



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Valores Instantâneos da Temperatura da Superfície Terrestre na Cidade de Maceió-AL Utilizando Imagens do Satélite TM/Landsat 5

Taciana Lima Araujo ¹, Frederico Tejo Di Pace ²

¹ Doutoranda em Meteorologia da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Campina Grande. Av. Aprígio Veloso, 882. Bodocongó, CEP: 58.109-970. Campina Grande, PB.

² Meteorologista Prof. Dr. do Depto. de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas. Av. Lourival Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, CEP: 57.072-970 - Maceió, AL.

Artigo recebido em 16/06/2010 e aceito em 09/09/2010

RESUMO

O trabalho proposto estima, mediante dados de imagens multiespectrais do Landsat 5-TM, a temperatura da superfície terrestre da cidade de Maceió, relacionando-os com a malha urbana. Maceió nos últimos 30 anos teve seu crescimento areal intensificado, o que resulta na substituição de áreas verdes por uma zona urbana edificada, alterando o relevo, impermeabilizando o solo, e em consequência, a diminuição da participação do fluxo de calor no solo do balanço de energia na superfície e o aumento do fluxo de calor sensível, responsável pela sensação térmica sentida. Portanto, mudanças locais causadas por edificações e ocupações inadequadas provocaram alterações no conforto urbano. As imagens utilizadas são compostas por sete bandas espectrais, referentes aos dias 11 de junho de 1990, 21 de setembro de 1998 e 03 de setembro de 2003. Os cálculos foram realizados com a utilização do software ERDAS 8.5. A temperatura da superfície terrestre estimada foi maior para o ano de 1998 sendo de 26,96°C seu valor médio e para os anos de 1990 e 2003 foi praticamente a mesma, sendo de 24,19°C e 24,90°C, respectivamente.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, temperatura da superfície terrestre.

Instantaneous Values of Surface Temperature in Maceió-AL Using Satellite Images TM/Landsat 5

ABSTRACT

The considered work esteem, by means of data of multispectral images of the Landsat 5 - TM, surface temperature surface of the city of Maceió relating them with the urban mesh. Maceió, in last the 30 years, it had its intensified areal increasing, that is, the substitution of green areas for a built urban zone, modifying the relief, waterproofing the ground, thus diminishing the participation of the flow of heat in the ground of the rocking of energy in the surface and increasing the flow of responsible sensible heat for the felt thermal sensation. Therefore, local changes caused by constructions and inadequate occupations had provoked alterations in the urban comfort. The used images are composed for seven referring spectral bands to days 11 of June of 1990, 21 of September of 1998 and 03 of September of 2003. The calculations had been carried through with the use of software ERDAS 8.5. The temperature of the terrestrial surface estimate was bigger for the year of 1998 being of 26.96°C the average value and for the years of 1990 and 2003 she was practically the same one, being of 24.19°C and 24.90°C, respectively.

Keywords: Remote sensing, surface temperature.

Introdução

Nos últimos 30 anos, o município de Maceió teve o crescimento da malha urbana intensificado, ou seja, a substituição de áreas verdes por uma zona urbana edificada. Nos centros urbanos, quase tudo é artificial; e, quando é algo natural, apresenta sempre variações e modificações provocadas pela ação humana. O clima das metrópoles, o chamado *clima urbano*, um tipo específico de microclima, constitui um exemplo disso.

* E-mail para correspondência: taciana.lima@uaep.ufcg.edu.br; fredericopace@uol.com.br

Nas grandes cidades faz mais calor e chove um pouco mais do que nas áreas rurais circunvizinhas. Também, são frequentes as enchentes após algumas chuvas, resultantes da impermeabilização do solo.

Nas cidades, as regiões centrais são mais quentes e a periferia registra as menores temperaturas. Isso ocorre devido ao grande movimento de automóveis, indústrias e as residências, que lançam poluentes e aumentam assim a temperatura da localidade. Os materiais usados nas edificações e na pavimentação das ruas absorvem rapidamente o calor cuja dispersão é

dificultada pela poluição. A evaporação rápida da água da chuva reduz o resfriamento e propicia o aumento da quantidade de nuvens e, conseqüentemente, das chuvas.

Outro ponto relevante diz respeito a diminuição das áreas verdes, que modificam a atmosfera local, interferindo no ciclo de chuvas da região, na temperatura e na direção e velocidade dos ventos. As áreas verdes também alteram os índices de reflexão do calor e favorecem a manutenção da umidade relativa do ar. Porém, pode-se dizer que a intensidade das ilhas de calor não está somente relacionada com a diminuição destas áreas, mas também, com o tamanho das cidades, população, geometria das ruas e edificações nas áreas urbanizadas tendo como conseqüência o aumento do fluxo de calor sensível, que é dividido em dois componentes: no calor produzido pelo homem (ex: cidades industriais) e pela radiação solar (Kato & Yamaguchi, 2005).

A partir do sensoriamento remoto via satélite, pode-se avaliar a temperatura na superfície terrestre, T_s , que é um parâmetro relevante nos processos físicos à superfície terrestre em escala regional e global, estando envolvida no balanço de energia, evaporação e transpiração da vegetação e em processos de desertificação, podendo ser utilizada como indicador de degradação terrestre e de mudança climática.

