



O uso da técnica Phansharpening em imagens Landsat 8 para identificação do calor superficial em aglomerados Urbanos

Cézar Clemente Pires dos Santos¹
Fabio Nunes Coelho¹
Cintia Paula Tarelli Teixeira ¹
Leonardo Bezerra Lima Neto¹
Suzelaine Aparecida da Silva Matos¹

¹Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG
Av. Dom Orlando Chaves, 2655 Cristo Rei
78118-000 - Várzea Grande – MT, Brasil
{cezarbiologo, fabiionc, cintiaptt}@gmail.com
leobiologo131@outlook.com
suze.asm@hotmail.com

Resumo. A utilização do sensoriamento remoto, agrupado a um sistema de informação geográfica, na busca por respostas rápidas sobre alterações climáticas, é uma importante ferramenta, pois a mesma possibilita associação de dados e análise temporal para compreender a dinâmica dessas alterações. Dentre estas, encontra-se a técnica de fusão espectral “Gram-Schmidt” utilizada para uma combinação de dados, que visa o melhoramento da qualidade de imagens multiespectrais de média resolução. Esta técnica agrega as informações pertinentes em cada uma das imagens, combinando as informações da imagem pancromática e multiespectral gerando uma imagem com alta resolução espacial e espectral. Neste sentido o presente artigo tem como objetivo realizar a técnica de fusão com intuito de gerar dados de temperatura de superfície com maior resolução espacial, processadas com a utilização de um sistema de informação geográfica. A comparação entre as imagens, demonstrou que o uso desta técnica apresenta melhores resultados na resolução, devido à sua clareza de detalhes dos pixels, proporcionando a identificação de temperaturas de superfície em objetos construtivos e naturais em aglomerados urbanos. Este resultado mostra a importância desta técnica na integração de estudo relacionados a questões climáticas.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, temperatura de superfície, fusão de imagens, Várzea grande, Pantanal.

Abstract. The use of remote sensing, grouped in a geographic information system, in the search for quick answers on climate change, is an important tool because it enables data binding and temporal analysis to understand the dynamics of these changes. Among these, is the spectral fusion technique “Gram-Schmidt” used for a combination of data, aimed at improving the quality of medium resolution multispectral images. This technique aggregates the relevant information on each of the images, combining the panchromatic and multispectral image information generating an image with high spatial and spectral resolution. In this sense, this article aims to merge technique aiming to generate surface temperature data with higher spatial resolution, processed with the use of a geographic information system. The comparison between the images shown that this technique performs better in resolution due to their clarity of detail of pixels providing the identification of surface temperatures in constructive and natural objects in urban areas. This result shows the importance of this technique in the study of integration related to climate issues.

Key-words: remote sensing, surface temperature, fusion of image, Várzea Grande, Wetlands.

1. Introdução

Um conjunto de fatores vem alterando significativamente o clima nos grandes centros urbanos, formando massas elevadas de temperaturas em pontos específicos, conhecida como ilha de calor. Este fenômeno altera significativamente o comportamento das temperaturas, armazenando calor em áreas mais adensadas e menos arborizadas apresentando sensações térmicas de características mais elevadas, mesmo durante a noite (Moreira e Nóbrega, 2011).

O fenômeno da ilha de calor pode ser definido como uma alteração térmica onde a temperatura da superfície e do ar relativo ao perímetro urbano é mais elevada do que as áreas arredores, ocorrendo principalmente devido ao aumento das grandes cidades de forma desordenada e à interferência dos fatores como: aumento numérico de veículos, substituição do solo original por superfícies impermeáveis, redução da circulação do ar devido às edificações, canalização de rios, corte das árvores entre outros (Moreira e Nóbrega, 2011; Santos, 2013).

Neste sentido, a utilização do sensoriamento remoto, agrupado a um sistema de processamento de imagens orbitais, proporcionam a visão espacial e temporal desses fenômenos térmicos, tornando essas informações geradas por meio do sensoriamento remoto, importantes para tomada de decisões que venham a colaborar com a sociedade.

