

Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS

Leidiane do Livramento Andrade¹
Leticia Helena de Souza¹
Jojhy Sakuragi¹
Ruy Morgado de Castro²

¹Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP/FE
Rua Dr. Tertuliano Delphim Júnior, 181 – CEP 12246-080 – São José dos Campos – SP
leidiane@iae.cta.br, lsouza@img.com.br, jojhy@univap.br

²Instituto de Estudos Avançados - IEAv/CTA
Caixa Postal 6044 – 12.231-970 – São José dos Campos - SP, Brasil
rmcastro@ieav.cta.br

Abstract. The objective of the present work is to identify the Urban Heat Island in São José dos Campos city by the use of the visible and thermal channels of Landsat-5 satellite and the Hyperspectral Scanner System (HSS) sensor onboard an aircraft. The Landsat-5 measurements are employed to identify the urban and hot areas, since there is a high correlation with the thermal channel, which can indicate the presence of the heat island effect. Moreover the HSS sensor that has 6 thermal infrared bands and it is found that the channel 48 presents the best correlation with surface measurements done with the Thermopoint. Afterwards, the intra-urban heat island analysis was initiated to verify details of the diurnal and nocturnal behavior of the targets thermal emission in high spatial resolution (2.7 and 8.3m, depending the aircraft altitude) during day and night flights. The results show that many points over city have 20°C higher temperatures than neighborhood points and this is a function of metallic roof and industrial furnaces. At night, the lake behavior is like a heat island.

Palavras-chave: remote sensing, heat island, HSS, sensoriamento remoto, ilha de calor.

1. Introdução

São José dos Campos é um pólo de grandes indústrias com tecnologia de vanguarda, atraindo um grande número de profissionais especializados gerando empregos direta e indiretamente. Assim, a cidade experimenta continuamente um grande crescimento urbano saturando a expansão horizontal e, conseqüentemente, verticalizando o espaço. Esse quadro causa um grande impacto no clima urbano como o desconforto térmico, agravado pelas construções que dificultam a renovação do ar, a canalização de córregos e a diminuição da área verde. O aumento do calor na cidade modifica a circulação dos ventos e a umidade. Materiais impermeáveis como asfalto e concreto fazem a água da chuva evaporar do solo rapidamente, reduzindo o resfriamento. Portanto, no rastro da expansão urbana, há a necessidade de se avaliar se de uma maneira quantitativa o fenômeno ilhas de calor já atua em determinados bairros (Sousa, 2005; Lombardo, 1985).

Tarifa em 1977 propôs um estudo do clima urbano de São José dos Campos tomando por base uma análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural da cidade utilizando somente dois pontos de observação que, segundo Monteiro (2003), procurou identificar diferenças entre a atmosfera rural e a atmosfera urbana revestindo-se de uma característica de iniciação à pesquisa do clima urbano.

Apoiada em referenciais teórico-metodológicos e em trabalhos de campo, esta pesquisa tem por objetivo localizar as ilhas de calor na cidade de São José dos Campos em macro escala (rural-urbana) utilizando imagens do Landsat-5 (120m) e em micro escala (intra-urbana) utilizando imagens do HSS (2,7m e 8,3m). Por último, comparar o comportamento do fenômeno no período diurno e noturno.

2. Caracterização da área de estudo

O Município de São José dos Campos está situado a leste do Estado de São Paulo, no Vale do Paraíba, como pode ser observado na **Figura 1**. Uma região economicamente de grande relevância para o Brasil por ser o principal eixo de ligação entre Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

De acordo com os dados da Prefeitura Municipal de São José dos Campos (2006), o município ocupa uma área de 1.102 km², e possui 539.313 habitantes, sendo que, desse total, 6.596 (1,2 %) estão situados na zona rural e 532.717 (98,8%) na área urbana. A área escolhida para este trabalho compreende somente a macrozona urbana da cidade.



Figura 1 – Localização do município de São José dos Campos.