Diante do exposto, esta pesquisa se propõe a estimar e analisar através das imagens do Thematic Mapper abordo do satélite ambiental Landsat 5, a temperatura da superfície terrestre da cidade de Maceió, que foi possível buscando uma correlação entre os dados obtidos de calibração radiométrica, reflectância monocromática, albedo, os índices de vegetação, emissividades e temperatura da superfície medidos pelo sensor do satélite e algumas medidas obtidas em campo. Introduzindo assim, no meio acadêmico, novas tecnologias de conhecimento, finalizando com a confecção de mapas da temperatura da cidade de Maceió, dando sua contribuição para estudos futuros e atender a demanda de estudos relacionados ao clima.

Material e métodos

Área de estudo

O município de Maceió, capital do estado de Alagoas, Nordeste do Brasil (Figura 1) tem uma extensão de, aproximadamente, $513,55\text{km}^2$, e sua área urbanizada chega aos 198km^2 , sendo cortado por uma grande quantidade de riachos, rios e lagoas, que corresponde a 1,84% do território do estado de Alagoas, ficando situado entre as coordenadas geográficas: $-9^{\circ}39'57''$ de latitude e $35^{\circ}44'07''$ de longitude W Gr.

O clima da cidade é caracterizado por ser quente e úmido (B1), mega térmico (A) com deficiência de água moderadamente no verão (S) e grande excesso de água no inverno (W2), seguindo a classificação de Thornthwaite-Mather (Souza & Lima, 1995), sendo observado ao longo do ano alterações na precipitação e na temperatura, criando condições micro e mesoclimáticas principalmente em áreas de elevado crescimento vertical como, por exemplo, a orla

marítima. A temperatura varia entre a mínima de 19°C e a máxima absoluta de 31°C , com médias anuais entre 25°C e $26,4^{\circ}\text{C}$. A umidade relativa é de 79,2%, registrando os maiores valores nos meses de abril a agosto. Os ventos sudeste atuam durante o ano inteiro, e os ventos nordeste, nos meses mais quentes, sendo mais freqüentes na cidade de Maceió, com a velocidade média de 2,8m/s.

Durante todo o ano, a cidade de Maceió apresenta duas estações climáticas. A estação chuvosa correspondente aos meses de março a agosto e a estação ensolarada que se inicia em setembro, indo até o mês de fevereiro. A pluviosidade média anual varia de 1500 a 2000mm e conforme a série histórica os maiores índices pluviométricos são observados nos meses de maio, junho e julho.

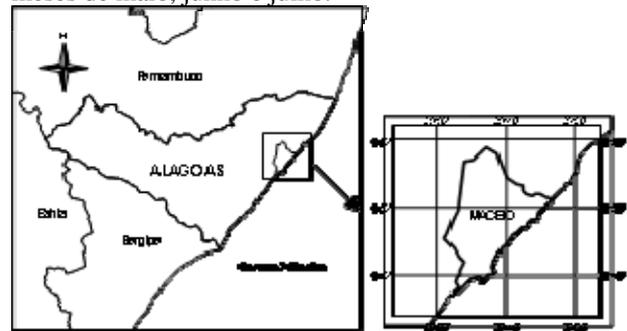


Figura 1. Localização do município de Maceió.

A Prefeitura de Maceió, através da Secretaria Municipal de Coordenação das Regiões Administrativas (SEM CRA), dividiu o espaço geográfico da cidade de Maceió em sete Regiões Administrativas (RA), com a finalidade de melhor identificar as características ambientais e ameaças que os habitantes podem sofrer, com determinantes associados ao nível de qualidade de vida e saúde da população. Entre os fatores de risco estão escorregamentos ou deslizamentos de encostas, fenômenos erosivos e naturais de baixa e alta intensidade local, ocupação caótica das encostas, com edificações em terrenos de acentuada topografia, entre outros. Dos fatores acima mencionados serão discutidos na presente pesquisa apenas os que influenciaram a temperatura da superfície da cidade de Maceió.

Imagens - na pesquisa foram utilizadas três imagens obtidas pelo satélite Landsat 5-TM, adquiridas pela Coordenação de Pós-graduação em Meteorologia do Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. As imagens constam de 7 bandas espectrais cada uma, conforme características apontadas na Tabela 1.

As imagens correspondem à passagem do satélite pelo quadrante 214-67 em 11/06/1990, 21/09/1998 e 03/09/2003, às 9h30min. As sete bandas de cada uma das imagens foram empilhadas e depois recortadas, através do software ERDAS Imagine 8.5, que resultou no retângulo com as seguintes coordenadas: canto superior esquerdo (longitude $36^{\circ}50'$ Oeste e latitude $9^{\circ}20'$ Sul), canto superior direito (longitude $35^{\circ}30'$

Oeste e latitude 9°20' Sul), canto inferior direito (longitude 35°30' Oeste e latitude 9°45' Sul) e canto inferior esquerdo (longitude 36°50'O e latitude 9°45'S) referentes à cidade de Maceió.

