

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO FENÔMENO DE ILHAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA/GO (1986-2010)

ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF THE HEAT ISLAND
PHENOMENON IN GOIÂNIA/GO (1986-2010)

ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DU PHÉNOMÈNE D'ÎLOT
DE CHALEUR À GOIÂNIA/GO (1986-2010)

Diego Tarley Ferreira Nascimento - Universidade Federal de Goiás - Goiânia - Goiás - Brasil
diego.tarley@gmail.com

Ivanilton José de Oliveira - Universidade Federal de Goiás - Goiânia - Goiás - Brasil
ivanilton.oliveira@gmail.com

Resumo

O processo de crescimento urbano acelerado e desorganizado tem desencadeado uma gama de impactos ambientais. Dentre estes, ressalta-se a alteração do clima local, no qual o comportamento espacial simultâneo da temperatura se revela como o mais importante elemento, tendo como principal consequência a formação do fenômeno de "ilhas de calor". Nesse contexto, o presente artigo analisa a evolução das ilhas de calor no município de Goiânia/GO, tendo como recorte temporal o período de 1986 a 2010, valendo-se de dados de sensoriamento remoto, para estimar os valores de temperatura superficial terrestre, e de técnicas de geoprocessamento, para análise e mensuração do fenômeno. Com base nos dados e nas análises realizadas, pôde-se constatar que as temperaturas superficiais terrestres apresentaram certo padrão de variação espacial e, sobretudo, temporal, haja vista ter-se constatado uma verdadeira inversão na representatividade das classes de temperatura superficial no decorrer dos anos de 1986 a 2010, que oscilaram do predomínio absoluto das temperaturas abaixo de 24° C, para o domínio amplo das temperaturas acima desse patamar. Palavras-chave: ilhas de calor, Goiânia/GO, clima urbano, imagens termais.

Abstract

The process of rapid and disorganized urban growth has led to a range of environmental impacts. Among these, we highlight the change of local climate, in which the simultaneous spatial behavior of temperature is revealed as the most important element, the main result in the formation of the phenomenon of "heat islands". In this context, this article examines the evolution of heat islands in Goiânia/GO, having as a time period from 1986 to 2010, making use of remote sensing data to estimate the values of land surface temperature, and geoprocessing techniques for analysis and measurement of the phenomenon. Based on data and analysis conducted, it was noted that the land surface temperatures showed a certain pattern of spatial and temporal variation. There was a clear reversal in the representation of classes of surface temperature over the years from 1986 to 2010, which ranged from the predominance of temperatures below 24 ° C, for the broad domain of temperatures above this level.

Key words: heat islands, Goiânia/GO, urban climate, thermal images

Résumé

Le processus de croissance urbaine rapide et anarchique a déclenché une série d'impacts environnementaux. Parmi ceux-ci, nous mettons en évidence le changement de climat, dans lequel le comportement simultanée spatiale de la température se révèle comme l'élément le plus important, le résultat principal de la formation du phénomène des «îlots de chaleur». Dans ce contexte, cet article examine l'évolution des îlots de chaleur à

Goiânia/GO, dans la période 1986 à 2010, sur la base de produits de télédétection pour estimer les valeurs de la température de surface de la terre, et les technologies géospaciales, pour l'analyse et la mesure du phénomène. Sur la base de données et les analyses effectuées, il a été noté que les températures de surface de la terre a montré un certain rythme de la variation spatiale, et surtout temporelle, étant donné qu'ils se trouvent un renversement dans la représentation des classes de température de surface au fil des ans 1986 à 2010, qui allaient de la prédominance des températures inférieures à 24 ° C, pour le vaste domaine de températures supérieures à ce niveau.

Mots-clés: îlots de chaleur, Goiânia/GO, le climat urbain, des images thermiques.

Introdução

O processo de crescimento urbano acelerado e desorganizado tem desencadeado uma gama de impactos ambientais, oriundos da ocupação e transformação do meio natural sem um planejamento adequado e sustentável. Dentre esses problemas ambientais, ressalta-se a alteração do clima local – clima urbano –, como um importante reflexo do impacto da ocupação e da atividade antrópica sobre o meio ambiente.

O clima urbano, considerado como a alteração do clima local decorrente do processo de urbanização, é produto da ação do homem sobre o meio ambiente. Nesse clima urbano, é possível constatar diferenças consideráveis nos elementos climáticos conforme a influência da cobertura do solo, no que diz respeito à alteração no fluxo de matéria e energia sobre a atmosfera local. Nesse contexto, convém salientar que o comportamento espacial simultâneo da temperatura se revela como o mais importante elemento nesse complexo sistema, tendo como principal produto o fenômeno das “ilhas de calor”. Quando as diferenças simultâneas de temperatura ocorrem entre centro/área urbana (valores mais altos de temperatura) e periferia/área rural (valores mais baixos), denomina-se de ilha(s) de calor a delimitação dessa(s) área(s) mais quente(s).