3. Materiais e Métodos

Uma imagem do Landsat-5 do dia 10/06/06 foi selecionada sobre a cidade de São José dos Campos (órbita/ponto 219/76) para averiguar a diferença de temperatura entre a área urbana e o seu entorno (área rural), de forma qualitativa. Foram utilizados os dados de calibração de 2003 fornecidos pelo U.S.Geological Survey e o software ENVI 4.2 para converter os níveis digitais (ND) da imagem em classe de temperaturas (°C) por faixas de cores, permitindo-se assim, a caracterização da ilha de calor. Em razão da resolução espacial do sensor remoto orbital utilizado nesta pesquisa, 120 metros, não foi possível a realização de medidas de superfície simultaneamente ao imageamento.

Com o sensor HSS (Hyperspectral Scanner System), foram realizados sobrevôos em SJC nos dias 30 e 31/05/06 divididos em várias faixas de imageamento. A altitude do voo de 3.300m ou 1.100m determinou a resolução espacial de cada imagem em 8,3m ou 2,7m, respectivamente. As temperaturas máximas e mínimas dos corpos negros de referência, que servem como parâmetros para a determinação de um escala de temperaturas de brilho que é utilizada na estimativa de temperatura dos pixels da imagem, foram definidas de acordo com o ponto de orvalho de cada dia de imageamento. O critério utilizado para definir os recortes das faixas de imageamento obtidas pelo sensor HSS, foi a seleção de alvos urbanos mais homogêneos e/ou alvos mais representativos, levando em consideração a qualidade das faixas imageadas e sua localização no sítio urbano.

Como o HSS é um sensor hiperespectral que possui 6 bandas no Infravermelho Termal, foi necessário definir a banda mais adequada para caracterização da ilha de calor.

Assim, foram realizadas medidas da temperatura da superfície do solo utilizando um Termopoint 20EM, operando entre 8 e 14 μ m e acurácia de 1°C, simultaneamente aos vãos realizados como demonstra a **Figura 2**. Para todos as alvos a emissividade foi considerada igual a 1 (Corpo Negro).

Para os alvos: (a) gramado, (b) concreto, e (c) asfalto, as temperaturas foram coletadas diretamente na face onde a radiação incidiu, obtendo um Desvio Padrão Médio em torno de 1°C; já para o (d) metal, esta coleta se deu na face oposta, o que gerou um Desvio Padrão em torno de 3°C. Devido ao grande Desvio apresentado pelo alvo metal, este foi desprezado na análise das bandas.



Figura 2 - Localização dos alvos do Trabalho de Campo: (a) gramado, (b) concreto, (c) asfalto e (d) metal.

Após o cruzamento das informações, verificou-se que a banda mais próxima aos valores de temperatura medidos em campo foi a Banda 48 do Infravermelho Termal do HSS como demonstrado na **Figura 3**.

A partir da imagem desta banda foi realizada a classificação em classe com cores falsas por faixas de temperaturas utilizando o software ENVI 4.2, permitindo-se assim, a caracterização dos microclimas urbanos inseridos na ilha de calor urbana.

4. Resultados e Discussões

A imagem Landsat-5 foi recortada respeitando os limites da cidade. Para a espacialização e identificação dos alvos foi utilizado o canal visível (**Figura 4a**) e as suas respectivas variações térmicas produzidas foram observadas na imagem na banda do infravermelho termal (**Figura 4b**).

