

Aplicações do sensoriamento remoto para estudos em arquitetura e urbanismo: subsídios para correlações entre dados remotos e medições de solo

Alice Schiavinato de Souza¹
Luciana Schwandner Ferreira¹
Denise Helena Silva Duarte¹

¹ Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética – LABAUT
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP
Caixa Postal 72003 - 05508-080 – São Paulo - SP, Brasil
alice.souza@usp.br; luciana.swf@usp.br; dhduarte@me.com

Abstract: This article discusses the applications of remote sensing data in environment and energy studies in architecture and urbanism. In this work was studied the area of the Trianon Park, located on Avenida Paulista, in Sao Paulo. The objective is to verify if there is a correspondence and proximity between remote sensing data and measurements on the ground to investigate the possibility of using images generated by remote measurements in environment and energy research within the urban context in small and large scales. In this research, images of Landsat 7 and Landsat 8 thermal bands were used and analyzed with and without atmospheric correction. Therefore, both were compared with the surface temperatures obtained by the thermographic camera Fliri40 near the ground in the same area imaged by the satellite. By comparing the results, it was found that remote measurements with atmospheric correction were more similar to the results near the ground compared with measurements without atmospheric correction. The thermal differences between the results show that the remote sensing is a reliable measuring technique to obtain a database of small or large areas not only for urban planning, as well other applications in architecture and urbanism, specially concerning environment and energy issues.

Palavras-chave: surface temperature, vegetation, microclimates, temperatura de superfície, vegetação, microclimas

1. Introdução

A substituição das condições naturais de solo e vegetação pelo ambiente construído, característica do processo de urbanização, promove tanto alterações microclimáticas locais, quanto alterações em escala regional. Na escala microclimática são verificados efeitos adversos na temperatura e na umidade do ar, com a supressão ou mesmo com a redução da vegetação.

De acordo com Stone, Vargo e Habeed (2012) pesquisas recentes sugerem que as alterações no uso do solo e a substituição da cobertura natural por materiais de construção desempenham papel mais significativo na intensidade dos fenômenos de aquecimento urbano do que os gases de efeito estufa. Existe, portanto, a necessidade de se quantificar os efeitos microclimáticos da vegetação, a fim de subsidiar as atividades de planejamento urbano e paisagístico, levando-se em consideração os microclimas locais.

A caracterização do impacto da vegetação no microclima urbano usualmente é realizada por meio da análise da interação solo/vegetação/atmosfera, obtida com medições de variáveis ambientais em áreas com e sem cobertura vegetal. Esses registros podem ser feitos diretamente em solo com o uso de estações micro meteorológicas. As medições com foco nas temperaturas de superfície (TS) podem ser realizadas por meio de câmeras termográficas manuais ou remotamente a grandes distâncias, com o uso de câmeras termais acopladas a satélites ou a bordo de aviões (JONES, 2011). Por meio de medidas remotas pode-se inferir a temperatura de superfície detectada pela câmera termográfica ou pelo satélite, e as medições diretas podem incluir temperatura e umidade do ar, temperatura de globo, radiação solar direta e difusa, direção e velocidade dos ventos, etc., além das características intrínsecas à vegetação, como índice de área foliar.

As imagens geradas pelos satélites são atualmente utilizadas no âmbito da arquitetura e do urbanismo geralmente com composições em cores naturais, e são analisadas da mesma forma

como as fotografias aéreas, ou seja, sem suas informações radiométricas. Estudos temporais, comparando duas ou mais imagens, para verificar o avanço da urbanização sobre áreas naturais, ou o adensamento construtivo de áreas já urbanizadas, são comuns na área. Entretanto as informações radiométricas das imagens geradas por meio do sensoriamento remoto poderiam compor um extenso banco de dados útil à arquitetura e ao urbanismo, mas que muitas vezes não é consultado devido principalmente à falta de conhecimento e divulgação dentro das escolas de arquitetura acerca da possibilidade de acesso a essas informações que vão além do uso puramente visual da imagem.

Os estudos de conforto ambiental, nos quais as medidas de solo são mais difundidas, possuem uma restrição devido à exigência de equipamentos específicos que por muitas vezes são de alto custo para a aquisição ou manutenção, além de geralmente demandarem a necessidade de uma equipe capacitada que acompanhe as medições durante todo o período de pesquisa de campo, restringindo as datas de medição segundo a disponibilidade de ambos os fatores.

