



EXPANSÃO DA MALHA URBANA E OCORRÊNCIA DE ILHA DE CALOR NA ZONA OESTE DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO/RJ

THAMIRES LACERDA¹
DIEGO JACOUD²
RENAN NAVARRO³
ANDREWS LUCENA⁴

Resumo: Este trabalho tem como objetivo analisar a temperatura da superfície continental (TSC) da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, oficialmente denominada como área de planejamento 4. Esta região da cidade sofreu com uma forte expansão da sua malha urbana que acarretou em diversas transformações espaciais. Foram utilizadas imagens de satélite do sensor Landsat-5 e 7, entre 1984 e 2010, agrupadas por décadas e elaborado seus usos do solo e calculadas a TSC, com a devida correção atmosférica. Os resultados mostram que a década de 2000 apresentou os maiores índices de urbanização e conseqüentemente os maiores valores de TSC. A região precisa de um planejamento adequado para conciliar o ordenamento espacial atual com as questões ambientais.

Palavras chave: Clima urbano; ilha de calor urbano; sensoriamento remoto

1- Introdução

A cidade do Rio de Janeiro se configura através de diferentes paisagens físicas e urbanas, cada localidade geográfica da cidade possui uma morfologia específica, sua ocupação populacional é bem complexa e diversificada. As áreas urbanas são palcos da relação homem-natureza, onde o homem transforma esta natureza para o seu próprio consumo, mas que resultam em muitos problemas ambientais, como enchentes, poluições, deslizamentos, entre outros. A ilha de calor também é um produto dessas transformações, onde a alteração da superfície original pela urbana (antropizada) causa mudança no clima local. Portanto a ilha de calor se expressa de forma individualizada em cada espaço da cidade, pois estes possuem características paisagísticas bem distintas.

1- Discente em Geografia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. E-mail de contato: thamireslcbispo@gmail.com

2- Discente em Geografia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. E-mail de contato: diegojacoud@gmail.com

3- Discente em Geografia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. E-mail de contato: renannavarromartins@gmail.com

4- Docente em Geografia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. E-mail de contato: lucenageo@yahoo.com.br



Apesar da cidade do Rio de Janeiro ser uma grande metrópole com uma história de povoamento e urbanização antiga, principalmente em sua área central, ela também possui fronteiras de urbanização recente, como no caso dos bairros da zona oeste, atraindo consigo a especulação imobiliária, os serviços e o comércio, em geral, movimentando um fluxo de capital e humano cada vez maior. O bairro da Barra da Tijuca exemplifica esse movimento em ritmo acelerado desde a década de 70, porém isso vem causando sérios transtornos climáticos, para a região.

Assim a superfície urbana é bastante alterada, criando condições para a ilha de calor urbana, onde o aumento de temperatura deve-se pelas propriedades e características das matérias artificializados no qual esses espaços são construídos. Definindo padrões bem mais complexos no balanço de energia (GARTLAND, 2008)

O objetivo deste trabalho é mapear a temperatura de superfície continental (TSC) da Ap4, nas últimas três décadas, nomeando suas áreas mais quentes, como indicativo de ilha de calor.

1.1- Clima urbano – Concepções teóricas

As primeiras pesquisas de clima urbano, foram feitas por Luke Howard, no início do século XIX, na cidade de Londres, estas foram base para análises posteriores de ilha de calor. Em meados do século XX, Manley (1958), pela primeira vez, denominou o gradiente térmico mais elevado, encontrado na cidade, como ilha de calor. As obras clássicas de Landsberg e Chandler, tiveram uma grande importância para o aprofundamento das concepções de clima urbano, seus trabalhos se concentraram na cidade de Londres. Eles compararam o clima urbano da cidade com seus arredores, observando com isso médias anuais superiores na cidade.

Atualmente existe diversos estudos que demonstram que a distribuição das isotermas nos núcleos urbanos, proporcionam certa tendência para o aumento de temperatura. O nome ilha de calor, foi sugerido a partir da observação da distribuição dessas isotermas em linhas circulares.

