

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE
INSTALAÇÃO DE TELHADOS VERDES NA CIDADE DE SANTA MARIA, RS**

**GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO THE EVALUATION OF GREEN ROOF
INSTALLATION SUITABILITY IN THE CITY OF SANTA MARIA, RS**

Aline Nogueira Palmeira, Rutinéia Tassi e Daniel Gustavo Allasia Picilli

RESUMO

Atualmente, são várias as evidências do aumento da temperatura nas cidades como resultado da impermeabilização e ocupação desordenada do solo, e das atividades humanas em geral. Com vista à mitigação das consequências causadas por este efeito térmico, a construção de “telhados verdes” e o aumento da vegetação no meio urbano são bastante indicados. As coberturas verdes, em geral, produzem significativas melhorias ao ambiente urbano, através de benefícios energéticos, ambientais e econômicos. Neste trabalho foi avaliado o potencial da cidade de Santa Maria, RS, para a instalação de telhados verdes, com base no estudo da temperatura de superfície, utilizando técnicas de geotecnologias. A metodologia aplicada contou com diferentes bandas de uma imagem Landsat, do município de Santa Maria, que foram utilizadas para a classificação do uso do solo e determinação da temperatura da superfície, empregando ferramentas de geoprocessamento. Os resultados permitiram identificar os percentuais de temperatura da superfície em relação aos diferentes usos, e indicar os melhores locais para a instalação de telhados verdes. Tal metodologia possibilita a aplicação em outros intervalos de datas e locais distintos, contribuindo na compreensão dos problemas e no auxílio de tomadas de decisões.

Palavras-chave: Telhados verdes, ilhas de calor urbanas, sistemas de informação geográfica.

ABSTRACT

Currently, there are several evidence of rising temperatures in cities as a result of waterproofing and disorderly land use, and human activities in general. In order to mitigate the consequences caused by this thermal effect, the construction of "green roofs" and increased vegetation are quite indicated. That's because they can improve the city environment through energy, environmental and economic benefits. This study evaluated the potential of the city of Santa Maria, RS, for the installation of green roofs, based on the surface temperature of the study, using geotechnology techniques. The methodology included different bands of a Landsat image, of the city of Santa Maria, which were used for the classification of land use and determination of surface temperatures, using geoprocessing tools. Also it was held the land use classification of the area for interpolation of data. Results enabled identify the surface temperature percentage in relation to different uses, and indicate the best places for the installation of green roofs. This methodology enables the application in other date ranges and different places, contributing to the understanding of the problems and aid decision making.

Keywords: Green roofs, urban heat islands, geographic information systems.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico em áreas urbanas é agravado, sobretudo, pela falta de planejamento, fato que compromete a qualidade ambiental das cidades. Acerca das consequências oriundas deste acontecimento, é mencionada a variação de temperatura entre as grandes cidades e áreas rurais que as cercam, tema de recentes estudos referentes à qualidade ambiental e sustentabilidade.

Segundo Coelho (2003), o processo de urbanização se apresenta como uma das formas espaciais concebidas pela sociedade humana que mais alteram o meio ambiente, principalmente pela falta de planejamento da ocupação. Além disso, no ambiente urbano há um elevado percentual de áreas cobertas por asfalto e concreto, superfícies que convertem e armazenam a radiação solar incidente em maior grau do que as áreas vegetadas.

Complementando, Monteiro e Mendonça (2011) afirmam que parte considerável desse processo de crescimento urbano ocorre com supressão das áreas verdes e substituição da superfície do solo por materiais não evaporativos e não porosos, como os citados anteriormente, resultando em um aumento geral da temperatura da paisagem.

Dentre os impactos resultantes da ocupação desordenada do solo em área urbana, pode-se citar a modificação das condições iniciais do clima por meio da alteração do balanço energético no sistema superfície-atmosfera, em escala mesoclimática. A alteração na cobertura natural do solo e o incremento de massa edificada, dentre outros fatores, criam um clima peculiar denominado “clima urbano” (BARBOSA e VECCHIA, 2009).

Conforme Oke e Voogt (2003), este clima urbano é caracterizado pelo aumento da temperatura, tanto superficial quanto do ar, em relação ao ambiente rural circunvizinho. O acréscimo nos índices de temperatura deve-se às condições particulares do meio urbano, seja por sua rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade e propriedades físicas dos materiais constituintes, entre outros fatores.

