



Análise da temperatura da superfície terrestre associada à dinâmica do uso e ocupação do solo nos municípios de Belém e Ananindeua, Pará, Brasil

Adênio Miguel Silva da Costa 1
Paulo Eduardo Silva Bezerra 1
Rodrigo Silva de Oliveira 1

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
Av. Presidente Tancredo Neves, 2501 - Caixa Postal 917
66077-530 - Belém, PA - Brasil
adenio.miguel@yahoo.com.br
pauloeduardoea@gmail.com
rodrigo_so7@hotmail.com

Resumo: O desenvolvimento urbano ocorrido, principalmente, a partir da década de 1970 na maioria das grandes cidades brasileiras levou a modificações significativas sobre a cobertura vegetação natural dessas áreas. O avanço desse processo nas décadas posteriores para as cidades adjacentes, devido à falta de planejamento, intensificou as mudanças sobre o uso do solo urbano. Uma das principais consequências da não preservação dos remanescentes florestais, aliada a verticalização das cidades, é o aumento da temperatura da superfície, trazendo como consequências imediatas a formação de ilhas de calor e o desconforto térmico. A fim de estudar o progresso do fenômeno descrito, o presente trabalho objetivou analisar a temperatura da superfície terrestre e a dinâmica do uso e ocupação do solo nos municípios de Belém e Ananindeua, de forma multitemporal, nos anos de 1984, 1994, 2008 e 2015, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. A metodologia proposta utilizou-se das bandas 3, 4 e 5, do sensor TM/Landsat-5 e 4, 5 e 6 do OLI/Landsat-8, para determinação dinâmica do uso e ocupação, além das bandas do infravermelho termal 6 e 10, dos sensores TM/Landsat-5 e TIRS/Landsat-8. Os resultados evidenciaram aumento da temperatura da superfície, sobretudo nas áreas onde houve a substituição da vegetação densa por áreas fortemente urbanizadas, onde há a presença de solo exposto e construções (ruas, passarelas, praças, residências, prédios e outros).

Palavras-chave: uso do solo urbano, espaço geográfico belenense, Landsat-5, Landsat-8.

Abstract: The Urban development occurred mainly from the 1970s in most large cities led to significant changes on the natural vegetation coverage of these areas. The progress of this process to adjacent cities in the following decades due to lack of planning intensified the changes on the use of urban land. One of the main consequences of the not preservation of remaining forest in combination with vertical integration of cities, it is the increase in surface temperature, and this bring immediate consequences as the formation of heat islands and thermal discomfort. In order to study the progress of the phenomenon described the present study aimed to analyze the surface temperature, and the dynamics of the use and occupation of land in the municipalities of Belem and Ananindeua of multi-temporal form in the years 1984, 1994, 2008 and 2015, with the help of GIS and remote sensing techniques. The proposed methodology used the bands 3, 4 and 5 of the sensor TM/Landsat-5, and the bands 4, 5 and 6 of the sensor OLI/Landsat-8, for dynamic determination of the use and occupation of land. In addition, it was also used the bands of the thermal infrared 6 and 10 of the sensor TM/Landsat-5 and TIRS Landsat-8 sensors. The results showed the increased of surface temperature especially in areas where there was the replacement of dense vegetation by heavily urbanized area, where there is the presence of exposed soil and urban construction (streets, walkways, plazas, residences, buildings and etc.).

Key-words: urban land use, belenense geographical space, Landsat-5, Landsat-8.

1. Introdução

O desenvolvimento urbano ocorrido, principalmente, a partir da década de 1970 na maioria das grandes cidades brasileiras, de acordo com Carvalho (2002), levou a modificações significativas sobre a cobertura da vegetação natural dessas áreas. Essas mudanças na paisagem avançaram nas décadas posteriores para localidades adjacentes, que viriam a tornarem-se cidades. Na região norte, mais precisamente na área que compreende as cidades de Belém e Ananindeua, são expressas essas transformações e mudanças sobre o uso do solo, pois segundo Ponte et al. (2013), essa região tem uma formação peculiar, onde as redes viárias são responsáveis pela integração entre as cidades, assim uma malha urbanística altamente integrada compõem os bairros de Belém e outras vias baseadas em arteriais ligam parcelamentos urbanos com os centros dessas cidades, principalmente no que tange Belém, com diversas ocupações irregulares, áreas de baixada e conjuntos habitacionais dos mais diversos.

Segundo Souza e Júnior (2012), os centros urbanos são regiões de heterogeneidades. Essa premissa é dada pelas variadas classes, diferentes rendas e até mesmo pela cultura, refletidas na paisagem através de suas modificações. Ainda segundo Souza e Junior (2012), a sociedade urbana apresenta caráter fragmentador difundido nos diversos bairros de diferentes classes, que modificam a área segundo suas peculiaridades de arborização e acesso a localidades. Tal argumento enquadra a região de Belém e Ananindeua, onde Belém uma cidade histórica, com quatrocentos anos, não foi planejada visando um crescimento populacional como o encontrando hoje.