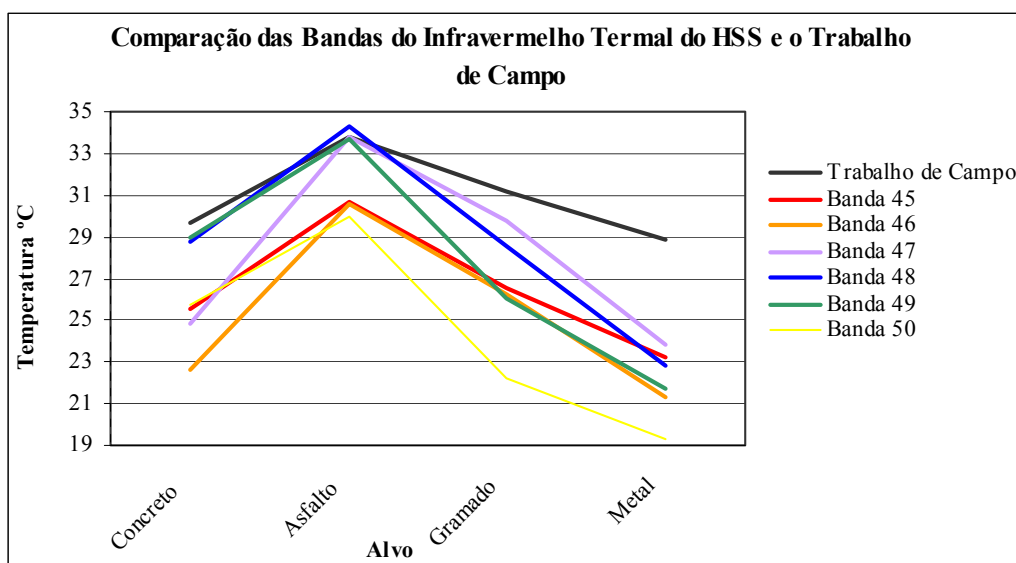


Figura 3 – Comparação entre as bandas do HSS e as medidas no solo com o Termopoint.

A **Figura 4b** mostra grandes áreas em amarelo que são bem correlacionadas com as áreas urbanas observadas na **Figura 4a**, onde isso é reflexo de uma temperatura maior (20 a 24°C) devido à mudança do albedo pela substituição da vegetação por materiais da superfície urbana. Em regiões onde há o predomínio da cobertura vegetal, sejam áreas de cultura, pastagens, mata ou capoeira e nas proximidades dos corpos d'água, as temperaturas são mais baixas (mancha esverdeada: 16 a 18°C). Na porção noroeste da imagem, pequenas áreas em amarelo são resultados da emissão de calor do solo ou cobertura vegetal rala. Também foi possível verificar que nas áreas predominantemente industriais ocorrem picos de temperatura (amplitude de até 4°C maior que a temperatura do sítio urbano em geral) devido, principalmente, aos fornos industriais e aos telhados metalizados. A temperatura ambiente registrada pelas estações meteorológicas no horário do imageamento foi em média 23°C, a umidade relativa foi em média 70% e a velocidade e direção do vento foram de até 2,5m/s de sul-sudeste registrado pela estação meteorológica instalada na REVAP (Refinaria do Vale do Paraíba/Petrobrás) (vide área em círculo vermelho demarcado na **Figura 4a**).

Assim observou-se uma ilha de calor urbana em São José dos Campos com amplitude térmica de 6 a 8°C. Entretanto, a hora do imageamento pelo Landsat-5 não contempla o período de máxima de emissão da superfície, que é entre 14 e 15h local. O imageamento nesse horário, certamente deve refletir uma amplitude de temperatura maior.

Para as imagens obtidas pelo HSS, foram recortadas áreas do sítio urbano onde as variações térmicas foram mais evidentes, de forma a facilitar a espacialização e identificação do gradiente térmico intra-urbano.

Na **Figura 5a** é apresentado o bairro Jardim Morumbi (área demarcada), onde há o predomínio de casas, uma ocupação densa, porém horizontal. Entretanto, a **Figura 5b** mostra que esta área apresenta temperaturas relativamente elevadas (20 a 26°C) talvez pela utilização do material cerâmico na cobertura das casas e pela alta densidade de ocupação. Também pode ser observada a área reservada para a linha de transmissão de energia (estreita faixa vertical em tonalidade verde) e sua textura indica que parte do solo é exposto e parte tem cobertura vegetal e isso reflete na temperatura emitida que varia de 22 a 24°C (solo nú) e de 16 a 20°C (vegetação). Pontos isolados de temperatura altas (30 a 40°C) são reflexos de fornos industriais e telhados metálicos.