Para o processamento das imagens foram desenvolvidos modelos através da ferramenta Model Maker do programa ERDAS Imagine 8.5, gentilmente cedido para o desenvolvimento da pesquisa pela Universidade Federal de Campina Grande através da coordenação de pós graduação em meteorologia, tendo como resultado as imagens necessárias para a obtenção da temperatura na superfície terrestre. Abaixo está representada apenas a etapa 7, referente ao cálculo da temperatura da superfície. As etapas 1 (calibração radiométrica), etapa 2 (reflectância), etapa 3 (albedo no topo da atmosfera), etapa 4 (albedo da superfície), etapa 5 (índices de vegetação: NDVI, SAVI e IAF), etapa 6 (emissividade), etapa 7 (temperatura da superfície) são apresentadas detalhadamente em Araujo (2006), visando um melhor entendimento da metodologia utilizada.

Alcançadas todas as etapas acima, para uma análise mais precisa da temperatura da superfície (°C) da área urbanizada de Maceió seguindo a proposta da divisão da cidade em Regiões Administrativas, foram feitos recortes (Figura 2), nas imagens obtidas a partir do cálculo efetuado, de 1.120m x 1.120m tendo uma média de 1.600 dados organizados em 40 colunas, os quais foram gerados gráficos com os valores médios de cada coluna.

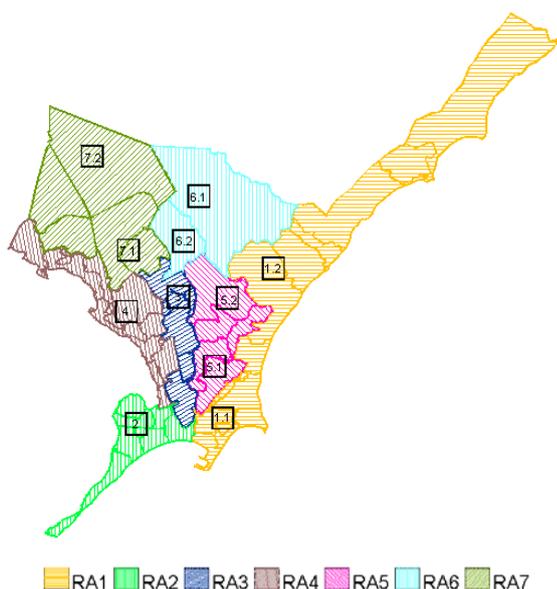


Figura 2. Imagem do município de Maceió delimitando os recortes nas Regiões Administrativas.

Tabela 1. Descrição dos bairros existentes em cada Região Administrativa.

Bairros incluídos nas regiões administrativas	
RA1	Jaraguá, Pajuçara, Poço, Ponta da Terra, Ponta Verde, Jatiuca, Mangabeiras, Cruz das Almas, Jacarecica, Guaxuma, Garça Torta, Riacho Doce, Pescaria e Ipioca;
RA2	Pontal da Barra, Trapiche da Barra, Prado, Ponta Grossa, Centro, Levada e Vergel do Lago;
RA3	Farol, Pitanguinha, Pinheiro, Gruta, Santo Amaro, Ouro Preto, Canaã e Jardim Petrópolis;
RA4	Bom Parto, Mutange, Bebedouro, Chã de Bebedouro, Chã da Jaqueira, Petrópolis, Santa Amélia, Fernão Velho e Rio Novo;
RA5	Jacitinho, Feitosa, Barro Duro, São Jorge e Serraria;

Os bairros incluídos nas Regiões Administrativas sofrem variações quando diz respeito à questão urbana, uns são mais densos de edificações que outros, como também na sua tipologia (Tabela 1). Portanto, os recortes serão necessários para uma melhor apreensão da variação da temperatura e do saldo nestes bairros e se realmente a questão da urbanização acelerada em determinados trechos confirma o aumento da temperatura nestas regiões. Nas regiões RA1, RA5, RA6 e RA7 foram trabalhados dois recortes, um numa localidade mais urbanizada e densa e o outro num ponto mais distante e menos populoso. Pode-se tomar como exemplo a RA1, onde o recorte titulado “1.1” engloba bairros como Ponta da Terra, Poço, Pajuçara e Jatiuca e o recorte titulado “1.2” engloba bairros como Jacarecica e Guaxuma que do ponto de vista urbano são bem distintos.

Resultados e discussão

Na Tabela 2 são apontados os valores estatísticos: mínimo, máximo, médio, moda, desvio padrão e a variância da temperatura da superfície para os dias de 11 de junho de 1990, 21 de setembro de 1998 e 3 de setembro de 2003. Percebe-se que as temperaturas mais elevadas ocorreram justamente no ano de 1998, tendo seu valor mínimo de 24,3°C, máximo de 32,2°C e médio de 26,9°C, seguido do ano de 2003, com temperaturas de 21,9°C o valor mínimo, de 32,4°C o máximo e de 24,9°C a média obtida e por fim, as temperaturas relacionadas ao ano de 1990, possivelmente, por setembro apresentar no hemisfério sul uma estação climática mais quente do que no mês de junho, que é inverno.

No ano de 1998 houve uma maior variabilidade nos valores da temperatura da superfície com relação aos outros anos, sendo verificado pelos valores do desvio padrão (2,34) e da variância (5,4756). Em 1990, há uma menor discrepância dos valores do desvio padrão (1,33) e da variância (1,7689).