Todavia, Souza e Junior (2012) explicam que no espaço metropolitano os atributos humanos e do ambiente são somados, já que a paisagem é fruto das relações do homem com esse meio, e das pessoas entre si. Assim, gerando territórios, com diversos personagens e formas de acesso a terra, implicando, como dista Callejas et al. (2011) diretamente nas configurações termais da área, podendo gerar modificações de pressão, que irão interferir na circulação local, podendo provocar anomalias de precipitação ou eventos de temperaturas extremas. Para análise de tais implicações foi utilizado a técnicas de geoprocessamento de uso e cobertura do solo, pois do ponto de vista de Santos (2009) são elementos de predominância na formação de microclimas do espaço urbano; essas técnicas foram aliadas a identificação de temperatura de superfície terrestre, que segundo Weng (2009), é um importante indicador na investigação de mudanças termais no ambiente urbano.

Para o caso do bioma Pantanal, a análise associada entre a temperatura da superfície terrestre (TST) e o uso e ocupação do solo (UOS) em períodos distintos de tempo fornece uma

metodologia prática para a determinação das regiões de maior impacto antrópico; podendo levar em consideração os períodos de maior e menor índice pluviométrico.

2. Objetivo

O objetivo dessa pesquisa foi analisar as mudanças do UOS e o comportamento da TST nos municípios de Belém e Ananindeua, em períodos distintos de tempo, nos anos de 1984, 1994, 2008 e 2015, a partir do uso de geotecnologias, a fim de contribuir para gestão e o planejamento do espaço urbano.

3. Material e Métodos

Para atingir o objetivo proposto foram usadas imagens orbitais do sensor TM do satélite Landsat-5, através das bandas 3, 4 e 5, e do sensor OLI, nas bandas 4, 5 e 6 do Landsat-8, para o estudo da dinâmica do UOS, todas com resolução espacial de 30 metros. As imagens do Landsat-5 foram adquiridas através do Catálogo de Imagens do INPE e as do Landsat-8 através do site do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS). Para análise da TST utilizou-se as bandas do infravermelho termal, correspondente 6 e 10 (resolução espacial de 100 metros), do Landsat-5 e 8 (sensor TIRS), respectivamente. As datas selecionadas foram 27/07/1984, 21/06/1994, 13/07/2008 e 02/08/2015; escolhidas por apresentarem reduzida cobertura de nuvens no quadrante sobre os municípios em questão. Os procedimentos descritos a seguir foram realizados com auxílio dos softwares ENVI® 4.7 e ArcGIS® 10.1.

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo deste trabalho encontra-se no estado do Pará, região norte do Brasil, e compreendem os municípios de Belém e Ananindeua, de 1.059,458 km² e 190,451 km², respectivamente com um total territorial de 1.250,031 km², segundo o IBGE (2016).

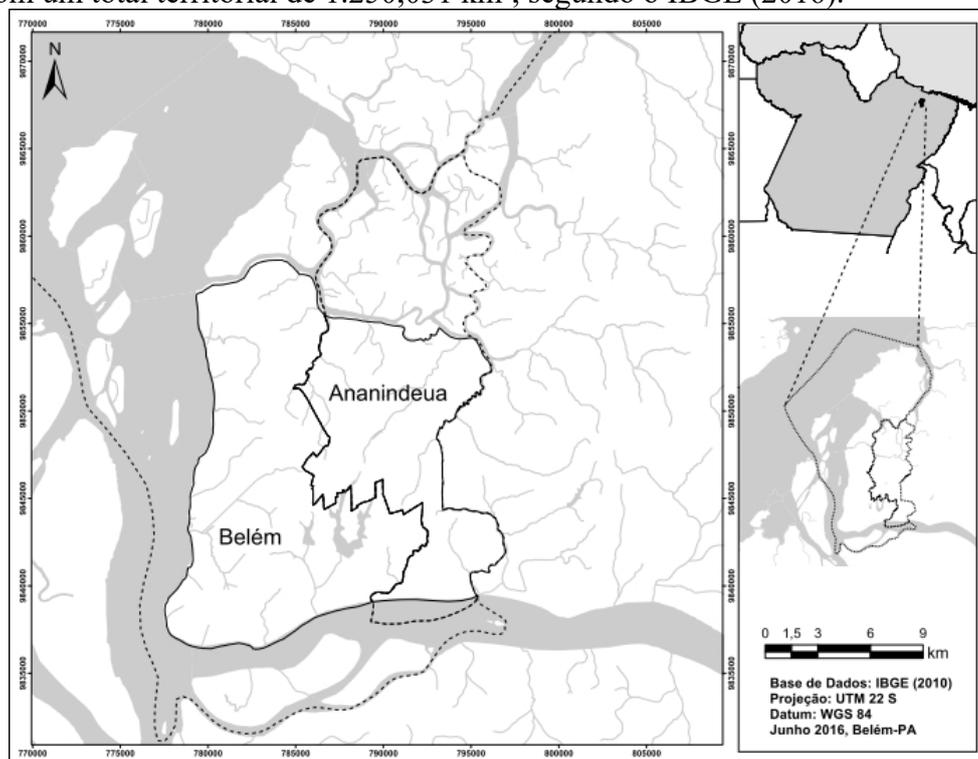


Figura 1. Localização de Belém e Ananindeua no estado do Pará, destacando as suas áreas continentais.