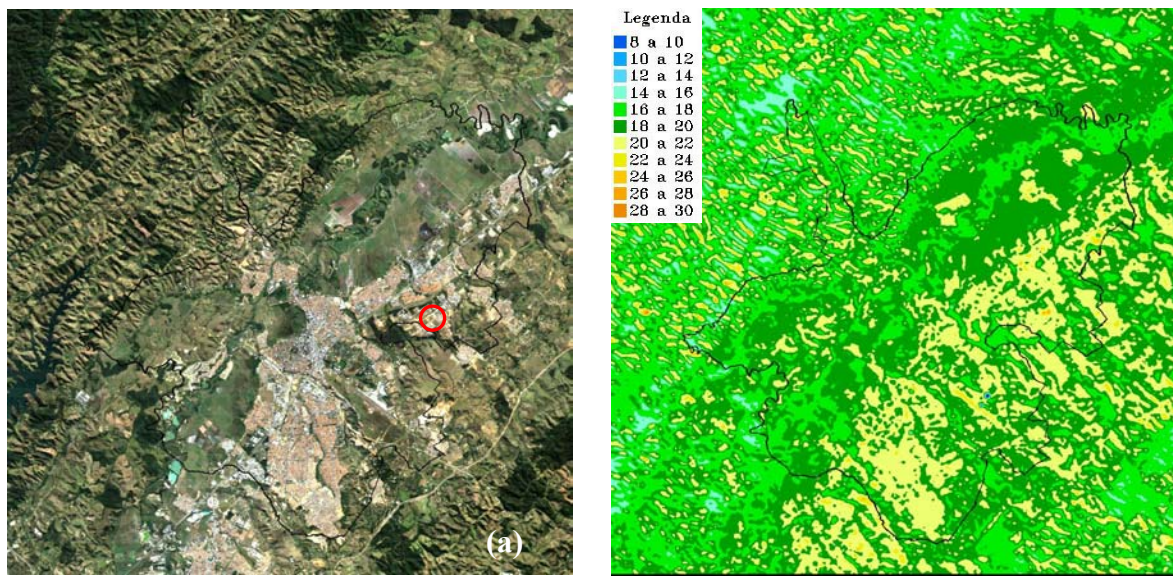


Figura 4 – (a) Imagem na banda do visível do sensor TM/Landsat 5 da cidade de São José dos Campos no dia 10/06/06 às 10:00h local e (b) espacialização da temperatura; área demarcada em vermelho: REVAP/Petrobrás.