Essa é a temática do presente trabalho, que possui como objetivo geral realizar uma análise da evolução histórica do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia, capital do estado de Goiás, tendo como recorte temporal o período de 1986 a 2010, valendo-se de dados de sensoriamento remoto para estimar os valores de temperatura superficial terrestre e técnicas de geoprocessamento para análise e mensuração do fenômeno.

Caracterização da área de estudo

Este trabalho teve como área de estudo o município de Goiânia (Figura 1), cujo sítio urbano foi fundado em 24 de outubro de 1933, como

uma cidade planejada para ser a capital do estado de Goiás, em substituição à antiga Vila Boa (atual Cidade de Goiás), atendendo aos anseios políticos, econômicos, sociais e ambientais da época.

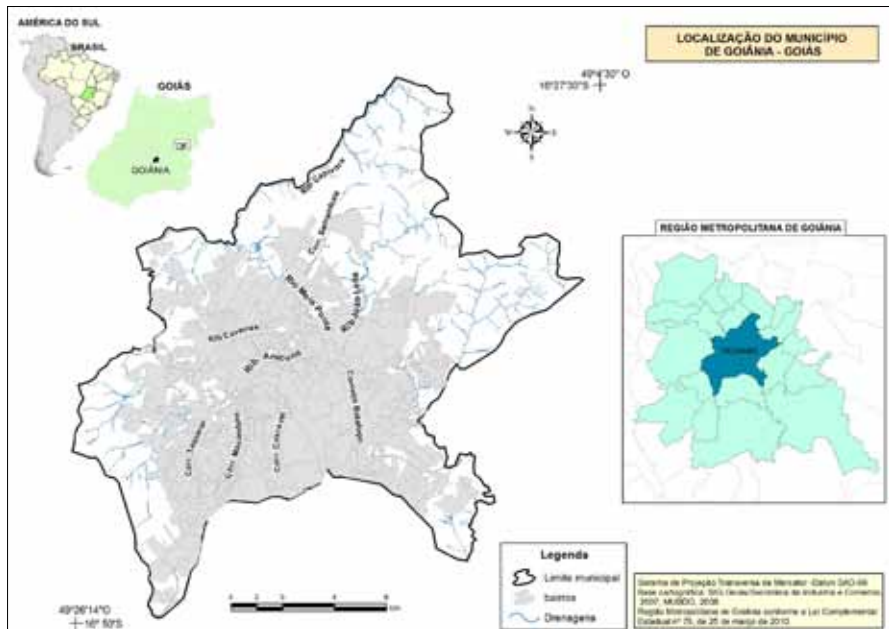


Figura 1 - Mapa de localização do município de Goiânia/GO.

Com uma população de 1.301.892 habitantes, segundo o censo demográfico realizado pelo IBGE em 2010, Goiânia é considerada como uma metrópole regional, destacando-se no comércio, na oferta de ensino superior, na prestação de serviços públicos (principalmente os de saúde), na agropecuária e na indústria, gerando um Produto Interno Bruto (PIB) anual de R\$ 17.867.338.000,00 e perfazendo uma renda *per capita* anual de R\$ 14.355,00, segundo dados do IBGE para o ano de 2007.¹

Por Goiânia apresentar tais características socioeconômicas, atraiu (e ainda atrai) um considerável fluxo de migrantes, oriundos principalmente dos estados de Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Pará e Piauí (RIBEIRO, 2004). Esse intenso fluxo migratório rumo à capital, juntamente com o processo de êxodo rural e o crescimento vegetativo de 1,9%² ao ano, condicionou (e condiciona) um vertiginoso processo de

crescimento populacional e também do espaço urbano, que já ocasionou, inclusive, a conurbação na região sul da área urbana de Goiânia com Aparecida de Goiânia e vem consolidando o mesmo fenômeno na região noroeste, com Goianira, na região oeste, com Trindade, e na região leste, com o município de Senador Canedo.

Esse intenso processo de expansão demográfica e crescimento urbano, especialmente a partir da década de 1950, resultou numa gama de problemas socioambientais, entre os quais vale destacar a consolidação de um clima local (clima urbano) com repercussão, sobretudo, no campo térmico – algo já constatado por Caseti (1991), com a identificação de diferenças na temperatura do ar em dois pontos localizados no município, e por Nascimento e Barros (2009), com o mapeamento das temperaturas superficiais terrestres levantadas por sensoriamento remoto.