A cidade de Belém, de acordo com o IBGE (2016) tem uma história próxima ao próprio estado do Pará, pois se trata de uma cidade de 400 (quatrocentos) anos de idade e também uma das mais antigas e importantes do país. Sua fundação data de 12 de janeiro de 1616. Sua localização está nos pontos de latitude 01°27'22" Sul e longitude 48°30'14" Oeste. Possui uma população, segundo o censo demográfico de 2010, de 1.393.399 habitantes.

Segundo as informações históricas do IBGE (2016), Ananindeua é um município formado por ribeirinhos, com formação a partir da Estrada de Ferro de Bragança. A prefeitura de Ananindeua (2013) relata que o município é o segundo maior em termos populacionais com 471.980 habitantes. Sua fundação municipal data de 30 de dezembro de 1943, mas suas origens remetem a meados XIX. Sua localização encontra-se nos pontos de latitude 01°21'57" Sul e longitude 48°22'19" Oeste.

A área de estudo é formada por uma região insular e por outra continental. Belém possui trinta e nove ilhas e Ananindeua nove, de acordo com Silva (2010). As informações de UOS e TST quantificadas neste trabalho, tanto em km² quanto em porcentagem, tem como base a área continental, que corresponde a 176,40 km² para Belém e 106,23 km² para Ananindeua.

3.2 Processamento digital de imagens

Na fase inicial, o pré-processamento, foi feita a composição das bandas dos sensores TM e OLI, adotado o padrão de falsa cor natural com a associação de canais na forma R5G4B3 e R6G5B4, respectivamente. Essas bandas foram selecionadas devido apresentarem as seguintes características.

Tabela 1. Principais características das bandas dos sensores TM, OLI e TIRS.

TM	OLI/TIRS	CARACTERÍSTICAS
BANDAS		
3	4	Utilizada para análise de diferenciação de espécies vegetais, por apresentar a propriedade de absorção de clorofila.
Visível vermelho		
4	5	Utilizada para a demarcação de redes de drenagem e de corpos d'água e diferenciar certos tipos de vegetação em análises de rugosidade.
Infravermelho próximo		
5	6	É utilizada para análises de saúde da vegetação, especialmente sobre a escassez de água, devido sua boa resposta ao teor de umidade da vegetação.
Infravermelho médio		
6	10	Utilizada para caracterizar respostas de natureza térmica de elementos da superfície terrestre.
Infravermelho termal		

Fonte: Elaborado com base em Fitz (2008).

Após esta etapa inicial realizou-se o necessário georreferenciamento das imagens geradas pela composição, com o objetivo de corrigir distorções geométricas, a partir de adaptações da metodologia apresentada em Silva et al. (2012), pelo método de registro *Image to Image* (Imagem para Imagem). A imagem base usada para a ortorretificação foi adquirida através do Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental – Módulo Público (SIMLAM Público), com data de 01/08/2009, da Secretária de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) do estado do Pará.

O processo foi efetuado através da coleta de 20 (vinte) GPC (*Ground Control Points*), distribuídos ao longo de toda a cena, ocasionado erros de 0,773761, 0,642297 e 0,787293, respectivamente, para as imagens anteriormente citadas. Observa-se que os erros gerados foram menores do que um *pixel* para todos os casos, sendo essa considerada uma excelente margem de erro. Em seguida foi feito o recorte das imagens para uma área que englobasse aproximadamente o território dos municípios da RMB, pois, as características da vegetação dessa área são semelhantes, facilitando a identificação das feições durante a etapa de classificação.

3.3 Classificação de imagens orbitais

A classificação de uma imagem orbital está relacionada a identificar certos elementos de uma classe pré-definida de feições do espaço geográfico. Os métodos de classificação de imagens multiespectrais da superfície terrestre podem ser enquadrados em dois tipos distintos: o *método supervisionado* e o *não-supervisionado* (FITZ, 2008). Ainda de acordo com o autor, o método de classificação supervisionada baseia-se na seleção de amostras de treinamento determinadas pela escolha de polígonos nas imagens, os quais contêm *pixels* com valores de reflectância representativos das feições escolhidas. Sendo assim, no referido trabalho optou-se por empregar o método de classificação supervisionada, devido ao conhecimento suficiente da área e da experiência com o método escolhido.

O método classificação supervisionada de máxima verossimilhança (Max-Ver) se caracteriza pela seleção de amostras de áreas representativas das feições identificadas numa região, onde, através de análises estatísticas o algoritmo calcula a probabilidade de cada *pixel* pertencer a uma das feições determinadas (FITZ, 2008). As regiões de interesse, chamadas de ROI (*Region of Interest*), das classes de UOS foram selecionadas e um mapa temático com a classificação final foi gerado.