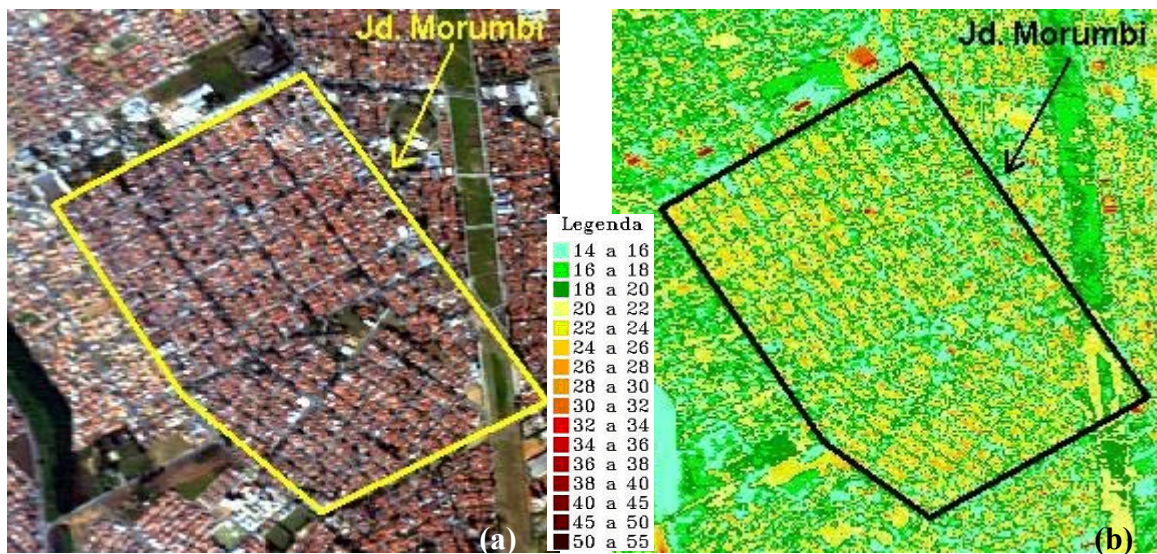


Figura 5 – Área sobre o Jardim Morumbi para o dia 31/05/06 às 11h local: (a) visível e (b) termal.

Na **Figura 6a** é apresentada a região do bairro Jardim Aquários, que nos últimos anos sofreu forte verticalização para atender a classe média e alta. A área não ocupada à direita da imagem é composta por pastagem onde está inserido um pequeno condomínio fechado. A **Figura 6b** mostra as temperaturas observadas pelo HSS. A elevação da temperatura está aquém do esperado para uma área verticalizada, talvez por ser um local mais elevado, onde as correntes de ar são mais freqüentes, e devido ao espaçamento entre os prédios que permitem a ventilação e renovação do ar. Na área demarcada com círculo corresponde ao telhado e estacionamento do Carrefour com temperaturas entre 32 e 40°C e entre 16 e 26°C, respectivamente. Embora o estacionamento seja asphaltado, algumas fileiras possuem coberturas por tendas refletindo em uma temperatura mais baixa. Com relação a área de pastagem, pode-se dividir em dois bolsões por temperatura: entre 16 e 20°C e 20 a 24°C, onde este último representa a pastagem com maior estresse hídrico.

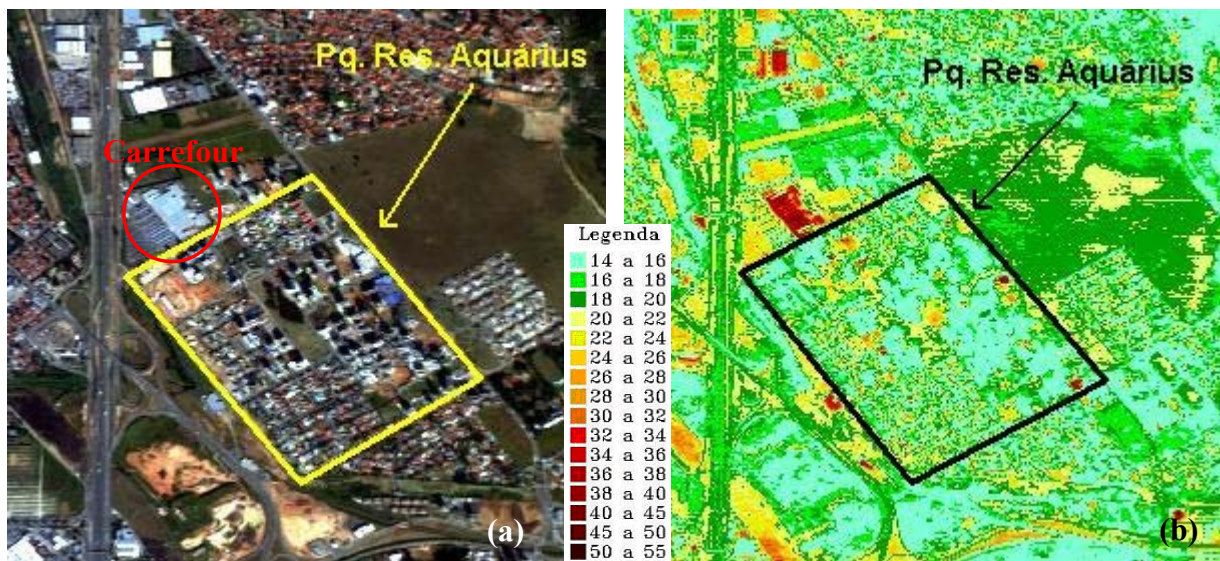


Figura 6 – Área sobre o Jardim Aquarius para o dia 31/05/06 às 11h local: (a) visível e (b) termal.