De acordo com Novo (1992), o sensoriamento remoto é definido como a utilização agregada de vários sensores modernos (sensores fotográficos, sensores de varredura, radares, etc.), e equipamentos para o processamento e transmissão de dados (vant's, aeronaves, espaçonaves e satélites). Seu objetivo é estudar o ambiente terrestre através do registro da análise de superfície de terrestre no que diz respeito ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do objeto alvo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície e a atmosfera (Steinke et al., 2010).

Segundo Burrough et al. (1998), o Sistema de Informação Geográfica (SIG), trata-se de um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados no mundo em tempo real. Esta ferramenta é conceituada como um sistema de processamento de imagens de grande influência para trabalhos neste segmento, pois condiciona uma análise espaço-temporal da ocupação sobre a superfície terrestre, através da utilização de imagens multiespectrais e termais dos sensores, como os sensores “Thermal Infrared Sensor” (TIRS) e “Operational Land Imager” (OLI), atualmente operando no satélite Landsat 8.

O Landsat 8 foi lançado no dia 11 de fevereiro de 2013 e trabalha a uma altitude aproximada de 705 km, em uma órbita heliossíncrona. Este satélite opera com dois novos sensores OLI e TIRS, capazes de contribuir substancialmente para o monitoramento de uso e ocupação do solo, geração de índices espectrais e geração de temperatura da superfície, por incluir em sua gama de dados oito bandas espectrais com resolução espacial de 30 metros e a banda pancromática

que possui a resolução espacial de 15 metros (USGS, 2016).

Técnicas de estudos que envolvam a fusão de bandas dos sensores OLI e TIRS, vem sendo utilizadas para aprimoramento da resolução de imagens. De acordo com Luchiari (2001), a fusão de imagens objetiva uma combinação de dados produzidos por sistemas sensores de características que se diferem, melhorando a qualidade de imagens multiespectrais de média resolução. Esta técnica agrega as informações pertinentes em cada uma das imagens, combinando as informações da imagem pancromática e multiespectral gerando uma imagem híbrida final, com alta resolução espacial da imagem pancromática e espectral da multiespectral (Lima et al. 2015).

Neste sentido o presente artigo tem como objetivo a utilização de técnicas de fusão de imagens, por meio de um Sistema de Informação Geográfica, utilizando a banda pancromática do sensor (OLI) e banda espectral infravermelho termal do sensor (TIRS), para gerar um modelo de temperatura de superfície com média resolução espacial.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

A cidade de Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil (**Figura 1**), ocupa uma área de 1.049 km², situada nas coordenadas S 15° 38' 52", O 56° 7' 60", em meio à bacia hidrográfica do baixo Cuiabá dentro da bacia do Alto Araguaia, onde nasce o Rio Cuiabá, afluente do Rio Paraguai, que por sua vez, é o principal curso d'água que alimenta a hidrologia do Pantanal (PCBAP, 1997; IBGE, 2015).