Segundo Voogt (2002) a ilha de calor é consequência de um clima adverso e modificado pelas alterações atmosféricas e de superfície urbana. Ela é a principal manifestação do clima urbano, é um dos principais problemas ambientais do século XXI (RIZWAN *et al.*, 2008), embora outros fenômenos associados ou resultantes dela façam parte do sistema clima urbano, como a poluição atmosférica e as inundações (LUCENA, 2012).



As ilhas de calor são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque os materiais usados para a construção dessas áreas, absorvem bem mais calor que o das áreas naturais. São impermeáveis, deixando o ambiente mais seco, são materiais escuros que absorvem mais energia, e tem elevada densidade construída servindo com obstáculos para a circulação do ar e contribuindo para a menor dissipação do calor.

O sensoriamento remoto é uma ferramenta essencial para o estudo do clima urbano, pois a partir do uso das bandas termais, podemos mapear a temperatura da superfície continental (TSC), permite análises espaciais mais eficazes para os estudos da ilha de calor urbana. A TSC está baseada em cálculos além da correção radiométrica e da obtenção da temperatura de brilho, mas acrescentam-se as técnicas de mascaramento de nuvens, o conhecimento da transmitância atmosférica para efetuar a correção atmosférica e, finalmente, obter a temperatura da superfície (LUCENA, 2012).

2- Discussões

A cidade do Rio de Janeiro tem uma história de ocupação desenvolvida a partir de sua área central, com a criação de eixos de transportes que se espraiaram por toda a cidade, criando assim novas áreas de crescimento urbano. A área de planejamento 4 (AP-4), teve sua urbanização mais intensa, com a criação de Tunes, viadutos que ligam, Centro-Zona Sul-Barra da Tijuca, com um novo conteúdo social, classe média alta, com exceção de alguns espaços favelados, favorecidas pelas grandes avenidas e autoestradas, que constituiu a porta de entrada da Zona sul.

A área de planejamento nº 4 ou AP- 4, é uma das cinco áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro (Figura 01), que se localiza na zona oeste da cidade, uma região de recente expansão urbana, com uma natureza física muito particular e singular (Figura 02), conforme relata Geiger (2002):

Imensa praia oceânica de areia fina, mais de 25 km. se estende na metade ocidental do município do Rio de Janeiro. Grande parte é uma restinga que isola as lagoas de Marapendi, Jacarepaguá e Tijuca. A restinga se constitui na fachada da Baixada de Jacarepaguá, grande anfiteatro entre os maciços da Tijuca e da Pedra Branca. (GEIGER, 2002, p.9).

Nesta área se localiza a Barra da Tijuca, que teve a partir da década de 70 um processo acelerado de expansão urbana, principalmente de setores de classe média alta, impulsionados pela abertura de tunes e viadutos que ligam a Gávea a São Conrado, bairro da zona sul carioca, a Barra, intensificando assim a urbanização na faixa costeira que



passou a avançar de leste para oeste, atingindo o bairro do Recreio dos Bandeirantes, antes disso a área mais povoada era Jacarepaguá (classe média baixa). Esse aumento populacional atraiu atividades econômicas, que fizeram deste espaço uma grande área comercial. Junto com isso houve o crescimento de favelas, como Cidade de Deus (que hoje se oficializa como um grande bairro) que teve sua origem nas remoções de favelas nos anos 60.

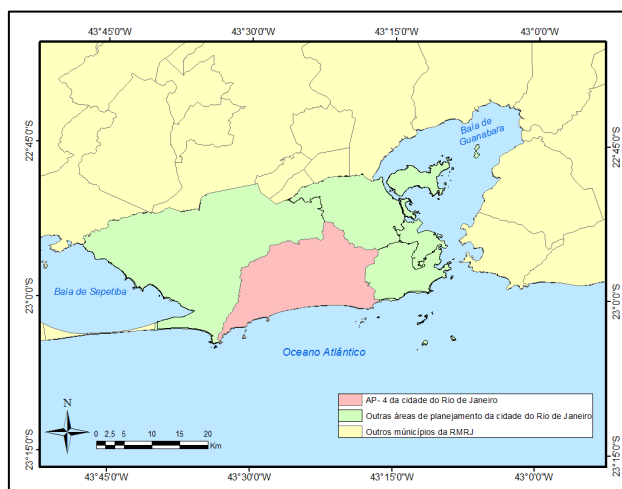


Figura 01: Área de planejamento 4 (AP-4) na cidade do Rio de Janeiro.