As Figuras 3, 4 e 5 representam as imagens da temperatura da superfície (Ts). Analisando as figuras, constata-se que nas áreas com tonalidade azul escuro encontram-se as menores temperaturas, tendo seus valores inferiores a 23,8°C, as áreas com tonalidade verde representam os valores intermediários da temperatura que variam de 24°C até 27°C aproximadamente. A tonalidade avermelhada das imagens representa os valores que variam de 26,5°C a 30°C e os tons amarelos são os superiores a 29°C ou 30°C.

RA6	Antares e Benedito Bentes;
RA7	Cidade Universitária, Santos Dumont, Clima Bom, Tabuleiro dos Martins e Santa Lúcia.

Tabela 2. Valores estatísticos da temperatura na superfície: mínimo, máximo, médio, moda, desvio padrão e variância, para os dias 11 de junho de 1990, 21 de setembro de 1998 e 3 de setembro de 2003.

Temp. da superfície	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Média (°C)	Moda	Desvio padrão	Variância
1990	22,1	29,3	24,2	23,17	1,33	1,7689
1998	24,3	32,2	26,9	24,82	2,34	5,4756
2003	21,9	32,4	24,9	23,17	1,86	3,4596

Nos comparativos das imagens pode-se ver entre os anos estudados que os menores valores da temperatura foram observados em 1990 e os maiores valores em 1998, podendo ser comprovado pelas médias diárias obtidas juntamente com o INMET – Instituto Nacional de Meteorologia e pelos dados de precipitação dos meses referentes aos anos estudados na pesquisa, que os valores médios diários para os anos de 1998 e 2003 foram de: 24,7°C e 24,1°C respectivamente. Para o ano de 1990, foram utilizadas as Normais Climatológicas entre os anos de 1961 a 1990, cedida pelo INMET cujo valor médio para o mês de junho foi de 24,3°C. Os dados de precipitação confirmam esta análise, pois no

mês de setembro de 1998 precipitou muito pouco se comparado ao mesmo mês no ano de 2003 (Figura 6). Em todas as imagens percebe-se que as maiores temperaturas estão dentro da malha urbana da cidade, sofrendo variações entre 26,5°C a 32°C.

As regiões mais quentes da cidade observadas nas figuras estão concentradas em quase toda a Região Administrativa 2 e na parte inferior das Regiões Administrativas 1, 3, 4 e 5, ou seja, onde encontra-se o maior adensamento da malha urbana, exceto para o ano de 1998, onde observa-se uma homogeneidade das temperaturas nos bairros (Fig. 3 e 5).

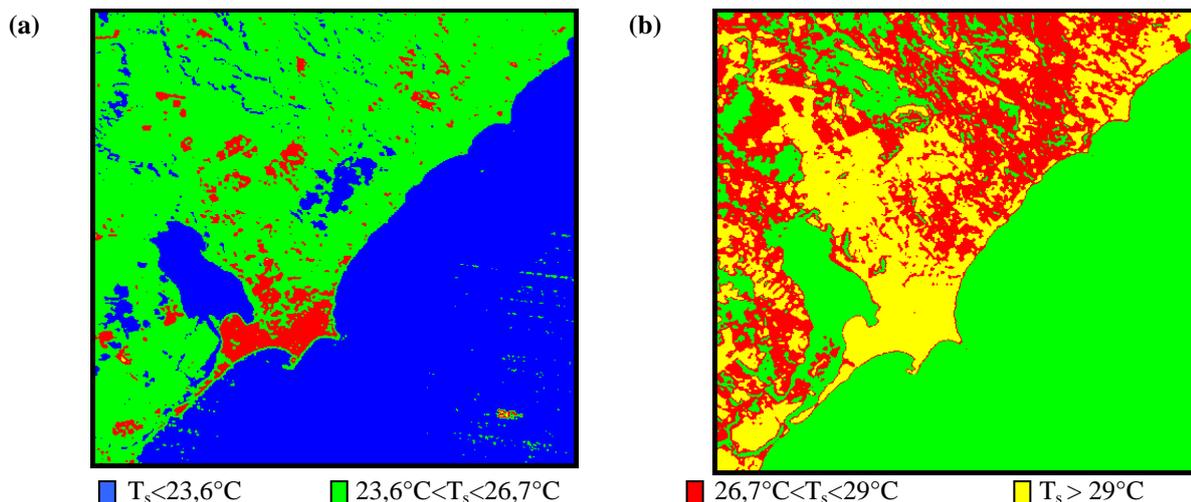


Figura 3. Temperatura da superfície para (a) dia 11 de junho de 1990 e (b) 21 de setembro de 1998.