O clima urbano e o fenômeno de ilhas de calor

O estudo do clima urbano se baseia numa linha de pesquisa da climatologia responsável pela compreensão do clima da cidade, enfocando inicialmente uma análise espacial local (clima local) que se estende a níveis regionais (clima regional) e globais (clima zonal/global), destacando-se, em cada escala, a influência urbana (COLTRI, 2006).

Nesse sentido, o clima urbano pode ser definido como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95), sendo um sistema complexo, dinâmico, adaptativo e aberto que, recebendo energia do ambiente maior no qual se insere, a transforma substancialmente (MONTEIRO, 1976; MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

Monteiro (1976), em sua tese de livre docência, desenvolveu a teoria do “Sistema de Clima Urbano (SCU)”, visando compreender a organização climática peculiar da cidade. Para o autor, o Sistema Clima Urbano importa energia do seu ambiente, desempenhando um processo contínuo de transformação. Essa energia possui natureza térmica, advinda da transformação de energia primária de toda a Terra, do Sol, sendo alimentada pelo calor antropogênico e retroalimentada na dinâmica da superfície, no tocante à circulação atmosférica regional.

Inserido na teoria do Sistema Clima Urbano, encontram-se três subsistemas que se articulam e se integram, a saber: o termodinâmico, no

tocante ao conforto térmico; o hidrodinâmico, no que tange ao impacto meteórico (chuvas intensas); e o físico-químico, que diz respeito à qualidade do ar.

Dentre estes subsistemas, destaca-se aqui o termodinâmico, que, segundo Monteiro (1976, p. 126), caracteriza-se como o “nível fundamental de resolução climática para onde convergem e se associam todas as outras componentes”. Este subsistema apresenta um desenvolvimento contínuo e possui, como principal produto, a ilha de calor – fenômeno em análise nesta pesquisa. Bias, Baptista e Lombardo (2003, p. 1742) afirmam que

[...] dependendo do albedo, mais radiação será absorvida e mais calor será emitido pela superfície. Esses padrões diferenciados de emissão de calor acabam determinando uma temperatura mais elevada no centro e, à medida que se afasta deste, em direção aos subúrbios, as temperaturas tendem a diminuir.

O fenômeno de ilha de calor é a mais bem conhecida modificação climática de ordem antropogênica. A ilha de calor é considerada como uma anomalia térmica resultante do processo de crescimento urbano, no tocante à alteração da superfície (essencialmente no que se refere aos materiais que a compõem) e da atmosfera local que favorece a absorção do fluxo de radiação solar (CAMARGO et al., 2007). Isso propicia um aumento significativo da “irradiação de calor para a atmosfera [nas regiões centrais] em comparação com as zonas periféricas ou rurais”, onde não se processa uma ocupação tão intensa do solo (TEZA; BAPTISTA, 2005, p. 3911).

A anomalia térmica advinda da ilha de calor possui diferentes escalas, primordialmente uma espacial, considerando que a variação espacial simultânea da temperatura pode ocorrer tanto na zona intraurbana quanto entre a zona urbana e a rural do município. Sem embargo, como todo fenômeno ambiental, apresenta ainda uma variação (evolução) temporal (COLTRI et al., 2007) – o qual será o método de investigação no presente trabalho, tendo por base a série histórica de dados levantados por sensores remotos.

A inexistência de uma rede de estações meteorológicas que possa fornecer dados de áreas relativamente extensas, associada à grande dificuldade de acesso aos dados de temperatura do ar, fez com que o sensoriamento remoto passasse, especialmente a partir da década de 1970, a ser bastante empregado na identificação e análise do fenômeno de ilha

de calor. Partiu-se do pontual, outrora com base em dados provenientes de estações meteorológicas, ao contínuo espacial e sinóptico.

O sensoriamento remoto nos estudos de ilha de calor

O sensoriamento remoto no infravermelho termal, compreendido entre o intervalo de 8 a $14\mu\text{m}$ do espectro eletromagnético, é fundamentado no princípio de que todo objeto e superfície que possua temperatura acima do zero absoluto (0 K) emite energia eletromagnética. Sem embargo, alguns sensores remotos têm a capacidade de detectar a radiação em ondas longas emitida na faixa do infravermelho termal, assim considerada por ser nesta faixa detectada a radiação emitida pelos objetos, cujos valores variam em função de sua temperatura (STEINKE; STEINKE; SAITO, 2004).