Considerando-se a diferença de escala e equipamento entre as medições remotas e as medições em solo, o objetivo deste artigo é verificar a correspondência entre dados coletados em solo e por satélite de uma mesma área a fim de verificar se há correlação e proximidade entre os dados obtidos e, assim, contribuir com a difusão do uso de medições remotas nos estudos de conforto ambiental, superando a dúvida recorrente quanto à possibilidade de correlação entre os resultados obtidos por meio de ambas as formas de medição.

2. Materiais e Métodos

2.1. Definição da área de estudo

O local escolhido para a pesquisa de campo foi o Parque Tenente Siqueira Campos (Parque Trianon), localizado na altura do número 1550 da Avenida Paulista na cidade de São Paulo, em frente ao Museu de Artes de São Paulo Assis Chateaubriand (MASP). Para esse trabalho contou-se com a colaboração da administração do Parque Trianon para a realização de pesquisa e uso dos equipamentos no interior do mesmo.



Figura 1. Localização da área de estudo (Parque Trianon). Fonte: Google Earth

2.2. Levantamento e análise dos dados obtidos

Para a análise da área de estudo foram utilizadas as imagens termais geradas a partir de dados de satélites e medições de campo. Foram usados dados obtidos pelos satélites Landsat 7 e Landsat 8. A escolha destes satélites obedeceu aos seguintes critérios: disponibilidade online e gratuita das imagens, boa resolução temporal, uma vez que suas datas de passagem são intercaladas a cada 8 dias, e presença em ambos de bandas termais. As medições de campo foram realizadas por meio de imagens termais da câmera termográfica Flir i40, feitas a partir da cobertura de um edifício ao lado do Parque.

2.2.1. Etapa 1: Levantamento de campo com câmera termográfica.

A primeira etapa para o desenvolvimento da pesquisa foi o imageamento do Parque Trianon em diversas datas com a câmera termovisora Flir i40, sempre nos mesmos dias de passagem dos satélites Landsat 7 e 8 e em horários próximos à passagem dos mesmos para que a correlação posterior fosse possível. Analisando-se os calendários de passagem dos satélites Landsat 7 e 8 verificou-se a possibilidade de realização das medições em campo nos dias 02, 10, 18 e 26 de Abril e no dia 04 de Maio de 2016 (13:00 GMT, 10:00 em São Paulo).

As imagens foram obtidas a partir da cobertura do Edifício Parque Trianon (17º andar), localizado na Rua Peixoto Gomide, 1014. A cobertura do edifício encontra-se acima do topo do dossel do parque, possibilitando a obtenção de imagens da mesma área imageada pelos satélites.

2.2.2. Etapa 2: Aquisição das imagens termais do Landsat 7 e Landsat 8.

As imagens foram obtidas por meio do site Earthexplorer, que disponibiliza para download gratuito cenas dos satélites Landsat 7 e 8. Nesta pesquisa utilizou-se a cena localizada na latitude 23°7'S (Path:219) e longitude 46°32'W (Row:76). O sistema de projeção utilizado foi a Universal Transversa de Mercator, fuso 23 Sul, datum horizontal WGS84.

2.2.3. Etapa 3: Tratamento das imagens termais por meio do software ENVI.

Após o download das imagens dos satélites no site Earth Explorer, as imagens foram processadas no software ENVI 5.1. Os dados gerados pelo satélite (digital numbers – DN) foram convertidos em dados de temperatura em graus Celsius com correção atmosférica, sendo a emissividade padrão utilizada de 0,95. O processamento das imagens foi realizado seguindo as seguintes etapas:

A) Transformação de DN para Temperatura em °C

Para o Landsat 7, a obtenção da temperatura das imagens termais do sensor ETM+ (USGS, 2015) ocorre a partir da transformação do sinal digital proveniente das bandas 6 em radiância ($w.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$), por meio da Equação 1.

$$L\lambda = \{[(L_{max} - L_{min}) / (NC_{max} - NC_{min})] * (NC - NC_{min})\} + L_{min} \quad (1)$$

Os valores de L_{max} e L_{min} correspondem à máxima e mínima radiância que podem ser detectadas pelo sensor acoplado ao satélite, NC_{max} corresponde ao nível de cinza máximo, dada a quantização, o NC_{min} corresponde ao nível de cinza mínimo e NC corresponde ao nível de cinza de cada *pixel* da imagem. Posteriormente, realizou-se a conversão em temperatura através do inverso da lei de Planck (Equação 2).

$$Temp. Sup. (°C) = \{(K_1) / (\ln (K_2 / L\lambda + 1))\} - 273,15 \quad (2)$$

Com a equação 2 se obtém a TS média de cada pixel apenas para o Landsat 7, sendo que, para se obter as TS média de cada pixel para o Landsat 8, deve-se seguir as etapas subsequentes aqui apresentadas.