Após a classificação o *software* gera uma matriz de confusão, onde é possível verificar quantos *pixels* foram classificados fora de sua classe e a partir disso calcular a precisão global da classificação. Além disso, é calculado o coeficiente *Kappa*, que mede a precisão da classificação, variando de 0 a 1, sendo mais próximo da unidade os valores de melhor classificação (Congalton, 1991). Para todas as datas a precisão foi acima de 99 % e o coeficiente *Kappa* maior do que 0,9. Vale ressaltar as datas de aquisição das imagens, sendo todas posteriores ao período de maior precipitação pluviométrica na região, que vai de janeiro a junho, com pico em março, sendo assim a vegetação estava em sua fase mais vigorosa.

Sobre as imagens geradas pela classificação foi aplicado o recurso de pós-classificação chamado *Majority/Minority Analysis* (Análise Maioria/Minoria). A análise de maioria possibilita que *pixels* espúrios localizados dentro de uma classe predominante sejam substituídos, tornando-se parte dessa classe, isso faz com que a classe como um todo fique mais homogênea.

Para compor esta parte da pesquisa foram selecionadas quatro classes de UOS, que são: Vegetação densa, Formações secundárias, Área antropizada e Água.

Tabela 2. Descrição das classes de UOS selecionadas.

CLASSES	DESCRIÇÃO
Vegetação Densa	Nesta classe está inserida a vegetação arbórea nativa, localizada, principalmente, nas margens dos cursos d'água onde a ação antrópica é menos intensa.
Formações Secundárias	Áreas com vegetação secundária, em estágios iniciais e intermediários de regeneração natural, formações arbustivas e rasteiras, as áreas de agricultura, os campos naturais.
Área Antropizada	Áreas urbanizadas, constituídas por construções, áreas com solo exposto, abrangendo os afloramentos rochosos, áreas quartzosas e os diversos tipos de solos.
Água	Refere-se aos corpos d'água presentes na área de estudo (rios, lagos, canais, áreas alagadas), passíveis de identificação pela resolução espacial do sensor.

3.4 Temperatura da superfície terrestre

Para a análise da temperatura de superfície foi utilizada a metodologia de Coelho e Correa (2013). Primeiramente, para a extração da TST foi utilizada a banda do infravermelho termal 6 e 10 do Landsat-5 sensor TM e do Landsat-8 sensor TIRS, respectivamente. Segundo Pires e Junior (2015) os satélites Landsat possuem bandas que operam na região do infravermelho termal, permitindo estimar valores de TST sobre a superfície terrestre.

Para a geração do mapa termal, foi realizado o recorte da imagem termal na área de estudo

e posteriormente foi realizada a conversão dos níveis de radiância e da temperatura de Superfície em Kelvin, por meio das equações (1) e (2), de acordo com o exposto em Coelho e Correa (2013).

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

Sendo, L_{λ} : Radiância Espectral do sensor de abertura em $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$; M_L : Fator multiplicativo de redimensionamento da banda termal; Q_{cal} : Valor quantizado calibrado pelo *pixel* em DN=imagem banda termal; A_L : Fator de redimensionamento aditivo específico da banda termal.

Depois da obtenção dos valores em radiância, foi utilizada a equação (2) para análise da temperatura em Kelvin.

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

De forma que, T : Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K_2 : Constante de calibração 2 em Kelvin; K_1 : Constante de calibração 1 em Kelvin.

Após a aquisição da temperatura em Kelvin, o valor da TST foi subtraído de 273,15 (valor absoluto em Kelvin) para a determinação da Temperatura em graus Celsius ($^{\circ}C$). A mesma metodologia foi utilizada para a determinação da TST para a Landast-5 e 8.

4. Resultados e Discussão

4.1 Dinâmica do uso e ocupação do solo

Com a análise do UOS em períodos distintos de tempo (multitemporal) foi possível constatar a dinâmica da cobertura vegetal e o avanço do processo de urbanização em Belém e Ananindeua. Já no período inicial da análise, em 1984, Belém possuía somente 22,66 % e Ananindeua 37,58 % de sua cobertura vegetal original, correspondendo a 39,98 km^2 e 39,91 km^2 , respectivamente. As formações secundárias representavam 19,80 % e 25,35 % dos municípios e as áreas antropizadas 55,43 % e 36,05 %, nessa ordem. Os gráficos da **Figura 1** mostram a quantificação das classes para os demais períodos estudados.

O principal fenômeno que observamos a partir das informações da **Figura 2** é que, durante o período estudando, houve a progressiva substituição das áreas de formações secundárias por áreas de densa ocupação antrópica, que chamamos de áreas antropizadas. Além, é claro, de perda de remanescentes florestais de vegetação densa. Na última data avaliada observou-se certo aumento das classes de vegetação densa e formações secundárias, porém, foi um crescimento mínimo, não podendo ser afirmado que se concretizará numa tendência para os próximos anos. Verificando a **Figura 3** a seguir podemos identificar espacialmente onde esse fenômeno ocorre.