Para Barbosa e Vecchia (2009) o aquecimento elevado em algumas áreas da cidade, geralmente as áreas centrais, é abordado por alguns autores como sendo uma anomalia térmica, conhecida como “ilha de calor urbana”, assunto recorrente em diversos estudos nos dias atuais.

Em contrapartida, os espaços verdes podem minimizar os impactos dos problemas decorrentes do crescimento urbano, tendo um papel importante na moderação e regulação do clima urbano, diminuindo os efeitos da ilha de calor. As áreas verdes são referidas como contribuintes para uma melhoria não só das condições térmicas, mas também na redução da quantidade de poluentes, diminuição de gases de estufa como o CO₂, reduzindo os consumos energéticos dos edifícios bem como o escoamento superficial. Além disso, proporcionam diversos habitats que promovem o aumento da biodiversidade nos espaços urbanos (ALMEIDA, 2006; OLIVEIRA et al., 2008).

Entre as alternativas para a inserção de espaços vegetados nos centros urbanos, a implantação de telhados verdes tem apresentado inúmeras vantagens como mostram pesquisas nacionais e internacionais (MOREIRA e GALVINÍCIO, 2009; OKE e WOOGT, 2003; OLIVEIRA et. al, 2008; SILVA et. al, 2013; WENG e QUATTROCHI, 2003. Neste sentido, os telhados verdes se apresentam como uma possibilidade de substituir as áreas verdes perdidas pela construção dos edifícios e de todas as infraestruturas das áreas urbanas.

Segundo Ferraz (2012), os telhados vegetados trazem diversos benefícios para o lugar onde estão inseridos e para o seu entorno e uma delas é a redução da carga térmica no interior da edificação. Embora este tipo de cobertura ainda não seja adotado em larga escala no Brasil, alguns estudos sobre este assunto já foram realizados tanto em nosso país quanto no exterior e apresentaram resultados bastante animadores que justificariam, sem dúvida, o seu emprego.

Partindo-se do princípio que regiões definidas como ilhas de calor, são áreas potenciais para a instalação de telhados verdes, as ferramentas de geotecnologias são aliadas na identificação destas regiões.

Cada vez mais o geoprocessamento e sensoriamento remoto se destacam nos estudos de ordem ambiental com a crescente utilização de seus recursos na pesquisa científica. Os estudos de clima urbano são um exemplo de uso do sensoriamento remoto, o qual tem experimentado elevado desenvolvimento nas últimas décadas, principalmente na análise de anomalias térmicas como as ilhas de calor (BARBOSA e VECCHIA, 2009).

Silva et. al (2013) afirmam que a utilização de dados de sensoriamento remoto captados na região do infravermelho termal permite a realização de estudos do comportamento térmico das diferentes tipologias de cobertura do solo pelo fornecimento de informações relativas à temperatura aparente da superfície (Land Surface Temperature – LST), possibilitando assim a identificação de ilhas de calor.

Para Weng e Quattrochi (2003) o sensoriamento remoto é uma das ferramentas mais importantes e conhecidas atualmente para o estudo do comportamento térmico, pois além de oferecer visões em diferentes escalas, permite a extração de temperatura aparente da superfície, sendo possível a identificação dos elementos mais quentes na paisagem. A temperatura da superfície terrestre é um fator obtido através de técnicas de sensoriamento remoto, amplamente utilizada porque, além de importante nos monitoramentos de condições de vegetação e variabilidades bioclimáticas, fornece estimativas uniformes e dados contínuos de alta frequência espaço-temporal (SILVA et.al, 2013).

Em uma das técnicas de sensoriamento remoto, para o tratamento de imagens orbitais, é possível realizar a conversão dos dados coletados pelo satélite Landsat 8, banda 10 (infravermelho termal), em temperatura aparente de superfície, possibilitando um estudo quantitativo sobre o clima e a identificação de ilhas de calor (WENG e QUATTROCHI, 2003).

O satélite Landsat-8 é o mais recente de sua série. A sua passagem na linha do equador ocorre às 10 horas, com diferença de 15 minutos para mais ou para menos, com revisita a cada 16 dias. O tamanho aproximado da cena é de 170 km no sentido norte-sul por 183 km a leste-oeste (USGS, 2015).