Ao considerar tal característica dos sensores, e o estipulado pela Lei de Plank, segundo a qual “quanto maior a temperatura de um dado comportamento de onda, maior será a quantidade de energia emitida por um corpo negro” (BIAS; BAPTISTA; LOMBARDO, 2003, p. 1742), é possível levantar a temperatura de determinado local ou objeto por meio da transformação dos níveis de cinza das imagens termais em valores de temperatura aparente, baseando-se, para isso, na aplicação de um algoritmo.

Jensen (2007) destaca que os primeiros estudos das propriedades térmicas superficiais foram elaborados em escala regional e valeram-se de satélites de baixa resolução espacial. Contudo, as últimas duas décadas verificaram uma gigantesca evolução do sensoriamento remoto, consubstanciado pela evolução dos sistemas orbitais, essencialmente no que diz respeito à resolução espacial e/ou espectral, e também na disponibilidade de imagens. Essa evolução tecnológica possibilitou um maior emprego de dados obtidos em estudos sobre as características térmicas superficiais, por diferentes sensores remotos, como, por exemplo, os sensores TM e ETM+, ambos dos satélites da série Landsat.

Procedimentos metodológicos

O trabalho se baseou, inicialmente, no inventário e análise de dados secundários, informações e resultados de pesquisas sobre clima urbano e ilha de calor, com enfoque principalmente no emprego do sensoriamento remoto.

A segunda etapa do trabalho consistiu na coleta de dados primários, neste caso, as imagens referentes à banda termal (banda 6) do satélite Landsat 5, de órbita/pontos 221-71 e 72, que recobrem a área do município de Goiânia. As imagens foram acessadas no catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em sua *homepage* (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>).

Para garantir a possibilidade de análise comparativa das situações encontradas ao longo dos anos, a seleção das imagens se pautou na existência de condições meteorológicas e sinóticas das datas de aquisições das imagens mais próximas possíveis. Para tanto, foram analisados os dados diários de temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação atmosférica e direção e velocidade dos ventos, conforme discriminado no Quadro 1, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registrados pela Estação Climatológica Principal de Goiânia, localizada no Setor Central, entre as coordenadas 16°40'S e 49°15'O.

Quadro 1 - Data das imagens selecionadas para o mapeamento do campo térmico e classificação da cobertura do solo do município de Goiânia.³

Data das imagens	Dia da semana	Condições meteorológicas às 18 h UTC – equivalente às 15h do horário de Brasília.			
		Temperatura do ar (°C)	Umidade (%)	Precipitação (mm)	Velocidade (m/s) / Direção dos ventos
23 de maio de 1986	sexta	29,6	45	0,2	0 / Calmo
2 de maio de 1996	quinta	29,0	42	0	0 / Calmo
30 de maio de 2006	terça	31,1	34	0	1,1 / Leste
23 de março de 2010	terça	30,2	42	0	0 / Calmo

Para o levantamento do campo térmico superficial foi utilizado o *software* IDRISI, versão Taiga 16.0, o qual realiza a conversão dos valores digitais das imagens do infravermelho termal em dados de temperatura superficial por meio do módulo “THERMAL”, que emprega o método do inverso da lei de Plank na conversão dos níveis de cinza da imagem em valores de temperatura superficial.

Por fim, de posse dos produtos cartográficos do campo térmico superficial, a análise da evolução histórica das ilhas de calor no município de Goiânia utiliza-se, em parte, da proposta metodológica desenvolvida por Xavier-da-Silva e Carvalho Filho (1993), no que diz respeito à análise ambiental por geoprocessamento. A análise se baseia essencialmente na

realização do diagnóstico de levantamento ambiental, que se traduz na planimetria, isto é, a mensuração da extensão territorial e identificação da área de ocorrência dos fenômenos, e na monitoria, que constitui um diagnóstico evolutivo de um evento ou fenômeno, sendo possível avaliar as transformações ocorridas no campo térmico do município de Goiânia no período de 1986 a 2010.

Resultados e discussão

Os Mapas de Temperatura Superficial Terrestre de Goiânia/GO de 1986, 1996, 2006 e 2010 são representados pelas figuras 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Neles é possível vislumbrar as maiores temperaturas da superfície terrestre ocorrendo nas áreas centrais do município, enquanto as menores temperaturas são verificadas nas áreas periféricas – situação já esperada, dadas as constatações semelhantes já retratadas para outros ambientes urbanos. Contudo, a análise da variação temporal da ilha de calor em Goiânia permite constatar algumas variações, que são detalhadas e analisadas a seguir.