Os resquícios de vegetação densa presentes na porção sul das cidades, em sua maioria, fazem parte de unidades de conservação presentes nessa região, como o Parque Estadual do Utinga (PEUt), onde estão os mananciais de abastecimento de água, a Área de Proteção Ambiental da RMB e a Reserva da Vida Silvestre Metrópole da Amazônia. Os demais remanescentes florestais são encontrados ao longo das margens de cursos d'água, como no Furo do Maguari, na porção norte de Ananindeua e dos rios principais das bacias hidrográficas urbanas do local.

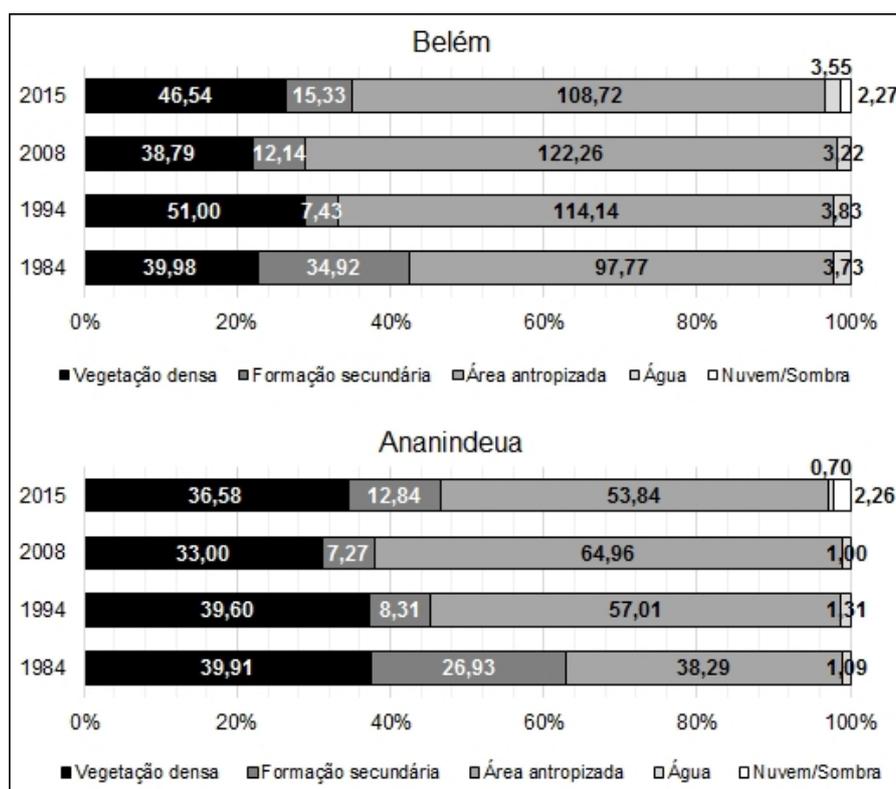


Figura 2. Distribuição das classes de UOS em Belém e Ananindeua, em km² e porcentagem.

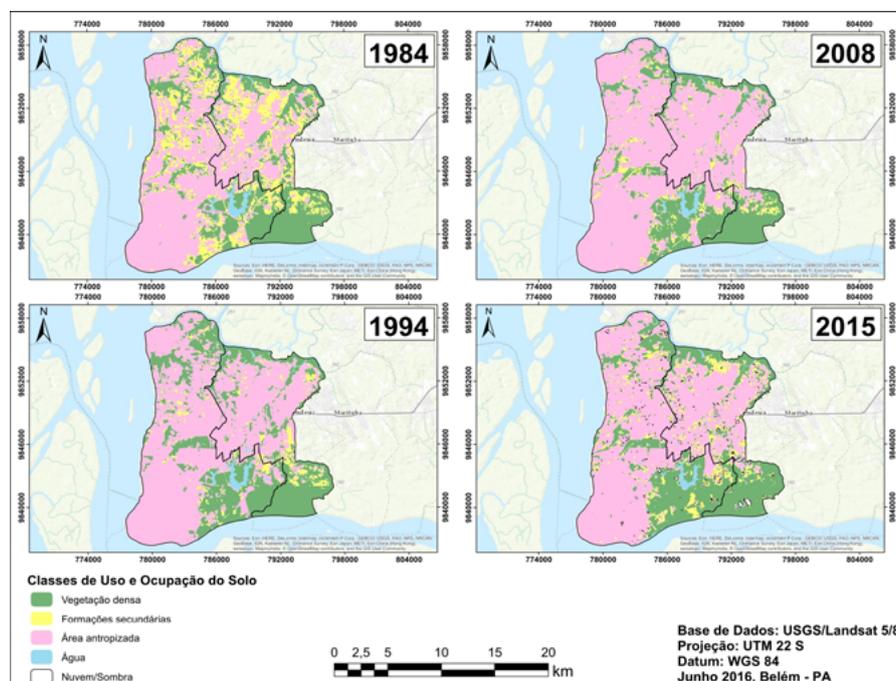


Figura 3. Espacialização das classes de UOS.