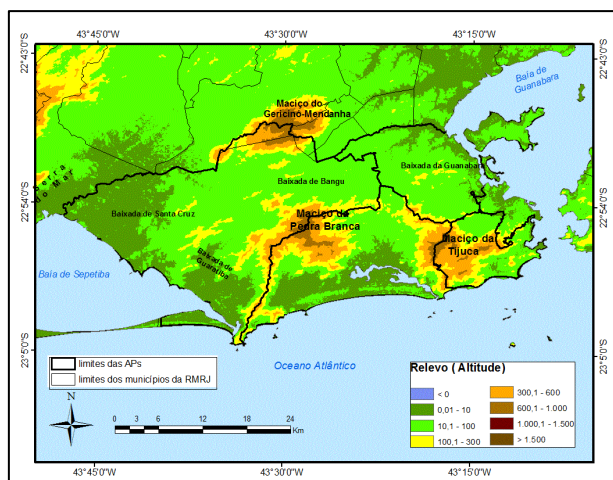


Figura 02: Relevo da AP-4 no contexto da cidade do Rio de Janeiro.

A metodologia utilizada neste trabalho priorizou o uso de imagens de satélites, para elaborar o uso do solo e a temperatura da superfície continental. Com uma base de dados composta por uma série temporal de 99 imagens, do Landsat-5 e 7 entre os anos de 1984 e 2010. Todas as imagens estão situadas na órbita-ponto 217-76, que abrange a RMRJ, e correspondem ao período matutino. As imagens foram agrupadas por décadas, tendo em vista a maior facilidade pra a análise temporal destas. As imagens de 1984 até 1990 correspondem aos anos 80, com 9 imagens, (6 para o outono-inverno; 3 para a primavera-



verão), enquanto, entre 1991 e 2000, aos anos 90, com 36 imagens (25 para o outono-inverno; 11 para a primavera-verão) e 54 imagens para os anos 2000 (33 para o outono-inverno; 21 para a primavera-verão). Em seguida, foi realizada a correção radiométrica com base nas equações e constantes de calibração presentes nos trabalhos de Chander et al. (2009) como parte do pré-processamento dos dados. Com suporte no trabalho de França e Cracknell (1995), foram adotadas três técnicas de mascaramento de nuvens: a) técnica com base em limiar do valor da reflectância na banda 3; b) técnica com base em limiar do valor de temperatura de brilho na banda 6; c) técnica da razão entre as bandas 4 e 3.

Três mapas de uso de solo foram utilizados, cada um representando uma década. Elaborados e processados no SPRING 4.3, com base no método classificador Bhattacharya. Quatro classes de solo foram usadas, a) urbano; b) rural ou urbano de baixa densidade (RUBD); c) vegetação; d) corpos de água, estas escolhidas por considerarmos as mais importantes para a análise do uso do solo. A classe “urbano” foi representada por toda área de ambiente construído consolidado, isto é, ruas e avenidas pavimentadas, casas e prédios. Como classe “rural ou urbano de baixa densidade (RUBD)” são considerados os ambientes que ainda apresentam alguma prática ou resquício agrícola ou logradouros não pavimentados totalmente; A classe “vegetação” foi determinada por qualquer ambiente vegetado, seja floresta, primária ou secundária, parques urbanos artificiais, vegetação de praia, lagoas e mangue. Finalmente, a classe “corpos d’água” considerou todo e qualquer corpo hídrico, isto é, praia, lagoa ou rios, saudáveis ou poluídos.

A TSC foi estimada utilizando a banda 6 do Landsat com base em diferentes parametrizações (Qin *et al.*, 2001; Souza e Silva, 2005), onde a correção atmosférica é realizada utilizando-se dados medidos de estações meteorológicas na RMRJ. A TSC estimada é resultado da combinação entre a temperatura de brilho na banda 6 e um fator de correção que leva em conta a influência atmosférica e a emissividade da superfície no sinal registrado pelo instrumento a bordo do satélite. A emissividade foi obtida a partir do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) de acordo com Van de Griend e Owe (1993).