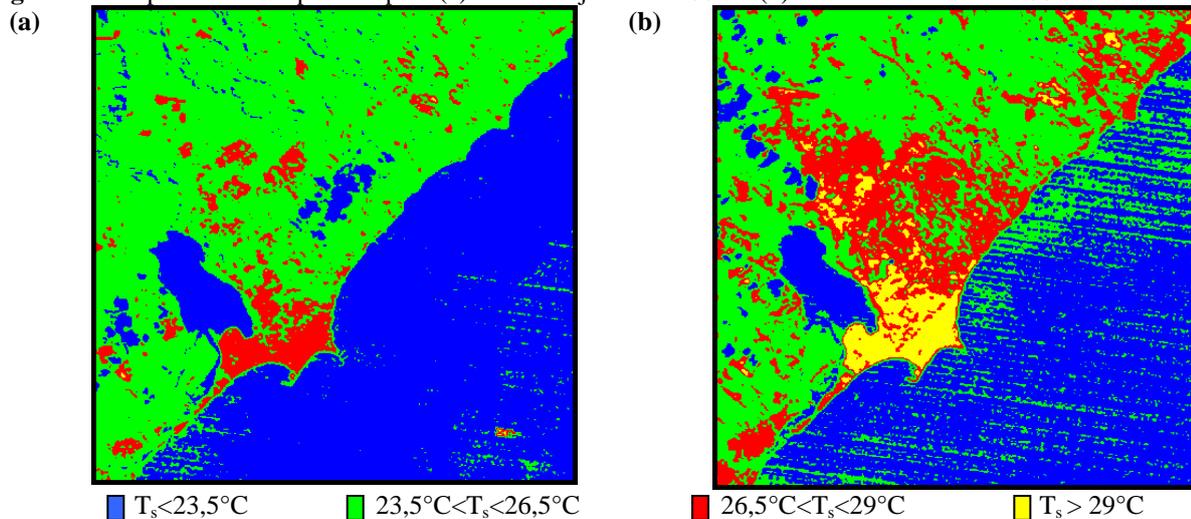


Figura 4. Temperatura da superfície para (a) dia 11 de junho de 1990 e (b) 3 de setembro de 2003.

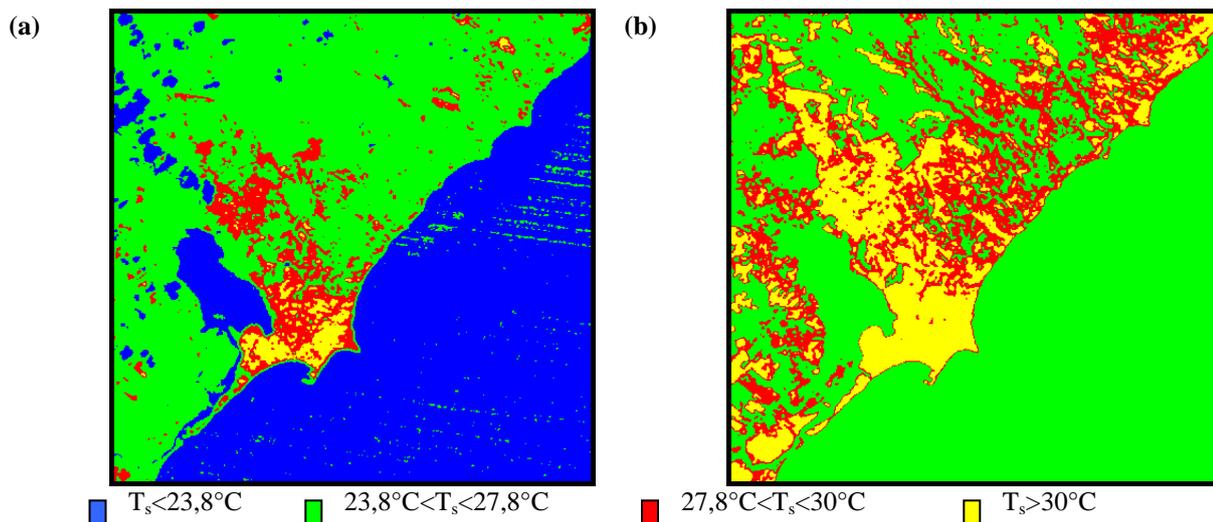


Figura 5. Temperatura da superfície para (a) dia 3 de setembro de 2003 e (b) 21 de setembro de 1998.

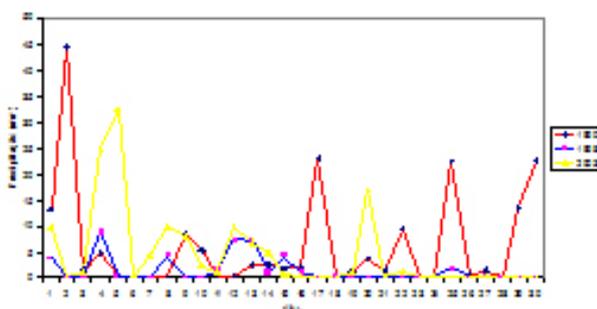


Figura 6. Dados de precipitação total diária (mm) nos meses de junho de 1990 e setembro de 1998 e 2003 em Maceió-AL.