Para as imagens do sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) do satélite Landsat 8 (USGS, 2015), a conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, foi realizada utilizando-se a Equação 3:

$$L\lambda' = ML * Qcal + AL \quad (3)$$

Onde $L\lambda'$ representa a radiância espectral no topo da atmosfera ($\text{w.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$) sem a correção do ângulo solar, ML representa o fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10, AL representa o fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 e Q_{cat} representa o valor quantizado calibrado pelo pixel em NC (Imagem banda 10). Após a aplicação da Equação 3, para a transformação da radiância em temperatura de superfície procedeu-se a aplicação da Equação 2 para a banda 10, o resultado destes procedimentos gera uma imagem com a TS média, em graus Celsius para cada pixel.

B) Correção Atmosférica

Após a conversão dos dados de radiância em TS, foi aplicada a correção atmosférica, tanto para as imagens do satélite Landsat 7 quanto do satélite Landsat 8. Os dados para aplicação da equação 4 foram obtidos no site atmcorr.gsfc.nasa.gov, sendo que, as informações de pressão foram obtidas no site do INMET segundo os dados da estação meteorológica de Mirante Santana por se tratar da estação mais próxima ao local de medição desta pesquisa, o Parque Trianon.

$$((B1 - Lu) / (0.95 * t)) - (0.05263 * Ld) \quad (4)$$

Onde B1 corresponde à banda termal utilizada (B6 para o Landsat 7 e B10 para o Landsat 8) e as variáveis Lu (*upwelling radiance*), t (*average atmospheric transmission*) e Ld (*downwelling radiance*) são obtidas no site atmcorr.nasa.gov

2.2.4. Etapa 4: Processamento das imagens com o software QGIS

Posteriormente à conversão em TS e correção atmosférica, as imagens foram processadas no software QGIS (Quantum Geographic Information System), onde foi possível gerar mapas temáticos das imagens e converter os pixels (originalmente em tons de cinza) em pixels coloridos com um gradiente de cores para melhor visualização das TS. As imagens obtidas em solo com a câmera termográfica foram tratadas com o software Flir Tools.

3. Resultados e discussão

Ao se analisar as imagens obtidas pelos satélites Landsat 7 e Landsat 8, pôde-se notar que as imagens com correção atmosférica da área do dossel do Parque Trianon obtiveram resultados termais mais aproximados dos resultados da mesma área medidos com a câmera termográfica, quando comparados aos resultados das imagens termais sem correção atmosférica. As figuras 2 e 3 abaixo demonstram a grande variação termal que ocorre quando se aplica a correção atmosférica em uma imagem de sensoriamento remoto originalmente disponibilizada sem esta correção.