Das 99 imagens, grupos de imagens foram combinados gerando uma única imagem por década, utilizando o critério da composição de máximo valor (CMV). O método da CMV seleciona o pixel com maior valor ao longo da série temporal para a composição final, eliminando os pixels contaminados, com valores menores, ainda que aplicados o mascaramento de nuvens e a correção atmosférica. Com a utilização da CMV, que identifica o pixel de maior temperatura, conseguimos destacar as áreas mais quentes da AP- 4.

A demonstração com as equações e algoritmos de correção geométrica e correção atmosférica podem ser apreciadas em Lucena (2012).



3- Resultados

O uso de solo nas últimas três décadas (80, 90 e 2010), na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, mais especificamente na AP-4, apresenta uma evolução temporal da classe urbano, vem crescendo de leste para oeste. Na costa oceânica dessa área de planejamento, observamos um intenso crescimento, que se espalhou da Barra da Tijuca, para o Recreio dos bandeirantes, atingindo na década de 2000, partes de Vargem Pequena e Vargem Grande, espaços antes, com elevadas concentrações rurais. (Figuras 03, 04 e 05).

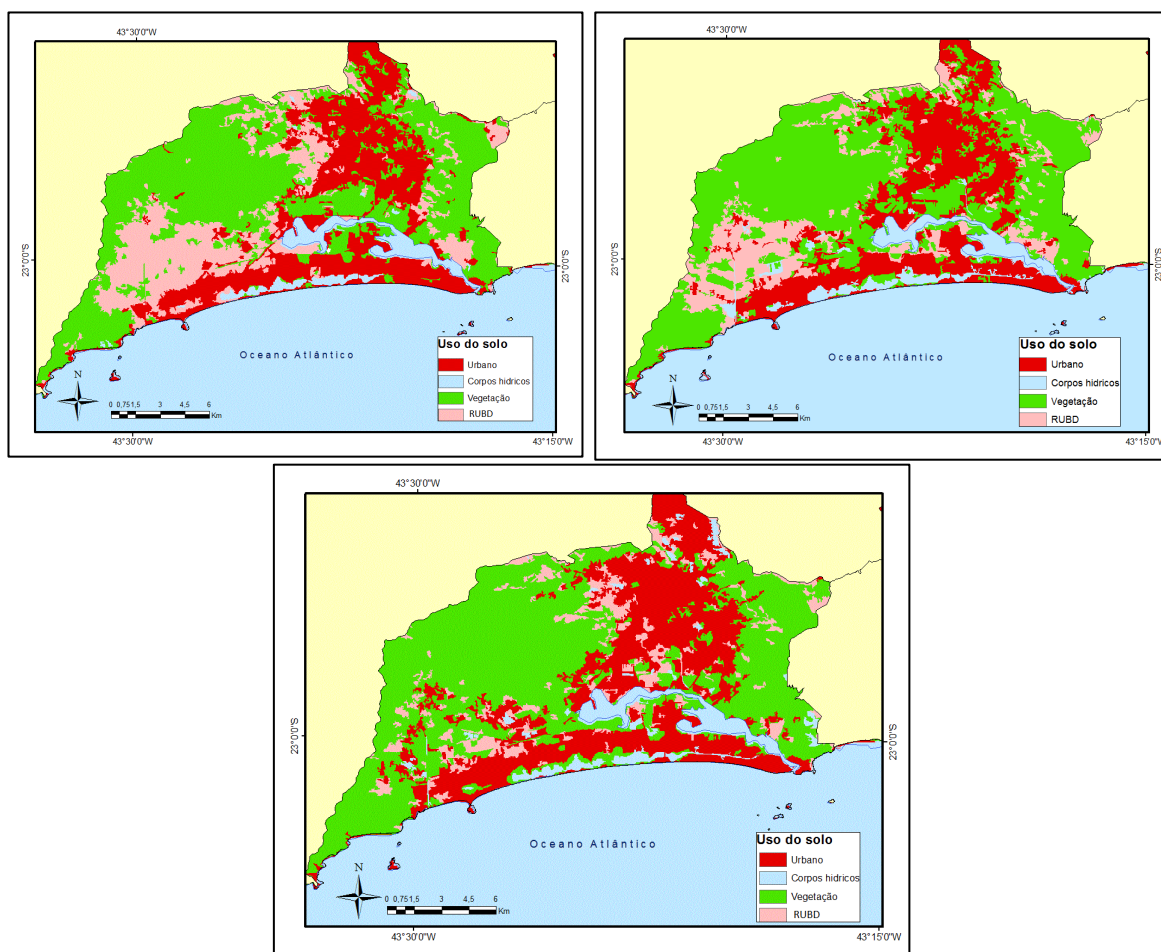


Figura 03 (superior, à esquerda): Uso do solo da AP-4 na década de 1980. Figura 04 (superior, à direita): Uso do solo da AP-4 na década de 1990. Figura 05 (inferior): Uso do solo na década de 2000.