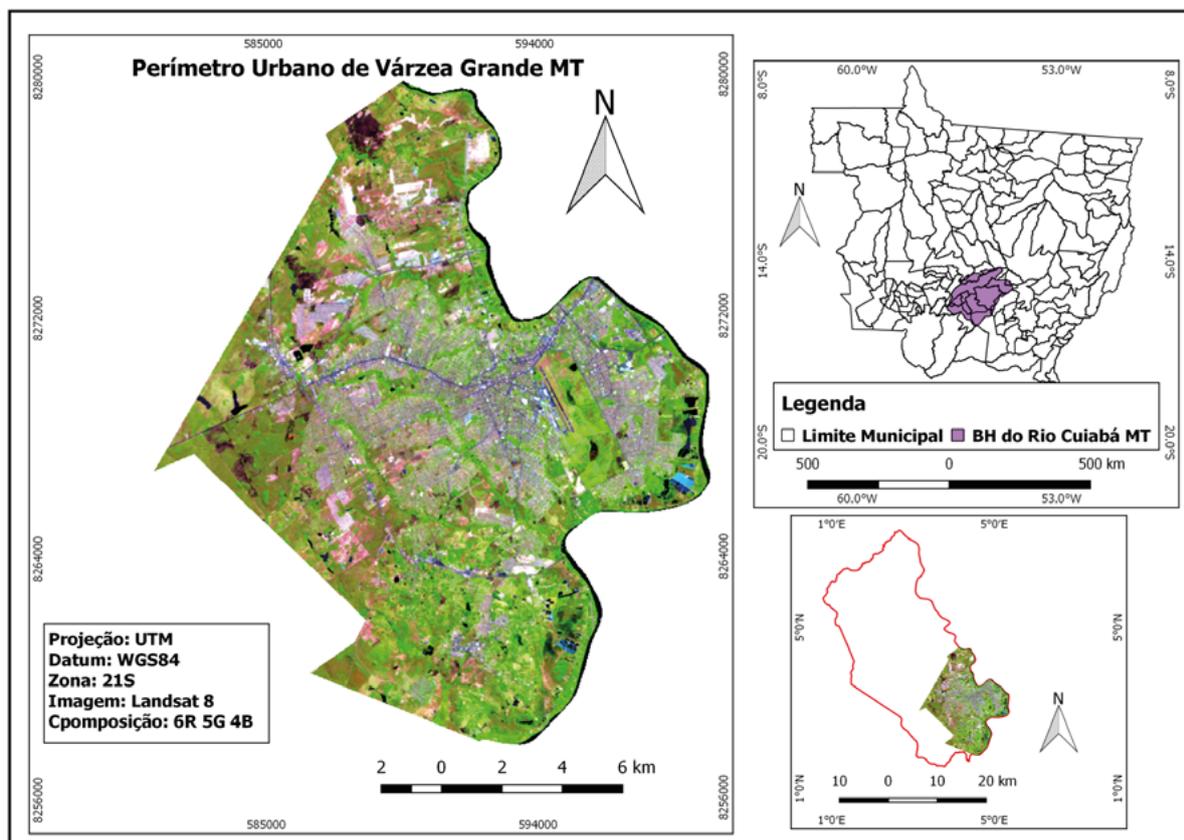


Figura 1. Localização do Município de Várzea Grande, Mato Grosso.

Várzea Grande, cidade polo industrial, é influenciada por dois biomas, Cerrado com sua riqueza em espécie endêmicas e o Pantanal, maior planície de sedimentação onde 35,36 % estão localizados no estado de Mato Grosso (Freitas et al, 2014).

O município é caracterizado com o sistema climático tropical semiúmido, com duas estações bem definida: uma seca, entre julho a outubro e uma chuvosa, entre novembro a maio (Maitelli,1994).

2.2. Aquisição e processamento de dados Raster

Foi realizado no Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2015), a aquisição das bandas espectrais do Satélite Landsat 8, na orbita 226, cena 71, para confecção do mapa de temperatura de superfície, utilizando a banda 10 do sensor TIRS, que corresponde a faixa infravermelho termal (10.6 - 11.19 μm - micrometro), com resolução espacial de 30 metros por pixel, com passagem programada do dia 07 de agosto de 2015, às 13:45:15 (metadados).

Após a aquisição foi gerado o raster de temperatura da superfície em graus Celsius, utilizando a ferramenta calculadora raster do Sistema de Informação Geográfica “Quantum GIS 2.10”, por meio da conversão dos parâmetros fixos de níveis de cinza (NC) em radiância para refletância, e da conversão da temperatura Kelvin para Celsius, através das equações 1 e 2 cedidas pelo Serviço Geológico Americano (**Tabela 1 e 2**).

Equação 1: $L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$

Tabela 1. Descrição de dados da equação 1 de conversão.

$L\lambda$	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/ ($\text{m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$)
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
Q_{cal}	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Equação 2: $T = \frac{k2}{\ln\left(\frac{k1}{L\lambda} + 1\right)}$

Tabela 2. Descrição de dados da equação 2 de calibração.

T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)
$k2$	Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)
$k1$	Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
$L\lambda$	Radiância espectral em Watts/ ($\text{m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$)

Em seguida foi aplicada a técnica de fusão espectral “Gram-Schmidt” (ITT, 2009), que opera sobre vetores objetivando torna-los ortogonais, utilizando a banda 10 (corrigida) com banda 8 do sensor “Operation Land Imager” (OLI), que possui resolução espacial de 15 m, e possibilita a geração de imagens com resolução espacial de 15 metros. Para este procedimento foi utilizando as ferramentas “Superimpose sensor” e “Phansharpening”, respectivamente. Esta técnica de fusão consiste, basicamente, em integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática preservando o conteúdo / cor da imagem.