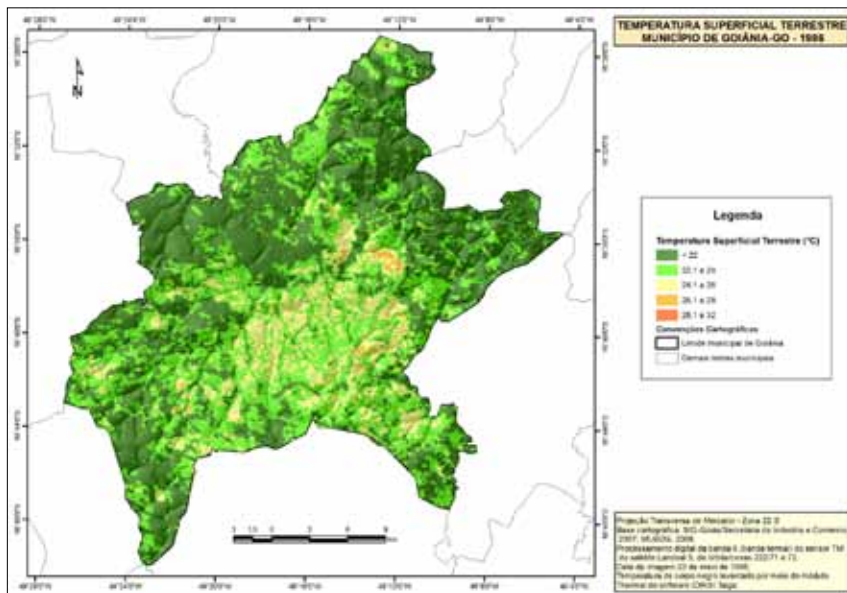


Figura 2: Temperatura Superficial Terrestre do município de Goiânia/GO – 1986.

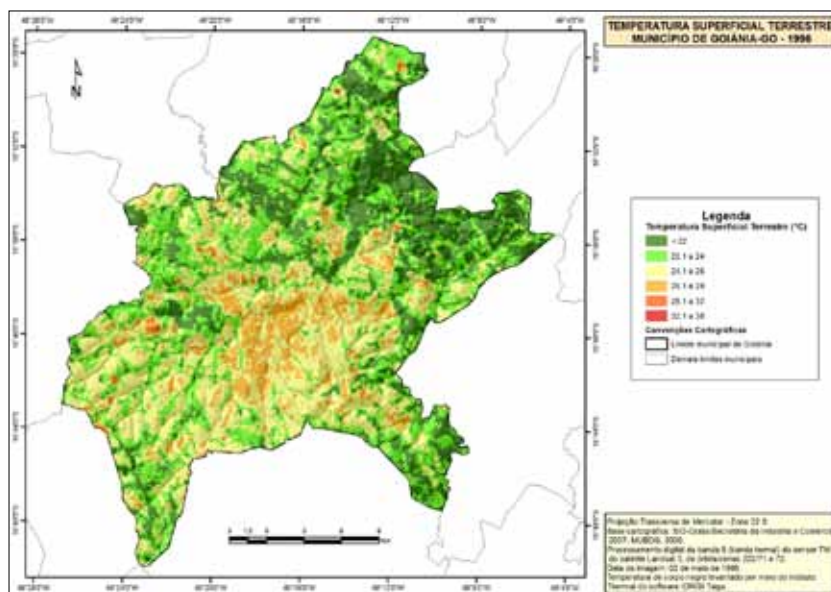


Figura 3: Temperatura Superficial Terrestre do município de Goiânia/GO, 1996.

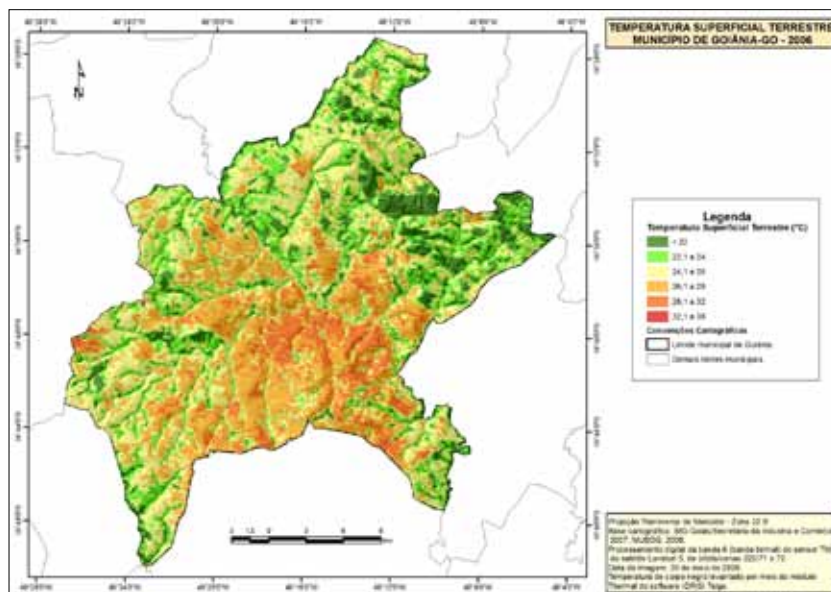


Figura 4 - Temperatura Superficial Terrestre do município de Goiânia/GO, 2006.