A classe vegetação está mais concentrada na área dos maciços, maciço da Pedra Branca e maciço da Tijuca. Nesta área a vegetação apresentou um aumento em alguns bairros principalmente em Jacarepaguá, Vargem Grande, Vargem Pequena e Recreio dos Bandeirantes. Esse aumento pode ser consequência de alguns projetos de manutenção ou recuperação da vegetação da floresta do maciço da Pedra Branca, pode estar associado



também a campos agrícolas extintos nestas áreas, confundidos pelo classificador como vegetação, pois observamos que a classe rural ou urbano de baixa densidade tiveram uma grande diminuição nestes bairros.

A figura 06, a evolução das classes de uso do solo. Enquanto as classes urbano e vegetação tiveram um aumento nas últimas três décadas, a classe rural- urbano de baixa densidade foi expressiva em termos de involução e variação, quase desaparecendo na década de 2000. Trata-se da classe mais complexa para ser definida na segmentação para classificação em sensoriamento remoto, uma vez que é uma tipologia de classe que enfrenta conflitos em torno de sua ocupação e legalização junto ao poder público. (LUCENA, 2012).

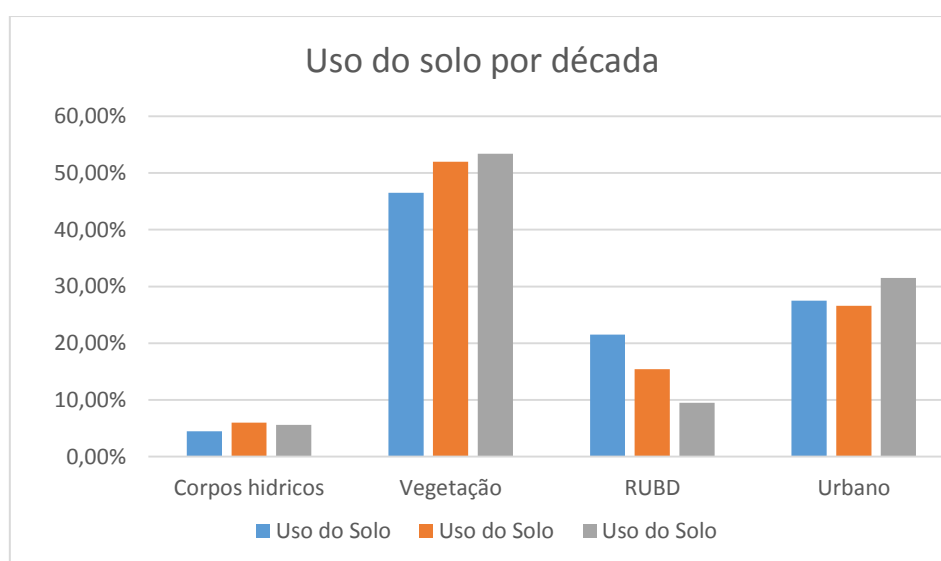


Figura 06: Gráfico da variação do uso do solo por década (1980, 1990 e 2000).

O crescimento da urbanização em alguns lugares, tem uma ligação forte com a comercialização da natureza. Podemos dar o exemplo do bairro de Vargem Grande, que por ter o parque florestal do maciço da Pedra Branca, com presença marcante da floresta, que uma especificidade em relação ao restante da cidade, gera um grande atrativo populacional, de alta renda, com o marketing da tranquilidade e paz da natureza.