Com a ferramenta de extração, foi realizada o recorte da área de estudo, posteriormente, foi

aplicada a técnica de reclassificação de dados raster utilizando o algoritmo “r.reclass” que cria uma nova imagem cujos valores categoria são baseadas em uma reclassificação das categorias em um mapa raster já existente. Este algoritmo permite a geração de imagens com intervalo de classes, para representar temperaturas em intervalos que variaram 2°C.

3. Resultados e discussões

A **Figura 2** apresenta a espacialização da temperatura de superfície no perímetro urbano de Várzea Grande do dia 07 de agosto de 2015. Foi registrado neste dia, pelo Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo), temperaturas entre 20°C (min) e 38°C (max). Ao realizar a parametrização da temperatura média do ar (Ta) registrada pela estação meteorológica convencional do município de 29.10°C, com a temperatura média de superfície (Ts) registrada pelo sensor na localização da respectiva estação (33,26°C) foi observado um gradiente térmico (Ts-Ta) de 4,16°C. Esta diferença foi amostrada por Weng (2003), que salienta que a temperatura média de superfície (Ts) apresenta, normalmente, valores mais elevados em relação a temperatura média do ar (Ta) o que já era esperado.

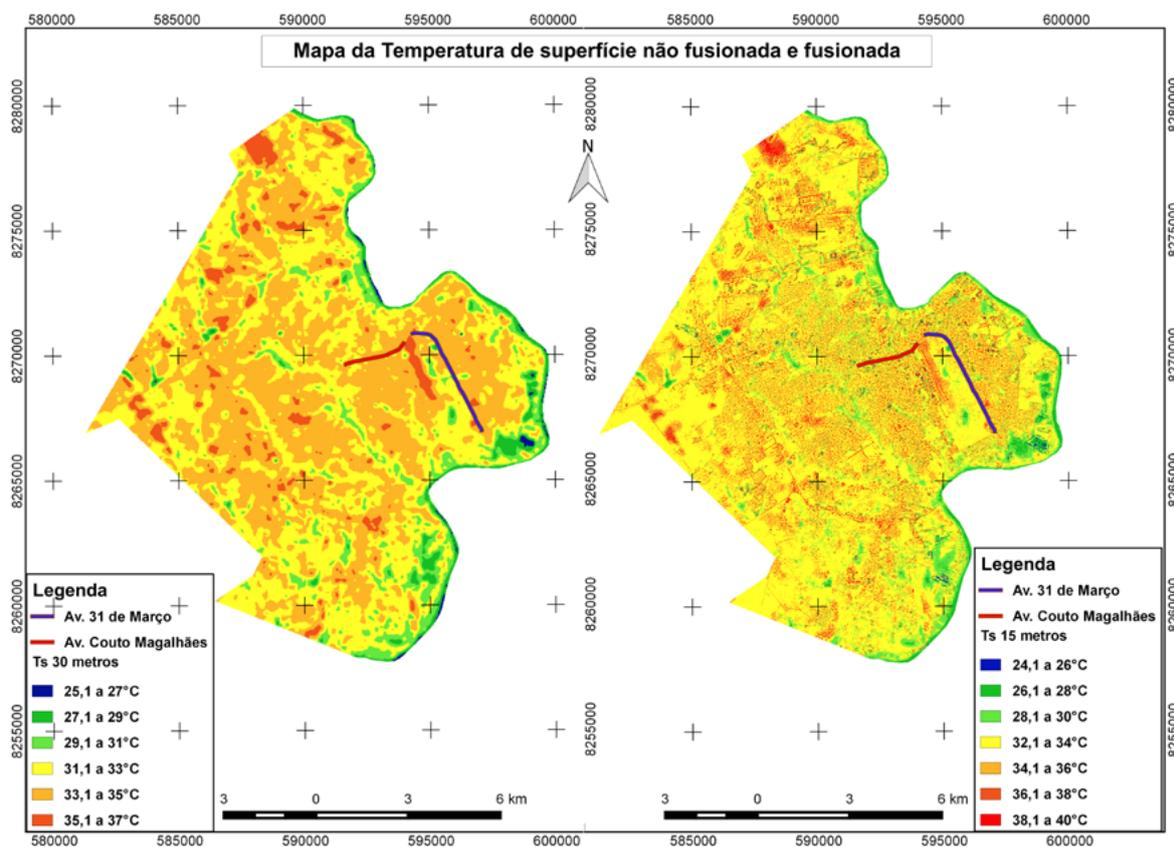


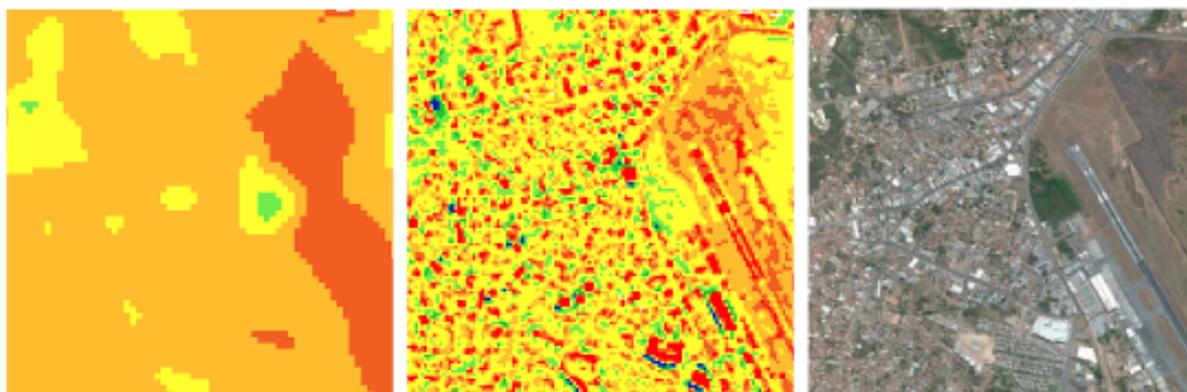
Figura 2. Mapa da temperatura de superfície com transectos do perfil de temperatura nas avenidas Couto Magalhães e 31 de Março, V. A) Banda 10 infravermelha termal não-fusionada (Ts 30 m). B) Banda 10 infravermelha termal fusionada (Ts 15 m).

A imagem com resolução de 30 metros (Ts 30 m), apresentou temperaturas que variaram de 25,1°C (Min) a 37°C (Max), enquanto que a imagem com resolução 15 metros (Ts 15 m), obteve temperatura mínima de 24,1°C e máxima de 40°C (Figura 2).

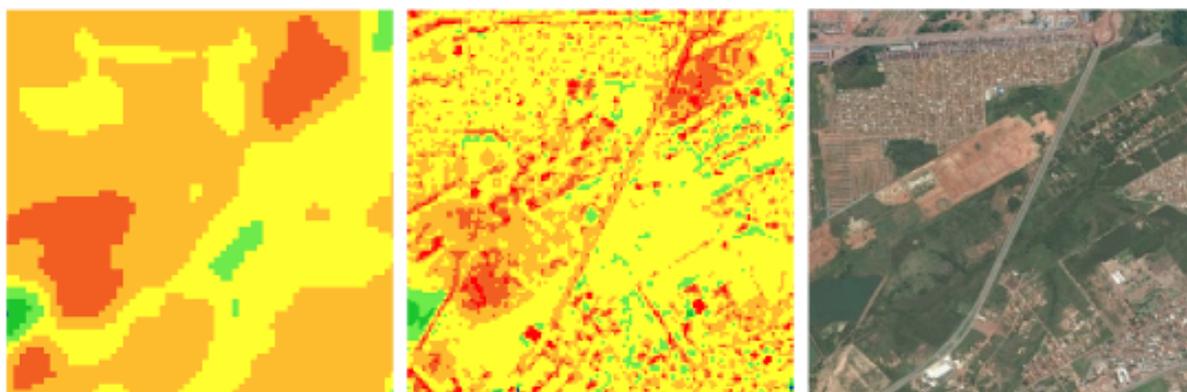
Verificou-se que após o processo de fusão pelo método “Gram-Shmidt” e reclassificação das imagens, houve um acréscimo de 3°C na temperatura. Este resultado indica que após o

processo de fusão, a detecção da temperatura tende a melhorar, devido a diferenciação de áreas com diferentes temperaturas.