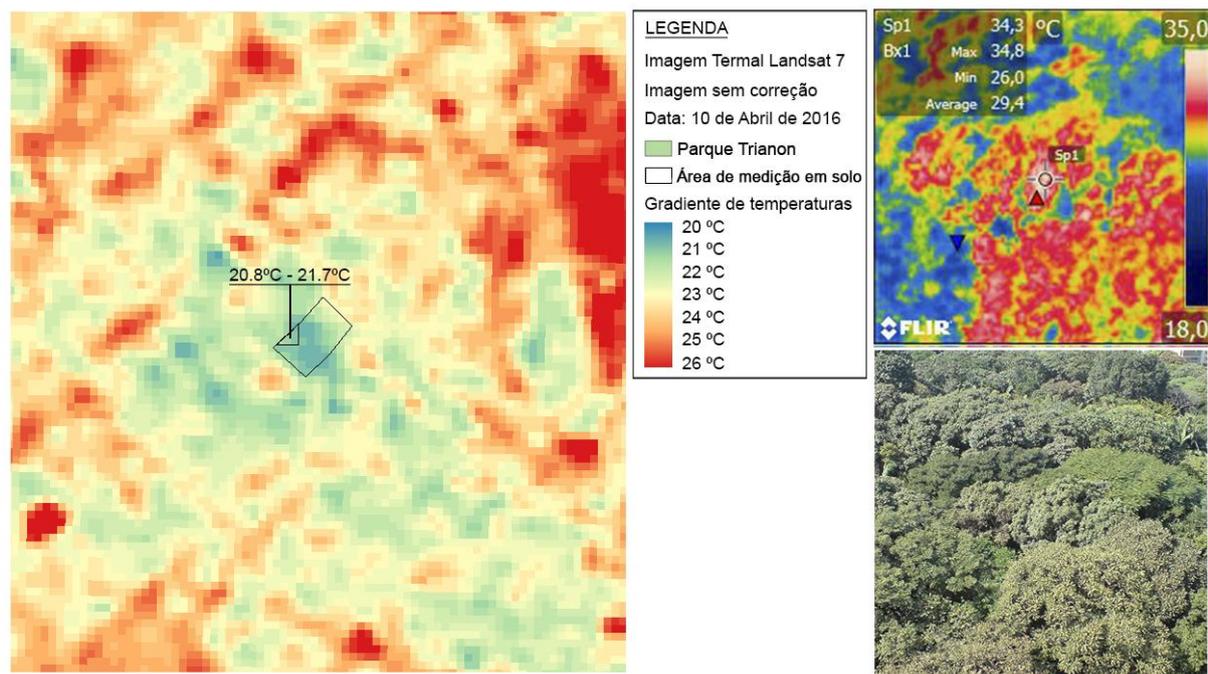


Figura 2. (Esq.) Imagem gerada pelo Landsat 7 sem correção atmosférica, com a localização do Parque Trianon e destaque para a área de medição dentro do parque. | (Sup. à dir.) Imagem termográfica do dossel na área de medição. | (Inf. à dir.) Imagem digital do dossel na área de medição.

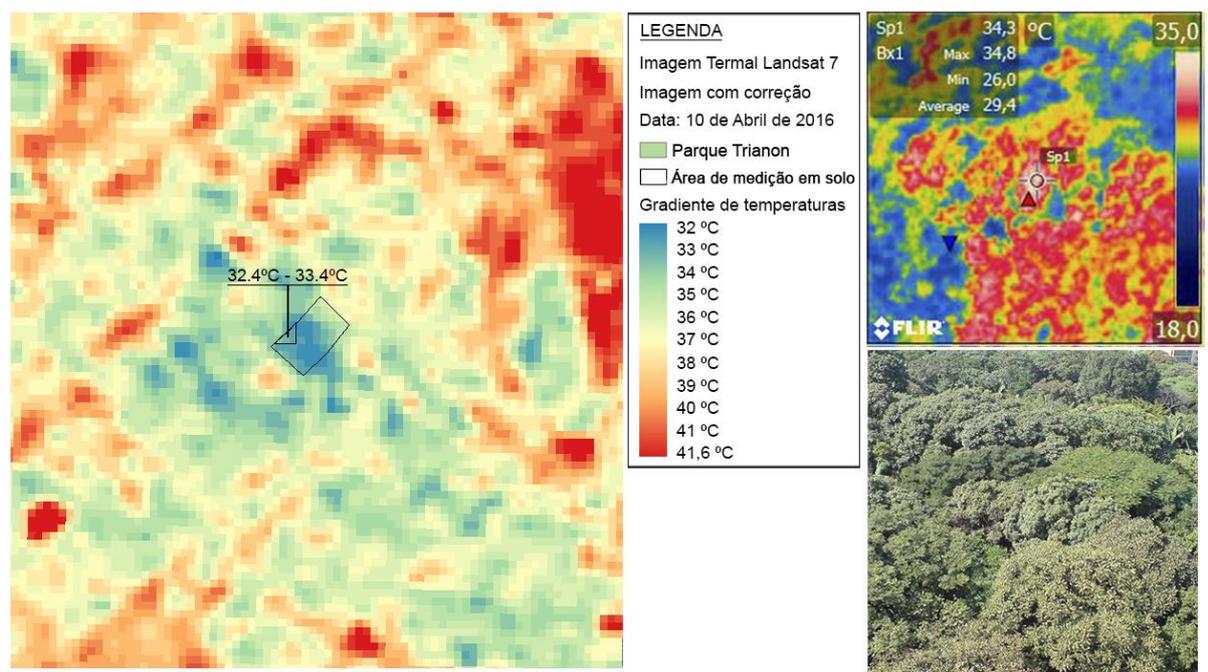


Figura 3. (Esq.) Imagem gerada pelo Landsat 7 tratada com correção atmosférica, com a localização do Parque Trianon e destaque para a área de medição dentro do parque. | (Sup. à dir.) Imagem termográfica do dossel na área de medição. | (Inf. à dir.) Imagem digital do dossel na área de medição.

