introduction to the special issue. Remote Sensing of Environment, 104, 119–122,2006.

WENG, Q. DENGSHENG, L. SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment 89, v.66, n.23, p,467– 483, 2004