A TSC teve uma considerável evolução nas últimas três décadas, como mostra nas figuras 07, 08 e 09. Na década de 1980 os maiores valores são encontrados na parte leste e principalmente na parte litorânea da AP4, com concentração de maiores temperaturas na Barra da Tijuca, com valores entre 35 e 50°C e extremos de 55°C, na classe urbana. Nos maciços, que configura a maior parte da classe vegetação, a TSC variou de 20 a 30 graus, chegando a menores valores em altitudes mais elevadas. Na classe RUBD, os valores variaram entre 30 e 35 °C.

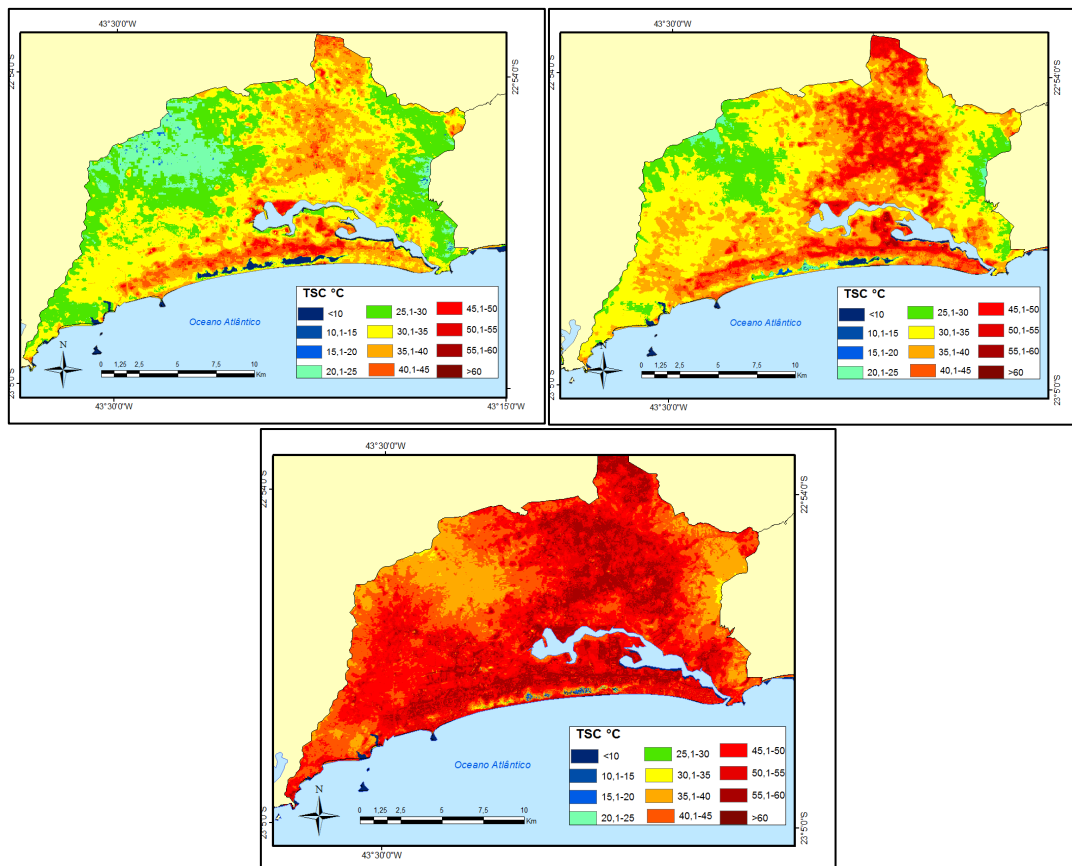


Figura 07 (superior à esquerda): TSC na AP-4 na década de 1980. Figura 08 (superior à direita): TSC na AP-4 na década de 1990. Figura 09 (inferior): TSC na AP-4 na década de 2000.