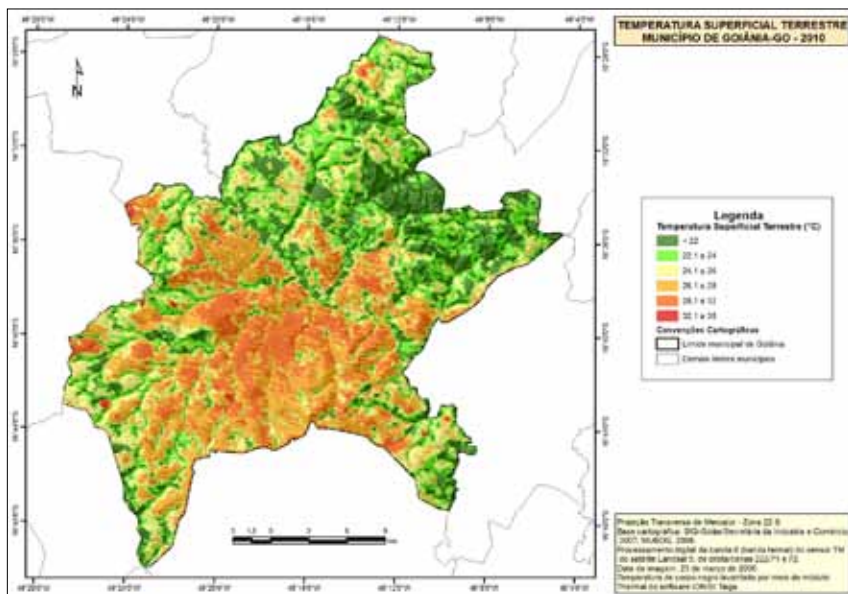


Figura 5 - Temperatura Superficial Terrestre do município de Goiânia/GO, 2010.

A variação dos menores e maiores valores de TST verificados no decorrer dos anos é apresentada na Quadro 2. Percebe-se, pelos dados, que o menor valor se manteve estável, em 19°C. Contudo, os maiores valores registrados apresentaram uma gradual elevação no decorrer dos anos, com oscilação da ordem de 7° C entre os anos de 1986 e 2010. Ainda é possível destacar uma elevação nas temperaturas médias, de 24° C em 1986 para 27,5° C em 2010, assim como na moda dos valores registrados, de 23° C em 1986 e 1996, para 24° C em 2006 e 2010.

Quadro 2 - Valores de Temperatura Superficial Terrestre, registrados em Goiânia, GO.

	1986	1996	2006	2010
Menor valor de TST verificado (°C)	19	19	19	19
Maior valor de TST verificado (°C)	29	32	33	36
Média dos valores de TST verificados (°C)	24	25,5	26	27,5
Moda dos valores de TST verificados (°C)	23	23	24	24
Intensidade (ΔT) da I.C. (°C)	10	13	14	17

Ainda representado no Quadro 2, tem-se a medida da intensidade das ilhas de calor, sendo o menor valor de intensidade verificado em 1986, com 10° C, apresentando considerável elevação no decorrer dos anos, até alcançar, em 2010, o maior valor registrado, de 17° C de variação de TST entre a área urbana e entorno/rural do município de Goiânia/GO.

Mais interessante que a elevação do maior valor verificado é a evolução da proporção (em porcentagem de ocorrência) de cada classe de temperatura superficial terrestre no decorrer dos anos analisados. A Figura 6 apresenta os gráficos com a proporção de ocorrência de cada classe de TST durante os anos analisados, sendo possível, por meio de uma análise comparativa, conferir uma verdadeira inversão na representatividade das classes de temperatura superficial no decorrer dos anos de 1986 a 2010, que oscilaram do predomínio absoluto das temperaturas abaixo de 24° C, para o domínio amplo das temperaturas acima desse patamar.