Tôrres (2005) realizou um estudo sobre os espaços públicos urbanos e os microclimas formados no centro histórico, de serviços e comércio de Maceió-AL, no período de outubro e novembro de 2002 e em janeiro de 2003, avaliando a qualidade climática de quatro praças (pontos) distintas do centro da cidade a parti de medições móveis realizadas nos horários de 9h, 12h, 15h e 18h, em dias de céu claro. As médias de temperatura obtidas foram de 30,1°C para a Praça Rodolfo Lins, de 28,8°C para a praça Marechal Deodoro, de 29,8°C para a praça da Independência e de 28,3°C para a praça Palmares. De acordo com os resultados apresentados por Torres, estes validam, pela proximidade dos resultados, os valores estimados da temperatura da superfície para o ano de 2003 obtidos nesta pesquisa para a mesma região estudada (Região Administrativa 2).

Segundo Oke (1996, *apud* Barbirato et al., 2001), o clima urbano é uma modificação substancial do clima de uma determinada localidade, resultado das condições próprias do meio ambiente urbano, seja pela sua rugosidade, tipo de ocupação do solo, orientação, permeabilidade do solo e propriedades dos materiais constituintes, entre outros fatores.

Lombardo (1997) afirma que a cidade modifica o clima através de alterações complexas na superfície, podendo alterar a ventilação, umidade e precipitações, resultando, na maioria das vezes, em condições adversas.

Analisando a temperatura da superfície pelos recortes feitos em cada Região Administrativa (RA) explicado na metodologia e levando em consideração análises de outros estudos referentes à temperatura no ambiente urbano, pode-se concluir melhor que em bairros cujo adensamento urbano foi intenso verticalmente e horizontalmente, obtiveram-se maiores valores de temperatura em detrimento aos que tiveram apenas uma maior expansão horizontal, ou seja, independente da maioria das características vinculadas a cada Região Administrativa da cidade, esta não interferiu nos resultados do cálculo da temperatura, onde o que caracterizou o aumento ou diminuição da temperatura nos recortes foram as alterações ocorridas na superfície construída. Por exemplo, na Região Administrativa 1 (RA1), observando os dois recortes dentro da mesma área, é possível perceber que a variação existente é de aproximadamente 1°C para o ano de 1990 e 2°C para os anos de 1998 e 2003 tendo os valores mais altos nas regiões densamente urbanizadas.

De forma geral, os valores da temperatura obtidos no dia 11 de junho de 1990 se comparado com o dia 03 de setembro de 2003, percebe-se um aumento na temperatura da superfície que pode ter sido ocasionado pelo crescimento e desenvolvimento da cidade de Maceió como também, por cada uma das imagens representarem estações climáticas distintas, a primeira é referente ao inverno e a segunda ao mês da primavera.

A Tabela 3 aponta os valores mínimo, máximo, médio, moda, desvio padrão e a variância dos recortes em cada região administrativa estudada para os dias 11 de junho de 1990, 21 de setembro de 1998 e 03 de setembro de 2003. A temperatura média estimada da superfície na RA1.1 e RA1.2 para o ano de 1990, sofreu menor variação se comparado aos outros anos, tendo uma média de 1°C de diferença entre as duas regiões. Em 1998 e 2003 a variação ficou em torno de 2°C como aponta a Tab. 3. A maior variância encontrada foi no ano de 1998 na RA1.2, tendo seu valor em torno de 2,2801.

O maior valor médio encontrado da temperatura para a RA2 foi de 32,18°C para o ano de 1998, sendo o maior valor da temperatura observado nos recortes, e em 1990 e 2003 foram de 28°C e 27,4°C, respectivamente. A maior variabilidade dos valores da temperatura é encontrado no ano de 2003, sendo de 0,99 o desvio padrão e de 0,9801 a variância. Percebe-se também que em 1998 a temperatura da superfície manteve-se com os maiores valores em detrimento aos outros anos analisados. A temperatura média obtida na RA3 foi em torno de 25,9°C para 1990, 30,3°C para 1998 e, por fim, 30,3°C para 2003, tendo pouquíssima variação entre os últimos anos analisados. O ano de 1998 sofreu as maiores variações se comparado aos demais anos, sendo comprovada esta análise pela Tab. 3 onde o valor do desvio padrão foi de 1,19 e a variância de 1,4161. As menores discrepâncias foram verificadas para o ano de 1990, sendo de 0,57 o desvio padrão e de 0,3249 a sua variância.

As temperaturas médias observadas nos anos de 1990, 1998 e 2003 para a RA4 foram de 24,8°C, 28°C e 25,7°C, respectivamente, sendo constatado o valor médio mais alto em 1998. A maior variabilidade nos valores estimados da temperatura foi para o ano de 1998, como mostrado na Tabela 3, pelo desvio padrão (1,40) e a variância (1,96) e que a menor discrepância

entre os valores foi verificada no ano de 1990, com um desvio padrão de 0,62 e a variância de 0,3844. Na RA5 a variação dos valores estimados da temperatura entre as regiões para os mesmos anos estudados foi de aproximadamente 1°C, como mostra a Tabela 3 e os maiores valores médios encontrados da temperatura na superfície foram no ano de 1998, com média de 29,2°C para o recorte titulado RA5.1 e 30,8°C no recorte RA5.2. No ano de 1998 na RA5.2 ocorreu uma maior variabilidade nos valores, sendo de 1,42 o desvio padrão e de 2,0164 a variância.