4.2 Análise da temperatura da superfície

De acordo com a Figura 4, percebeu se que houve um aumento considerável da TST no período estudado, destacando principalmente os anos de 2008 e 2015, pois apresentaram as maiores

temperatura de superfície em relação aos outros anos analisados nessa pesquisa. Haja vista que no ano de 2015 a temperatura máxima foi de 31 °C, tendo um aumento de aproximadamente de 4 °C em relação ao ano de 1984. Isso pode ser explicado devido ao aumento considerável dos aglomerados urbanos, no qual propicia o surgimento de ilhas de calor. De acordo com Callejas et al. (2011) a ilhas de calor refere se ao aquecimento da superfície urbana decorrentes do processo de urbanização no qual traz como consequência a perda do conforto térmico da região.

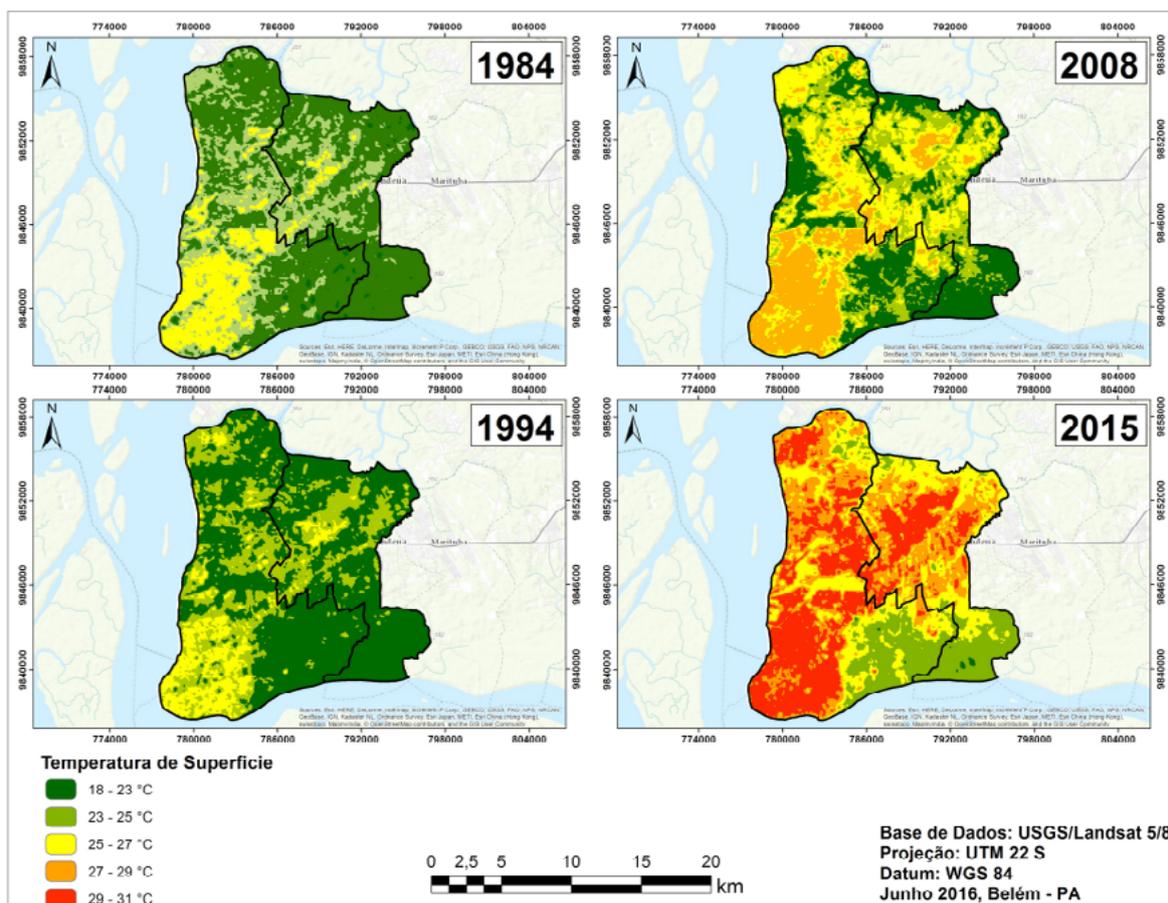


Figura 4. Mapa de temperatura de Superfície do município de Belém e Ananindeua.

De acordo Pacheco, Bastos e Creão (2009), no Boletim Agrometeorológico de Belém, foi detectado que no ano de 2008, a cidade de Belém apresentou as maiores temperaturas do ar em relação ao período de 1967 a 2007. Para o ano de 2015, foi detectado a presença do fenômeno do el niño na região que segundo Correa (2011) ocasiona uma diminuição da precipitação e aumento de secas, contribuindo para que haja um aumento da TST. Outro ponto importante, é que segundo Marengo et al (2009) o desmatamento na Amazônia vem ocasionando uma redução significativa na precipitação e na evapotranspiração resultando no aumento da temperatura do ar e da superfície terrestre.