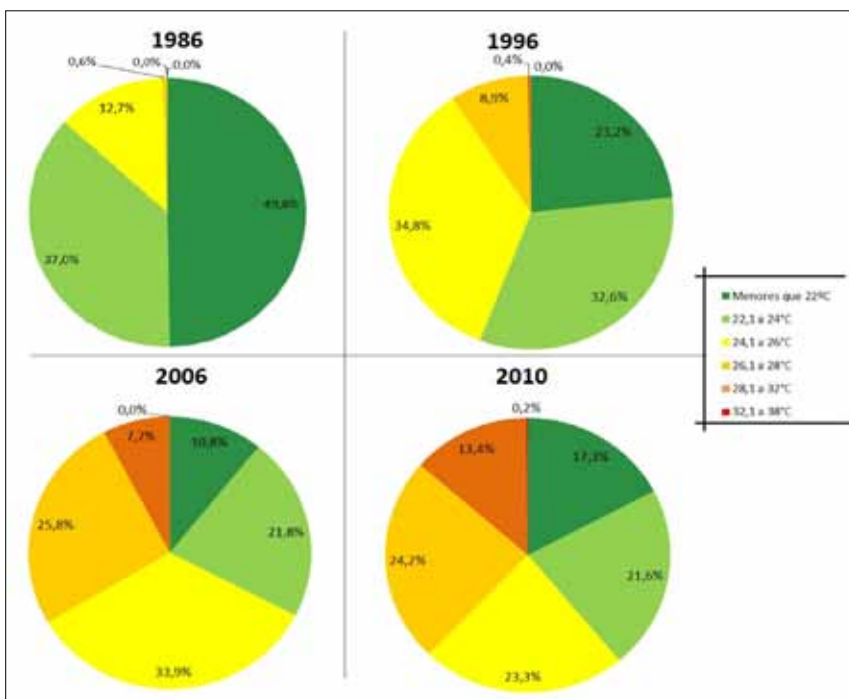


Figura 6 - Gráficos de proporção da ocorrência de cada classe de Temperatura Superficial Terrestre em Goiânia/GO – 1986/1996/2006/2010.

A quantificação da proporção em porcentagem e área de cada classe de TST no decorrer dos anos analisados é apresentada no Quadro 3. Nele é possível observar que a classe de TST inferior a 22° C apresentou expressivo declínio de ocorrência, passando de 49,8%, em 1986, para 17,3%, em 2010 (cerca de 1/3 de sua área original). O mesmo ocorreu também na classe de TST seguinte, 22,1 a 24° C, diminuindo de 37%, em 1986, para 21,6%, em 2010, o que indica uma redução de quase metade da área.

Quadro 3 - Área e proporção (%) de cada classe de TST por ano.

Temperatura Superficial Terrestre/ Ano	Menores que 22°C		22,1 a 24°C		24,1 a 26°C		26,1 a 28°C		28,1 a 32°C		32,1 a 38°C	
	Área		Área		Área		Área		Área		Área	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1986	368,1	49,8	273,4	37	93,8	12,7	4	0,6	0,2	0	0	0
1996	171,7	23,2	241,4	32,6	257,1	34,8	66,1	8,9	3,1	0,4	0,1	0
2006	79,8	10,8	160,9	21,8	250,5	33,9	190,9	25,8	57,1	7,7	0,3	0
2010	128	17,3	159	21,6	172	23,3	179	24,2	99,2	13,4	1,6	0,2

Obs.: Área total do município = 739,52km².

Contrariamente, as classes de temperatura mais elevadas apresentaram oscilação positiva em termos de proporção, no decorrer dos anos. A faixa compreendida entre 24,1 e 26° C dobrou de área, passando de 12,7%, em 1986, para 23,3%, em 2010. A classe de 26,1 a 28° C, com 0,6% de ocorrência em 1986, passou a ocupar 24,2% da área total em 2010 (uma elevação de quase 40 vezes!). E, por fim, as classes entre 28,1 e 38° C, que eram inexistentes em 1986, passaram a ocupar 13,6% da área total do município em 2010.

Comparando visualmente os mapas de temperatura superficial terrestre de 1986, 1996, 2006 e 2010 (figuras 3, 4, 5 e 6, respectivamente), é possível destacar que a porção central do município foi a que apresentou maior dinamicidade dos valores de TST no decorrer dos anos. Tal fato pode ser justificado pela intensificação das atividades e construções antrópicas nessa porção do município, modificando o revestimento e a cobertura do solo, com a substituição ou redução de coberturas vegetais naturais e de corpos hídricos.

Considerações finais

À geografia compete uma análise integrada da sociedade e da natureza, tomando a paisagem como totalidade, mediadora e produto dessa relação (sociedade/natureza). Esse foi o escopo do presente trabalho, que buscou compreender o ambiente climático urbano como espaço integrado entre o homem e a natureza, sobretudo procurando compreender sua história, seu processo, sua dinamicidade.