Na RA6 observa-se que em 1990 e 2003 não houve uma variação apreciável entre os recortes do mesmo ano e em 1998 a variação sofrida foi pequena, chegando apenas a 1,5°C de diferença. A maior variabilidade dos valores obtidos foi na RA6.1 do ano de 1998, tendo sua variância de 3,4969 e o desvio padrão de 1,87 enquanto que no mesmo ano na RA6.2 foi de apenas 0,8464 a sua variância e o desvio padrão de 0,92. Na RA7 a variação dos valores estimados da temperatura na superfície entre as regiões do mesmo ano estudado é maior em 2003 chegando a 2,3°C a diferença entre as médias. Para os anos de 1990 e 1998 a variação foi em torno de 1°C. A maior temperatura encontrada foi no ano de 1998 com valor médio de 31,2°C na RA7.1.

Tabela 3. Valores estatísticos da temperatura da superfície para os recortes da Região Administrativa 1, Mínimo, Máximo, Médio, moda, Desvio Padrão e variância, para os dias 11 de junho de 1990, 21 de setembro de 1998 e 03 de setembro de 2003.

Temperatura da superfície						
Regiões Administrativas (RA)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Média (°C)	Moda	Desvio padrão	Variância
RA 1.1 - 1990	24,9	29	27	27,23	0,76	0,5776
RA 1.2 - 1990	23,9	27,3	25,4	25,74	0,46	0,2116
RA 1.1 - 1998	28,8	32,2	31,8	32,24	0,70	0,49
RA 1.2 - 1998	26,9	32,2	29,6	32,23	1,51	2,2801
RA 1.1 - 2003	27,6	31,8	29,9	30,27	0,78	0,7569
RA 1.2 - 2003	25,6	29,1	27,2	26,89	0,66	0,16
RA 2 - 1990	25,7	28,9	28	28,11	0,58	0,3364
RA 2 - 1998	30,7	32,2	32,2	32,25	0,26	0,0676
RA 2 - 2003	25,1	30,3	27,4	26,73	0,99	0,9801
RA 3 - 1990	24,4	27,7	25,9	26,29	0,57	0,3249
RA 3 - 1998	27,4	32,2	30,3	32,24	1,19	1,4161
RA 3 - 2003	27,7	31,5	30,3	30,58	0,77	0,5929
RA 4 - 1990	23,5	26,3	24,8	25,28	0,62	0,3844
RA 4 - 1998	25,6	31,7	28	26,33	1,40	1,96
RA 4 - 2003	24,3	28	25,7	24,84	0,90	0,81
RA 5.1 - 1990	24,3	27,6	25,7	25,34	0,77	0,5929
RA 5.2 - 1990	23,2	27,4	25	25,29	0,72	0,5184
RA 5.1 - 1998	25,9	32,2	29,2	32,23	1,40	1,96
RA 5.2 - 1998	27,7	32,2	30,8	32,24	1,42	2,0164
RA 5.1 - 2003	26	30,2	28,6	28,64	1,15	1,3225
RA 5.2 - 2003	25,3	29,8	27,2	26,47	1,04	1,0816
RA 6.1 - 1990	23,9	27,4	25,4	27,21	0,99	0,9801
RA 6.2 - 1990	24,1	27,8	25,8	25,27	0,68	0,4624
RA 6.1 - 1998	26,5	32,2	28,3	27,13	1,87	3,4969
RA 6.2 - 1998	27,7	32,2	29,9	29,91	0,92	0,8464
RA 6.1 - 2003	25,3	29,1	27,4	25,76	0,94	0,8836
RA 6.2 - 2003	24	29,5	27,3	26,99	0,90	0,81

RA 7.1 - 1990	24,9	28,2	26,1	25,90	0,62	0,3844
RA 7.2 - 1990	24,1	27,8	25	25,29	0,54	0,2916
RA 7.1 - 1998	28,6	32,2	31,2	32,24	0,93	0,8649
RA 7.2 - 1998	26,9	32,2	29,3	32,23	1,36	1,8496
RA 7.1 - 2003	25,5	30,9	28,4	28,44	0,87	0,7569
RA 7.2 - 2003	25,3	27,6	26,2	26,24	0,40	0,16

Analisados os recortes das Regiões Administrativas, pode-se constatar que a temperatura da superfície é maior em bairros cujo adensamento urbano foi maior e menor em bairros que apenas expandiu-se horizontalmente. Foi possível perceber também que as características vinculadas a cada Região Administrativa da cidade não tiveram interferência direta e clara nos resultados do cálculo da temperatura, onde o que caracterizou o aumento ou diminuição da temperatura nos recortes foi às alterações ocorridas na superfície construída.

Conclusões

Com base na análise e discussão dos resultados obtidos referentes à área de estudo, induzem as seguintes conclusões:

A temperatura da superfície (T_s) apresentou os maiores valores em 1998 em comparação com os de 1990 e 2003 cuja média foi de 24,19°C em 1990, 26,96°C em 1998 e 24,90°C em 2003. Os maiores valores da temperatura da superfície em todas as imagens estudadas encontram-se dentro da malha urbana da cidade, sofrendo uma variação de aproximadamente 26,5°C a 32°C.

Os recortes das Regiões Administrativas analisadas mostram que a temperatura da superfície é maior em bairros cujo adensamento urbano foi intenso e menores em bairros que apenas tiveram sua expansão de forma horizontal.