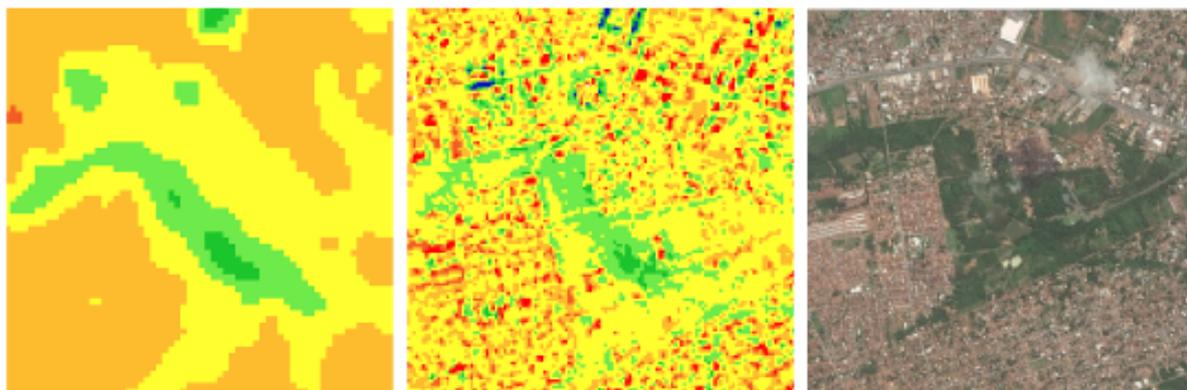
Apesar da imagem da banda TIRS 10 possuir o pixel de 100 metros e serem reamostradas para 30 metros para coincidir com bandas multiespectrais (OLI), com processo de fusão, é possível notar com maior clareza a variação na temperatura de superfície no aglomerado urbano e vias de acesso (**Figura 3 A, B e C**), solo exposto (**Figura 3 D, E e F**), corpos d'água e vegetação dentro do perímetro urbano (**Figura 3 G, H e I**). Segundo Soares et al. (2015), esta técnica de fusão representa melhorias na definição e nitidez da imagem, que corrobora na identificação de alvos em áreas antropizadas.



A. Aglomerado urbano (Ts 30 m) B. Aglomerado urbano (Ts 15m) C. Aglomerado urbano. (G. Earth)



D. Solo exposto (Ts 30 m) E. Solo exposto (Ts 15 m) F. Solo exposto (G. Earth)



G. Curso d'água (Ts 30 m) H. Curso d'água (Ts 15 m) I. Curso d'água (G. Earth)

Figura 3. Detalhes visuais dentro do perímetro urbano, antes e depois da imagem fusionada.

A técnica de fusão permitiu evidenciar e temperatura de superfície de objetos alvo distintos, como por exemplo: construções com telhado de zinco, amianto e barro, e vias de acesso com pavimentação asfáltica e de solo exposto e alvos naturais como vegetação e água. Ao analisar os dois transectos, (**Figura 4**) demarcados em duas vias de acesso com características distintas, fica claro que a temperatura de superfície variou de acordo com a resolução espacial da imagem, e que a T_s é mais elevada no transecto que corta a região central do município (Avenida Couto Magalhães), onde possui alto adensamento populacional, se comparado com o transecto que margeia a área do Aeroporto Internacional de Várzea Grande (**Figura 4**).