Com base nos dados e nas análises aqui realizadas, pôde-se constatar que as temperaturas superficiais terrestres apresentam certo padrão de variação espacial e, sobretudo, temporal, haja vista ter-se constatado uma verdadeira inversão na representatividade das classes de temperatura superficial no decorrer dos anos de 1986 a 2010, que oscilaram do predomínio absoluto das temperaturas abaixo de 24° C, para o domínio amplo das temperaturas acima desse patamar.

Enquanto as temperaturas mais elevadas ocorrem em maior proporção sobre as áreas centrais, ou seja, mais urbanizadas, as temperaturas mais brandas são mais registradas nas áreas periféricas, ou mesmo naquelas revestidas por cobertura vegetal e corpos hídricos. Isso demonstra o quanto essas áreas urbanas centrais são as mais afetadas pela intensificação do fenômeno de ilhas de calor, ao mesmo tempo que se constata o papel significativo das áreas verdes e corpos d'água como elementos eficazes na atenuação desse problema.

Diante do exposto, destaca-se a necessidade de uma atuação sistemática e planejada dos órgãos públicos, no sentido de garantir a arborização, a expansão e manutenção das áreas verdes, a preservação dos corpos hídricos e um eficiente emprego de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano, inclusive no tocante a propostas arquitetônicas, urbanísticas e de engenharia que possam proporcionar a mitigação de problemas ambientais urbanos, tais como o fenômeno de ilhas de calor.

Notas

1. Conforme os trabalhos Região de Influência das Cidades (IBGE, 1993) e Caracterização e Tendências da Rede Urbana no Brasil (IPEA/Unicamp/IBGE, 1999).

2. Porcentagem de incremento médio anual da população, no período de 1991 a 2000, segundo dados do IBGE/Contagem Populacional e Projeções Demográficas Preliminares.
3. O horário de passagem do satélite sobre o município de Goiânia é aproximadamente às 13h UTC, ou seja, 10h no horário de Brasília.

Referências

- BIAS, Edilson de Souza; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello; LOMBARDO, Magda Adelaide. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. In: *Anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 11, Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1741-1748.
- CAMARGO, Flávio Fortes et al. Análise multitemporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na Região Metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993 e 2003. In: *Anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13, Florianópolis: INPE, 2007. p. 5127-5134.
- CASSETI, Valter. *Ambiente e apropriação do relevo*. São Paulo: Contexto, 1991.
- COLTRI, Priscila Pereira. *Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
- COLTRI, Priscila Pereira. et al. Ilhas de calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. In: *Anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13, Florianópolis: INPE, 2007. p. 5151-5157.
- JENSEN, John R. *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*. 2. ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 2007.
- LOPES, L. M.; ROMÃO, P. de A. Geomorfologia urbana da região metropolitana de Goiânia. Guia de excursões Centro-Oeste. In: *Anais do SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA*, 7, Goiânia, 2006.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias, 25).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. *Clima urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.
- NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira; BARROS, Juliana Ramalho. Identificação de ilhas de calor por meio de sensoriamento remoto: estudo de caso no município de Goiânia/GO/2001. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 29, p. 119-134, 2009.
- RIBEIRO, Maria Eliana J. *Goiânia: os planos, a cidade e o sistema de áreas verdes*. Goiânia: Ed. UCG, 2004.
- STEINKE, Ercília Torres; STEINKE, Valdir Adilson; SAITO, Carlo Hiro. Avaliação da estimativa da temperatura de superfície a partir de imagens de satélite Landsat TM 5 voltada para a gestão de bacias hidrográficas. In: SAITO, C. H.

(Org.). *Desenvolvimento tecnológico e metodológico para mediação entre usuários e comitês de bacia hidrográfica*. Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, 2004. p. 41-64.

TEZA, Clausio Tavares Viana; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 8 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. In: *Anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 12, Goiânia: INPE, 2005. p. 3911-3918.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge; CARVALHO-FILHO, Luiz Mendez. Sistema de Informação geográfica: uma proposta metodológica. In: *Anais da CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA e II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO*, 5, São Paulo: Edusp, 1993. p. 609-628.

Diego Tarley Ferreira Nascimento - Possui graduação (2009) e mestrado (2011) em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. Atualmente é professor substituto na área de Geoprocessamento na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás.

Ivanilton José de Oliveira - Possui graduação em Geografia (1996) pela Universidade Federal de Goiás e mestrado (2002) e doutorado (2008) em Geografia pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Goiás.

Recebido para publicação em junho de 2011

Aceito para publicação em outubro de 2011