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), **Figura 5**, observou se que as maiores temperaturas médias do ar foram detectadas no ano de 2008 e 2015, que analisando os meses de Julho e Agosto, os mesmos meses da análise da TST, apresentaram uma temperatura média de 27,1 °C e 27,8 °C, respectivamente. Analisando a temperatura média de superfície, **Figura 5**, percebeu se que não houve discrepância nos resultados encontrados em comparação com a temperatura do ar, haja vista que as maiores TST média apresentaram 27 °C na cidade de

Belém, valores bem próximos aos da Temperatura do ar.

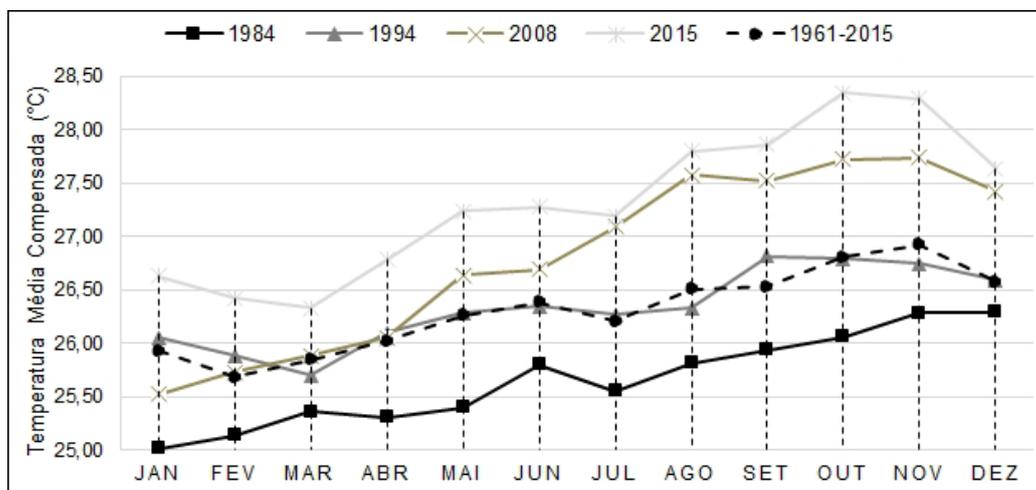


Figura 5. Mapa de temperatura média compensada do município de Belém e Ananindeua. Fonte: INMET.

Ao analisar os mapas de uso do solo e TST, **Figura 3 e 4**, constatou se que as maiores temperaturas ficaram concentradas na classe área antropizada em todas as imagens analisadas, que de acordo com a **Figura 6** apresentaram uma TST média 26 °C e 27 °C em Ananindeua e Belém no ano de 2015, respectivamente. Essa classe possui como umas de suas características o solo exposto sem cobertura vegetal, que normalmente apresentam altas elevações térmica e consequentemente altas temperaturas devido a área de exposição à radiação solar. Os menores valores TST médias foram encontrados nos anos de 1984 e 1994 tanto na cidade de Belém e Ananindeua, principalmente nas classes de água e vegetação, haja vista que a cobertura vegetal evita a absorção e perdas de calor, apresentando menores temperaturas que as áreas urbanas e solo exposto.

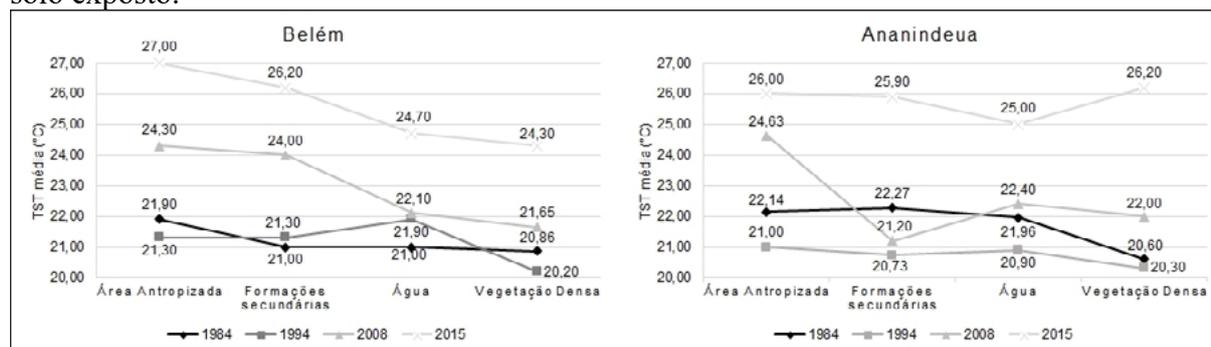


Figura 6. Mapa de temperatura de Superfície média do município de Belém e Ananindeua. Fonte: INMET; Dados da Pesquisa.

É importante salientar, que houve um aumento significativo nas áreas com elevadas temperaturas em comparação ao ano de 1984 a 2015, tanto na cidade de Belém e Ananindeua, de acordo com a **Figura 6**. Com isso, podemos destacar que com aumento da área antropizada na região houve um aumento da temperatura da superfície no qual pode afetar diretamente a qualidade de vida da população, pois quanto maior a TST maior será o desconforto térmico e de estresse devido ao calor, principalmente nos grandes centros urbanos, onde a temperatura de superfície é mais elevada.