As características vinculadas a cada Região Administrativa da cidade não interferiram nos resultados do cálculo da temperatura, onde o que caracterizou o aumento ou diminuição da temperatura nos recortes foi às alterações ocorridas na superfície construída.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo apoio financeiro concedido para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

Allen, R.G.; et al. 2002. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 97p.

Antonio, R.N. 2002. Estimativa da temperatura da superfície terrestre utilizando dados do NOAA-AVHRR. In: Seminário Internacional de Informatização da Agropecuária, AGROSOFT95, Juiz de Fora-Brasil.

Ayoade, J.O. 1998. Introdução à climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 332p.

Barbirato, G.M. et al. 2001. Comparações entre escalas climáticas de análise urbana. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, SP-Brasil, Anais.

Barbirato, G.M. et al. 2002. Análise de perfis térmicos urbanos em Maceió-AL. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), Foz do Iguaçu, Paraná-Brasil, Anais, pp. 319-325.

Coelho, A.P. 1997. Aspectos da poluição do ar e o meio ambiente brasileiro. SUPREN – Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Recursos Naturais, meio ambiente e poluição. Rio de Janeiro: F. IBGE, pp. 155-169.

Corrêa, M.P. 2005. Uma avaliação preliminar de medidas experimentais de albedo UVB. In: XII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Goiânia-Brasil, INPE. Anais, p.3325-3332.

Dash, P.; et al. 2002. Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: theory and practice-current trends. Int. Journal of Remote Sensing, v. 23, p. 2563-2594.

Di Pace, F.T. 2004. Estimativa do balanço de radiação a superfície terrestre utilizando imagens TM-LANDSAT-5, modelo de elevação digital. Tese (doutorado). DCA/UFCG. Campina Grande.

Faria, J.A.G. 2005. O uso de imagens de satélite em estimativas de temperaturas do ar na camada intra-urbana. In: VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, Alagoas-Brasil, Anais, p. 669-678.

Fernandes, P.L.; Barbirato, G.M. 2001. Análise microclimática do centro urbano de Maceió-AL. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, SP-Brasil, Anais.

Gusso, A.; Fontana, D.C. 2003. Ensaio comparativo sobre métodos de monitoramento da temperatura da superfície terrestre no estado do Rio Grande do Sul com uso dos satélites NOAA. In: XI SBSR, Belo Horizonte-Brasil, INPE. Anais, pp.1185-1192.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. SPRING. (<http://www.dpi.inpe.br/spring>).

Karnieli, A.; et al. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data its application to the Israel-Egypt border region. INT. J. remote sensing, v.22, p. 3719-3746, 2001.

Kato, S.; Yamaguchi, Y. 2005. Analysis of urban heat-island effect using ASTER and ETM⁺ Data: Separation of Anthropogenic heat discharge and natural heat radiation from sensible heat flux. Remote Sensing of Environment, 99, 44-54.

- Leitão, R. et al. 2002. Estimativas do Albedo em três ecossistemas da floresta Amazônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6, 256-261.
- Lillesand, T.M.; Kiefer, R.W. 1979. *Remote sensing and image interpretation*. Wiley and Sons, Inc. New York.
- Martins, J.A. 1991. O papel oculto do transporte no espaço subdesenvolvido. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: PET/COPPE/UFRJ, 124p.
- Monteiro, C.A.F. 1976. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: Instituto de Geografia da USP, 180p.
- Morse, A. et al. 2000. Application of the SEBAL methodology for estimating consumptive use of water and streamflow depletion in the Bear River Basin of Idaho through remote sensing – Final report. Idaho Department of Water Resources – University of Idaho.
- Nakamura, J.C.S.; Novo, E.M.L.M. 2005. Mapeamento da mancha urbana utilizando imagens de média resolução: sensores CCD/CBERS2 e TM/Landsat5 – estudo de caso da cidade de Rio Branco-Acre. In: XII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Goiânia-Brasil, INPE. Anais, pp. 3843-3850.
- Oliveira, J.C.F. 2004. Efeitos diretos e indiretos de variáveis meteorológicas na saúde e qualidade de vida da população urbana da cidade de Maceió-AL. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação e desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Estadual da Paraíba.
- Ortiz, M.J. et al. 1997. Classification of croplands through integration of remote sensing, GIS and historical database. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 95-105.
- Peres, L.; Camara, C. Inversão da equação de transferência radiativa para a estimativa da emissividade e da temperatura da superfície terrestre utilizando dados do satélite MSG: êxitos e dificuldades. In: XII Congresso brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu-PR, Anais, p. 3091-3101, 2002.
- Silva, B.B.S.; Bezerra, M.V.C. 2005. Determinação dos componentes do balanço de energia à superfície com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície. In: XII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Goiânia-Brasil, INPE. Anais, pp. 3325-3332.
- Teza, C.T.V.; Baptista, G.M.M. 2005. Identificação do fenômeno ilhas de calor por meio de dados ASTER on demand 08–Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. In: XII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Goiânia-Brasil, INPE. Anais, pp. 3911-3918.
- Voogt, J.A.; Oke, T.R. 2003. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86, 370-384.