Na **Figura 7a** é apresentada a região onde se localiza a General Motors do Brasil (GM) e o seu complexo de galpões e bolsões de estacionamento. Através da **Figura 7b** observa-se que a temperatura das coberturas estão muito mais quentes (30 a 45°C) que a sua vizinhança (16 a 26°C), denotando em uma diferença de 20°C às 11 horas da manhã. As áreas de matas que aparecem em cor escura na **Figura 7a** apresentam temperatura baixas variando de 14 a 18°C. Isso demonstra como o material utilizado proporciona maior absorção da energia solar e, conseqüentemente, uma maior emissão de temperatura. No caso da vegetação densa, esta representa uma ilha de frescor.

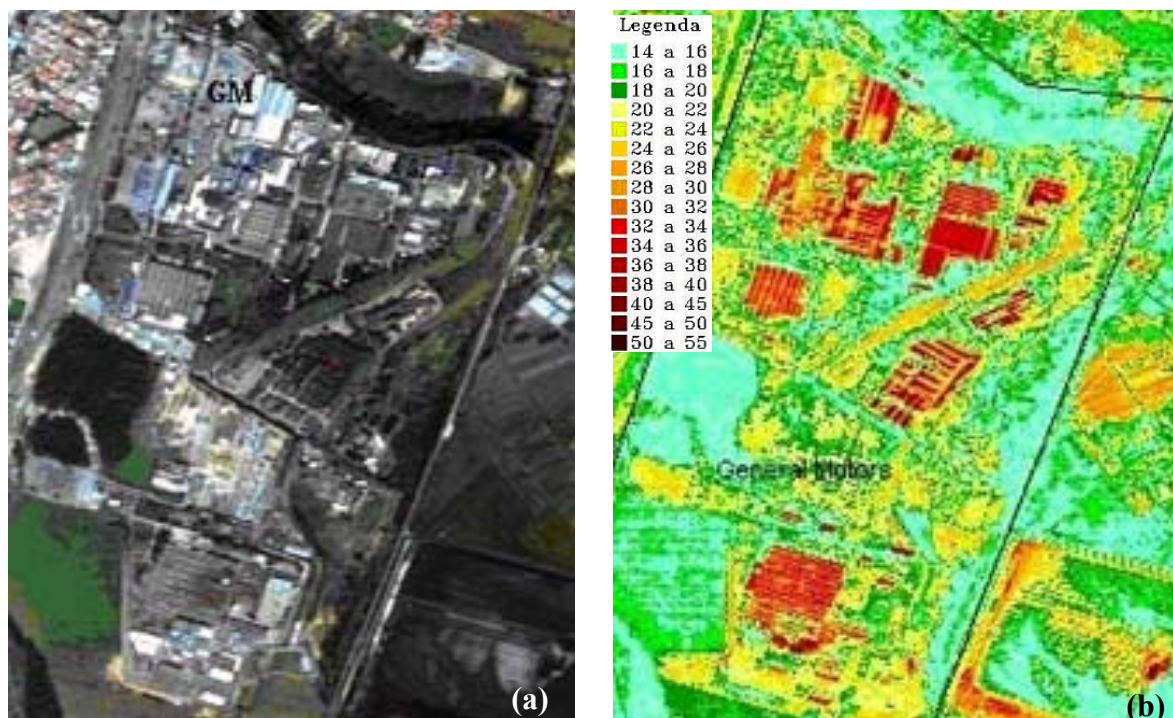


Figura 7 – Área sobre a General Motors do Brasil para o dia 31/05/06 às 11h local: (a) visível e (b) termal.