5. Conclusões e sugestões

As mudanças constantes a qual está sujeita a paisagem onde o homem habita, ficam mais evidentes no cenário urbano. O modo de vida do ser humano, enquanto sociedade precisa e necessita alterar o espaço, para que este possa torna-se, na concepção moderna, um espaço agradável à vivência. O problema está na forma como os processos de transfiguração espacial ocorrem, pois nem sempre acontecem de maneira planejada e ordenada. Tal realidade é explicitada nas cidades de estudo deste trabalho, Belém e Ananindeua, onde uma população crescente, em busca de moradia e local para desenvolver as atividades econômicas, e um Estado ainda necessitado de estratégias de desenvolvimento territorial abre espaço sem levar em consideração o ambiente, o todo.

Essa prerrogativa traz consigo vários problemas de infraestrutura, ligados a saneamento, trânsito veicular, moradia irregular, logística, transporte, saúde e o alterações do clima local, relacionadas ao conforto térmico, segundo Callejas et al. (2011) impactando até mesma nas zonas de pressão, que interferem na circulação local do ar, que levam à anomalias de precipitação e, segundo Pacheco, Bastos e Creão (2009), à eventos de temperaturas muito elevadas, pois o problema não está no aumento da temperatura média em si, mas na intensificação de eventos de temperaturas extremas.

Saber como lidar com essa problemática é uma questão vital para o desenvolvimento. Quanto mais a sociedade avança, maior ficam suas exigências quanto um local para viver, e um local com problemas de conforto térmico prejudica tal concepção, além de ter impactos no microclima e em atividades econômicas, turísticas, industriais e trazer consequências negativas ao ambiente como um todo. O crescimento de estruturas habitacionais é algo que tem que ser acompanhado de perto pelo poder público, mas também o cidadão precisa ser atento a isso, pois tais construções também trazem prejuízos a este, não somente construções feitas pelas pessoas de menor poder aquisitivo, mas também por aquelas de maior, grandes edifícios em áreas proibidas ou inapropriadas, contribuem muito para a formação de ilhas de calor e aumento da TST. E não há como desenvolver sem pesquisar e estudar o local e as problemáticas, por isso é importante o apoio e a colocação em prática de projetos, que irão trazer melhor qualidade de vida, principalmente ligados ao conforto térmico, para a população dos centros urbanos.

Por fim, recomenda-se que estudos dessa natureza sejam conduzidos em ambientes como o do bioma Pantanal, onde o regime pluviométrico, o avançado da fronteira agrícola e outros fenômenos de natureza socioeconômica e ambiental interagem de forma irrestrita.

6. Referências

- Ananindeua. Prefeitura Municipal de Ananindeua. Decreto n. 15.163, de 12 de dezembro de 2012. **Homologa o Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável para o Município de Ananindeua**. Diário Oficial, Ananindeua, PA, n. 1.624, 30 de jan. 2013. p. 3-14.
- Callejas, I. J. A. et al. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. **Revista Mercator**, v. 10, n. 23, p. 207-223, 2011.
- Carvalho, E. Cidades brasileiras, crescimento e desigualdade social. **ORG & DEMO**, v. 3, n. 3, p. 45-54, 2002.
- Coelho, A. L. N. Correa, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.7, n.1, p. 31-45, 2013.
- Colgaton, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991.
- Correa, L. V. **Análise dos efeitos térmicos de superfície na cidade de Belém-Pará-Brasil utilizando imagens de satélite**. 2011. 80 p. Dissertação (Mestrado Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa, Belém, 2011.

Fitz, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Banco de Dados Agregados**. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso 28 jun. 2016.

Marengo, J. et al. Global warming and climate change in Amazonia: climate-vegetation feedback and impacts on water resources. **American Geophysical Union**, v. 186. p. 273–292, 2009.

Pacheco, N. A.; Bastos, T. X; Creão, L. G. C. **Boletim Agrometeorológico de 2008 para Belém, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 35p.

Pires, E. G. Junior, L. G. F. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 7421-7428. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://urlib.net/8JMKD-3MGP6W34M/3JJLLP2>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

Ponte, J. P. X. et al. Análise do índice de bem-estar urbano (Ibeu) local: Região Metropolitana de Belém-PA. In: Ribeiro, L. C. Q.; Ribeiro, M. G. (Orgs.). **Ibeu: índice de bem-estar urbano**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. 264 p.

Santos, F. A. A. Análise do comportamento das condições térmicas do município de Belém (PA), por meio da combinação de dados observacionais e imagem de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 851-858. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://urlib.net/3ERPFQRTBW/3485PTL>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

Silva, G. B. S. et al. **Procedimentos para correção geométrica de imagens de satélite**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. 18 p.

Silva, S. B. **Belém e o ambiente insular**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010. 165 p.

Souza, S. B.; Júnior, L. G. F. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **RA'E GA**, v. 26, p. 75-99, 2012.

Weng, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 64, n. 4, p. 335-344, 2009.