Os maiores picos de temperatura foram de 51°C , (Avenida Couto Magalhães) e $38,6^{\circ}\text{C}$ (Avenida 31 de Março), já as menores temperaturas foram de 24°C (Avenida Couto Magalhães) e $28,5^{\circ}\text{C}$ (Avenida 31 de Março). Esta variação entre transectos com características distintas é explicada por Shafri (2011), que afirma em áreas com grande adensamento construtivo os materiais influenciam na formação de ilhas de calor urbana, como por exemplo a telha metálica de zinco, aço ou alumínio e de forma geral estas apresentam alta reflectância, possibilitando o aumento da temperatura, já os materiais à base de cimento são difíceis de discriminar por apresentar espectros relativamente uniformes, que aumentam suas reflectâncias conforme aumenta o comprimento de onda, sendo segundo Bowker et al. (1985) um comportamento típico deste material em ambientes urbanos. Outro fator relevante identificado no Transecto localizado na avenida Couto Magalhães é a falta de vegetação, que por sua vez altera a partição dos fluxos de energia na superfície, reduzindo a evaporação do solo e o fluxo de calor latente e, conseqüentemente, aumentando o fluxo de calor no local (Peng et al 2012).

Já os alvos naturais como a vegetação (Transecto Av. 31 de março) mostram absorção associada à presença dos pigmentos foliares (p.ex. clorofila), que para Almeida et al. (2015) as áreas com a maior presença de vegetação, possuem valores elevados de NDVI, que favorecem a diminuição da T_s , em decorrência da baixa incidência de radiação solar que chega a superfície. A água também atua como fator de amenização da T_s , Santos (2009) ao observa o fluxo de calor no solo verificou valores menores nas áreas mais úmidas como corpos hídricos e alagados e maiores nas áreas urbanas e nas áreas desprovidas de vegetação, evidenciando que com a presença de água a temperatura aparente é menor, pois os corpos de água funcionam com estabilizadores térmicos, resfriando o ar durante o dia e irradiando calor durante a noite, diminuindo a amplitude térmica.

4. Considerações finais

A comparação entre as imagens, demonstrou que o uso da técnica de fusão realizada na banda 10 termal do Landsat 8, apresentam melhores resultados na resolução, devido à sua clareza de detalhes, que após o procedimento, passam a conter pixel de 15 metros, provenientes da banda 8 Pancromática, proporcionando um melhoramento na identificação de temperaturas elevadas em aglomerados urbanos e diferenciação de objetos da superfície terrestre. Este resultado mostra a importância desta técnica na integração de estudo relacionados a questões climáticas.