Ao comparar os resultados obtidos no Aeroporto de São José dos Campos, do mesmo alvo no período diurno e noturno (**Figura 8a e b**), os lagos e as matas atuam como ilhas de frescor de dia e estes, de forma oposta, se comportaram como ilhas de calor à noite. Isto se deve ao tempo necessário para que ocorra o máximo da temperatura nesses alvos durante o período de iluminação solar e, da mesma maneira, esses alvos demoram a dissipar o calor armazenado durante a noite.

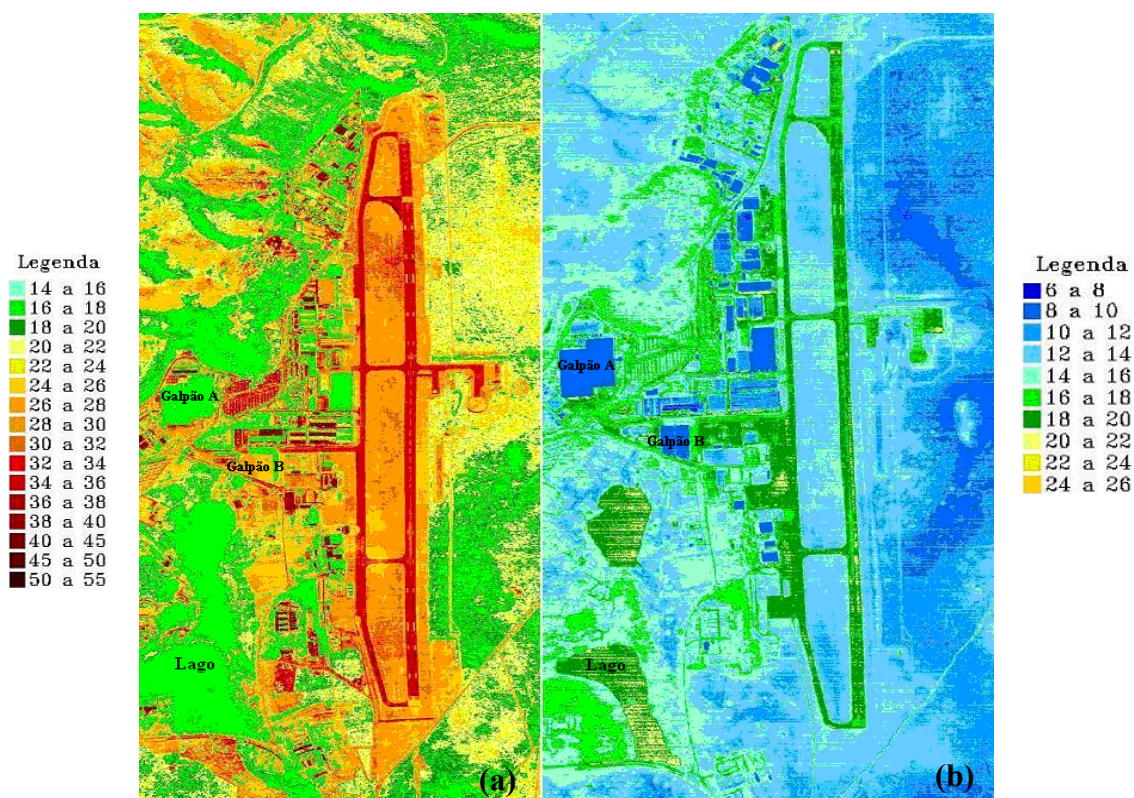


Figura 8-Espacialização da temperatura na região do Aeroporto de São José dos Campos no dia 30/05/2006 às 14h00 local para a (a) imagem diurna e às 21h00 local para a (b) imagem noturna.

É possível notar que o Galpão A localizado dentro da área da EMBRAER (Empresa Brasileira de Aeronáutica) apresentou características de ilha de frescor em ambos os períodos, ao contrário do Galpão B, que durante o período diurno caracterizou-se por ilha de calor e no noturno por ilha de frescor. Apesar de não se conhecer o tipo de material utilizado em cada galpão, certamente os mesmos devem proporcionar diferentes confortos térmicos aos funcionários ou mesmo um consumo de energia diferenciado para se estabelecer um clima artificial no interior desses galpões.