A Tabela 1 sintetiza os resultados termais provenientes de sensoriamento remoto e de medições em solo com a câmera termográfica Flir i40. É possível verificar que em todas as datas as TS médias com correção atmosférica obtidas pelo satélite foram as que mais se aproximaram das TS obtidas pela câmera termográfica, com diferenças de, no máximo, 3°C, enquanto as TS médias sem correção obtidas pelo satélite obtiveram diferenças de até 8°C, aproximadamente.

Tabela 1. Resultados das medições por sensoriamento remoto e por medições em solo da TS média do dossel do Parque Tenente Siqueira Campos.

Data	Satélite	Temperatura média pelo satélite (sem correção)	Temperatura média pelo satélite (com correção)	Temperatura média pela câmera termográfica
10/abr/16	Landsat 7	21,2°C	32,6°C	29,4°C
18/abr/16	Landsat 8	25,2°C	30,1°C	28,2°C
04/mai/16	Landsat 8	18,4°C	22,7°C	22°C

Deve-se considerar também que as pequenas diferenças nas TS médias apresentadas pela câmera termográfica e pelas imagens dos Landsat são devidas à dimensão de um pixel da imagem do Landsat comparado com a dimensão da lente da câmera termográfica, que possui uma abertura insuficiente para abranger toda a área que apenas um pixel do satélite abrange, ou seja, 30m por 30m na banda termal utilizada nesta pesquisa, tanto para o Landsat 7, quanto para o Landsat 8, sendo que, a TS obtida pelo satélite para cada pixel corresponde às médias das TS daquela área (30x30m), o que justifica o uso das TS médias nas imagens da câmera termográfica.

4. Conclusão

Verificou-se que a relação entre as TS obtidas pelos satélites Landsat 7 e Landsat 8 e pela câmera termográfica Flir i40 é bastante próxima, considerando-se que os dados obtidos a partir de ambos os meios de medição diferem apenas poucos graus quando utilizadas especialmente as imagens de satélite com correção atmosférica. Outro ponto de destaque na medição em campo é que as condições climáticas, a exemplo da presença de nuvens barrando a incidência de raios solares, podem interferir na TS de uma área analisada, modificando-a em curtos intervalos de tempo; assim, os dados das imagens obtidas na faixa do termal podem variar temporalmente para uma mesma área.

Dessa forma, entende-se que a imagem de satélite pode ser uma opção de fonte de dados e medições confiável para se analisar a TS inclusive de pequenas áreas como o caso do Parque Trianon.

Verifica-se, portanto, que o sensoriamento remoto termal é uma alternativa viável para os estudos em arquitetura e urbanismo. A disponibilidade crescente de imagens com diferentes resoluções, possibilita sua aplicação nas mais diversas escalas de trabalho, suscitando novos estudos na área. Nos estudos em áreas mais extensas, onde as medições em solo se tornam operacionalmente inviáveis, a medição remota se torna uma alternativa de grande valia que merece ser melhor explorada e difundida em diversas aplicações em arquitetura e urbanismo.

Referências bibliográficas

- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- JONES, Hamlyn. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- JONES, Hamlyn; VAUGHAN, Robin. **Remote Sensing of Vegetation. Principles, Techniques and applications**. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Brasília, 2012.
- MILLER, R. B.; SMALL, C. **Cities from space: potential applications of remote sensing in urban environmental research and policy**. Environmental Science & Policy. Columbia University, New York, 2003
- PIRES, E. G.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. João Pessoa, Paraíba, 2015.
- PONZONI, F. J.; DISPERATI, A. A. **Comportamento espectral da vegetação**. Ministério de Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Especiais. Escola Superior de Florestas Universidade do Paraná. São José dos Campos, 1995.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2007.
- SHINZATO, P. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos em função das interações solo-vegetação-atmosfera**. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP). São Paulo, 2014.
- STONE, B.; VARGO, J.; HABEEB, D.; **Landscape and Urban Planning. Managing climate change in cities: Will climate action plans work?** School of City and Regional Planning, Georgia Institute of Technology, United States, 2012. Disponível em: <www.urbanclimate.gatech.edu/pubs/StoneVargoHabeb2012.pdf>. Acesso em 28/dez/2015.
- TAVORA, F.; GRANZIN, J. S.; BAÑGATE, J.; ESTOMATA, M. T. L. **Landsat Step-by-step Processing Manual Feature Extraction Processing Using Landsat 7 ETM+**. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Phillipines, 2013.