Na década de 1990 os maiores valores são mantidos nos mesmos bairros porém com um aumento da temperatura, consequência da expansão urbana, ocorrida de leste para oeste, com valor entre 35 e 55°C na área urbana. Os menores valores desta classe estão ao redor dos maciços, pois recebem a influência da temperatura das áreas mais vegetadas como também das áreas rurais, já nos núcleos se concentram as maiores temperaturas, chegando a 55 °C.

Finalmente, na década de 2000, a zona oeste espacializa valores de TSC, em média, bem acima dos 40°C, identificado pelos tons de laranja e vermelho. Alguns valores de TSC ultrapassam os 50°C e chegam a faixa dos 60°C, definidos pelos tons de vermelho mais escuro, permanece nas mesmas áreas que já registraram os maiores valores em décadas anteriores. Os valores de temperatura de superfície da classe vegetação, também configuram um expressivo aumento, influenciados pelo aumento de temperatura causados pela ampliação das fronteiras urbanas na região.

Portanto a evolução temporal da TSC na área de planejamento 4, impulsionados pela ampliação da mancha urbana, evidencia a manifestação da ilha de calor urbana, tendo



em vista o gradiente acentuado da TSC entre o “urbano” e a “vegetação”, que se elevou ainda mais na década de 2000.

4- Conclusão

Com as imagens de satélite, do Landsat-5 e 7, observou-se a estreita ligação da classe de uso do solo com a temperatura da superfície continental. A classe “urbano” da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro configura os maiores valores de TSC, enquanto a classe “vegetação” é representada por menores valores, e a classe “rural ou urbano de baixa densidade (RUBD) fica no intermediário dessas temperaturas.

Com a expansão da mancha urbana na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, os valores de temperatura tiveram uma considerável elevação, apresentando valores compatíveis com outras áreas consolidadas da cidade. Com o progressivo aumento da urbanização na Ap4, estes valores podem aumentar gerando situações de desconforto térmico à população.

Faz-se necessário estudos mais aprofundados de ilha de calor urbana nesta área da cidade, pois estas mudanças ambientais podem causar impactos irreversíveis. Estes estudos podem ser utilizados pelo poder público para a elaboração de um planejamento, que vise amenizar estes impactos melhorando a vida da população local.

5. Referências Bibliográficas

CHANDER, G; MARKHAN, 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*, 2009, v.113, p.893–903.

FRANÇA, G. B., CRACKNELL, A. P. *A simple cloud masking approach using NOAA AVHRR daytime data for tropical areas. International Journal of Remote Sensing*, v.16, 1995, p.1697–1705.

GARTLAN, L. **Ilhas de calor: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** São Paulo. Ed Oficina de Textos. 2008.

GEIGER, P.P. **A metrópole da cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2002, p.9.

LUCENA, A.J. *A ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro.* 2012. **Tese** (Doutorado em Ciências Atmosféricas em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, Rio de Janeiro. 2012.

MANLEY, G. *On the frequency of snowfall in metropolitan England, Quart. J. Roy. Meteorological. Society*, vol. 84, 1958, p.70–72.



QIN, Z; KAMIELI, A; BERLINER, P. *A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region.* **International Journal of Remote Sensing**, v.22, 2001, p.3719–3746.

RIZWAN, A. M., Dennis, Y.C., Leung, L. C., *et al.*, *A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island.* **Journal of Environmental Sciences**, vol. 20, 2008, p. 120–128.

SILVA, GABRIELA. **Processo de ocupação da Barra da Tijuca [RJ]: Problemas Ambientais, Conflitos Sócio-Ambientais, Impactos Ambientais Urbanos.** Pesquisa em Arquitetura e construção. 2006. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~parc/vol1/n1/parc01silva.pdf>, acesso em 15 de maio de 2014.

SOUZA, J. D; SILVA, B. B., *Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: Landsat 5.* **Revista Brasileira de Geofísica**, v.23, 2005 p.349-358.

VAN DE GRIEND, A. A; OWE, M. *On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces.* **International Journal of Remote Sensing**, v.14, 1993, p.1119–1113 .

VOOGT, J. Urban Heat Island. In Munn, T. (ed.) **Encyclopedia of Global Environmental Change**, Vol. 3. Chichester: John Wiley and Sons. 2002.