5. Conclusões

A amplitude térmica identificada entre a área urbana e a área de entorno, medida pelo Landsat-5 foi de 6 a 8°C, às 10h local, caracterizando o fenômeno ilha de calor. Certamente essa diferença deve se ampliar no horário de maior emissão pela superfície (14 a 15h local).

A resolução espacial de 160m do Landsat-5 promove uma espacialização mais homogênea da temperatura. Ao contrário, as imagens de alta resolução espacial do HSS (2,7 e 8,3m dependendo da altitude de vôo da aeronave) revelaram a heterogeneidade destes mesmos espaços.

O adensamento horizontal, algumas vezes, influi mais significativamente na temperatura local do que o próprio adensamento vertical. A amplitude da temperatura dentro dos microclima Pq. Res. Aquarius (área verticalizada) foi de 7°C enquanto que no Jd. Morumbi foi de 10°C (adensamento horizontal). Em contrapartida, o bairro Cidade Jardim, que tem adensamento vertical, apresentou amplitude térmica de 10°C, diferença que pode ser explicada pelo espaçamento entre os prédios dificultando a renovação do ar.

Os pontos ou pequenas áreas de expressivas temperaturas (32 a 40°C) se devem as coberturas de telhados, fornalhas e fornos industriais como nas áreas da General Motors e Carrefour.

Ao comparar os resultados obtidos da área do Aeroporto de São José dos Campos no período diurno e noturno, observou-se que no período diurno os lagos e as matas atuam como ilha de frescor, por outro lado, este comportamento se inverte para ilha de calor no período noturno. Em relação aos galpões da EMBRAER, o tipo de cobertura mostra variações térmicas amplas ou não e isso se reflete no conforto térmico ou no gasto de energia para a climatização artificial do interior dos mesmos.

Esse tipo de estudo, principalmente utilizando o sensoriamento remoto, pode auxiliar no planejamento urbano visando o conforto térmico e, por consequência, a melhoria da qualidade de vida na cidade. Assim, o Plano Diretor enquanto instrumento de política ambiental pode, se bem direcionado, desempenhar um papel decisivo na obtenção do almejado equilíbrio ambiental urbano.

Para uma melhor quantificação dos gradientes térmicos dos efeitos das ilhas de calor, há a necessidade de estudos com vôos realizados no período de máxima emissão (14 a 15h local) e mínima emissão (6h local) que correspondem ao ciclo médio diário da temperatura.

5. Agradecimentos

Ao INPE pela cessão da imagem do sensor Landsat 5 e ao Instituto de Estudos Avançados pela cessão das imagens do sensor HSS. Agradecemos também ao Instituto de Aeronáutica e Espaço pela disponibilidade de tempo para a realização desta pesquisa.

Referências

- FUCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais. **Dados Meteorológicos**. Disponível em: <http://strademawebfuncate.org.br>. Acesso em: 30, 31 mai. e 10 jun. 2006.
- LOMBARDO, M.A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo** – São Paulo: HUCITEC, 1985.
- MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. **Perfil Municipal: Demografia**. Disponível em: http://www.sjc.sp.gov.br/acidade/demo_educacao.asp. Acesso em: 10 out. 2006.
- SÃO JOSÉ DOS CAMPOS PREFEITURA MUNICIPAL. **Banco de dados geográficos SPRING 3.6.03. Tutorial**. 1 CD-ROM. Cidade Viva. São José dos Campos, 2003.
- TARIFA, J.R. **Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos**. IGEO/USP, 1977. (Série Climatologia 07).
- SOUSA, D.O.; BAPTISTA, G.M.DE M. **Análise da influência da resolução espacial na determinação das ilhas urbanas de calor em São Paulo, por meio de sensores ASTER e MODIS**. Anais XII SBSR, Goiânia, Brasil, 16 – 21 abril 2005, INPE, p.4525 – 4530.