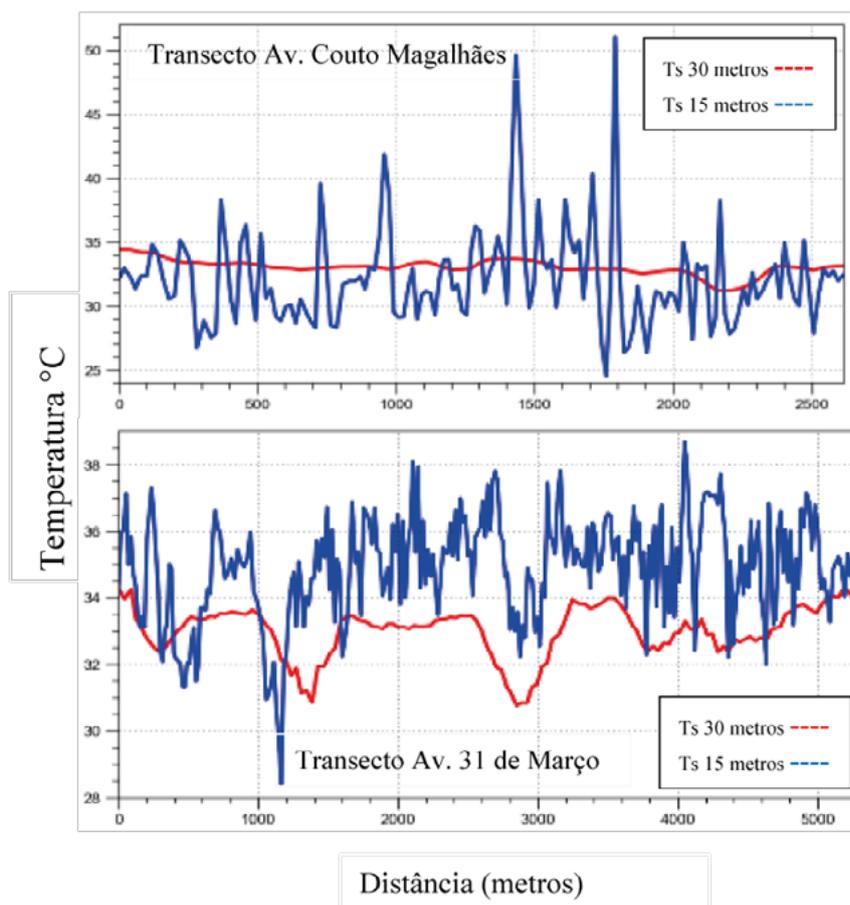


Figura 4. Variação na Ts em transectos com características distintas nas resoluções espaciais de 30 e 15 metros.

5. Referências

Almeida, A. J. P. de.; Junior, S, A, M, G.; Andrade, E, L.; Neto, J, V, L. **Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, p 2047, 2015.

Bowker, D. E.; Davis, R. E.; Myrick, D. L.; Stacy, K.; Jones, W. T. **Spectral Reflectances of Natural Targets for Use in Remote Sensing Studies Reference.** Publication 1139. National Aeronautics and Space Administration (NASA). Virginia, 1985.

Burrough, P.A; Mc Donnell, R. A. (1998) **Principles of geographic information systems.** Oxford. Oxford University Press. 285p.

Guimarães, E.; Manoel, P. S.; Trevelin, C. C. **Pantanal: paisagens, flora e fauna,** in: Freitas et al. Clima. 1 ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censos Demográficos 2015.** Acesso em: 29 de abril de 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510840&search=mato-grosso|varz+ea-grande>.

ITT. Visual Information Solutions. **ENVI User's Guide.** ENVI Version 4.7. Edição de Agosto de 2009.

Luchiari, A. **Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica.** Revista do Departamento de Geografia, USP, São Paulo, p 47-58, 2001.

Lima, D.; Pereira, G. K.; Ribeiro, S. R. A. **Comparação entre os métodos de fusão ihs, *principal Components e gram-schmidt* aplicados à imagem do Satélite landsat 8 sensor OLI.** Anais Semana de Geografia. Volume 1, Número 1. Ponta Grossa: UEPG, 2015.

Maitelli, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT.** São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994.

Moreira, E. B. M.; Nobrega, R. S. **Identificação do fenômeno ilhas de calor na área urbana do recife-pe, através do canal infravermelho termal do satélite landsat 5.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, INPE p.0769, 2011.

Nasarudin, N. E. M.; Shafri, H. Z. M.. **Development and utilization of urban spectral library for remote sensing of urban environment.** Journal of Urban and Environmental Engineering, v. 5, n. 1, 2011, pp. 44-56.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

Peng, S.; Piao, S.; Ciais, P.; Friedlingstein, P.; Oettle, C.; Bréon, F.M.; -, H.; Zhou, L.; Myneni, R.B. **Surface urban heat island across 419 Global Big Cities.** Environmental Science & Technology, v. 46, p. 696 – 703, 2012.

PCBAP - **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai,** 1997, v. 2

Santos, F. M. M. **Clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil: ocupação do solo e suas influências.** 2013.

Santos, T. V. **Fluxos de calor na superfície e evapotranspiração diária em áreas agrícolas e de vegetação nativa na bacia do Jacuí por meio de imagens orbitais.** 2009. 85p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

Soares, R. B.; Soares, C. B. S. S.; Costa, J. A. L.; Costa, S. S.; Soares, R. B. **Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI.** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 2015, INPE.

Steinke, V. A.; Steinke, E. T.; Saito, C. H. **Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF.** Revista Brasileira de Climatologia, ano 6, p. 37-56, 2010.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat Update.** Vol. 9 Issue 7, 2015. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/documents/about_LU_Vol_9_Issue_7.pdf. Acessado em: 11 de janeiro de 2016.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat Quality Assessment Band.** Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/qualityband.php>. Acessado em: 11 de janeiro de 2016.

Weng, Q. **Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.69. 2003.