A plataforma Landsat-8 opera com dois instrumentos imageadores, sendo o primeiro, Operational Land Imager (OLI), com nove bandas espectrais incluindo a banda pancromática. O outro sistema é o Thermal Infrared Sensor (TIRS) com duas bandas de pixel de 100 metros, processadas e disponibilizadas em 30 metros, para coincidir com a maioria das bandas multiespectrais do sistema imageador OLI (USGS, 2015).

Neste contexto, considerando a aplicação das geotecnologias em diversas áreas de estudo e a disponibilidade de material para o desenvolvimento de inúmeras pesquisas, o conhecimento acerca da temperatura de superfície pode ser amplificado. Ademais, é possível a proposição de soluções para a mitigação das consequências geradas pelo aumento dessa temperatura, dentre elas os telhados verdes tornam-se foco de correntes pesquisas.

1.1 OBJETIVOS

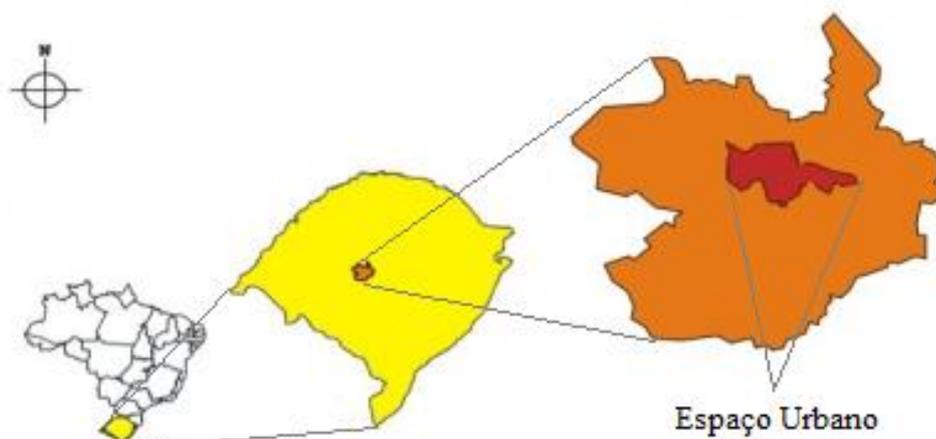
Este trabalho teve por objetivo principal avaliar a capacidade de instalação de telhados verdes no município de Santa Maria, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul tomando como base o estudo da temperatura de superfície, por meio do sensoriamento remoto termal, relacionado ao uso do solo.

De forma específica, objetivou-se identificar o comportamento térmico da superfície da cidade de Santa Maria na data de 05 de dezembro de 2014, e ainda analisar e dividir o uso do solo no município em classes, na mesma data.

2 METODOLOGIA

O objeto do presente estudo é a cidade de Santa Maria, que conta com uma área de aproximadamente 1.823 km², situada na região central do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 29°41'02" de Latitude Sul e 53° 48' 25" de Longitude Oeste, possuindo uma altitude média de 113 m em relação ao nível do mar (IBGE, 2014). Sua localização pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 – Localização do município de Santa Maria, no Brasil e no Estado do Rio Grande do sul, e o seu espaço urbano.



Fonte: Adaptado de Melara (2012).

Santa Maria apresenta características climáticas bem definidas com relação às quatro estações do ano. O município possui um clima subtropical, observando-se uma temperatura média anual em torno de 18,8°C, sendo os meses de dezembro a março os mais quentes com temperaturas superiores a 28°C. A cidade mantém um crescimento da urbanização acompanhando o aumento da sua população tendo, segundo o IBGE (2014), alcançado 274.838 habitantes.

Neste estudo foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8, referente à data de 05 de dezembro de 2014, às 17 horas e 58 minutos, órbita 223 e ponto 81. Optou-se por essa imagem pela alta qualidade apresentada entre as imagens disponíveis.

Mais precisamente, foram usadas a banda 10 do sensor Infravermelho Termal (TIRS), e ainda as bandas 2,3,4,5 e 6 do sensor Operational Land Imager (OLI), deste satélite.

O conjunto da imagem e bandas, foi obtido através do site do Geological Survey/Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), em formato Geotiff com projeção UTM e datum WGS1984. O ângulo de elevação do solar foi de 62,68258528. Para o processamento da imagem utilizou-se o software Arcmap10.3.

Resumidamente, foi realizada a reclassificação da imagem em faixas termiais indicando assim áreas que apresentaram maiores temperaturas aparentes de superfície. Essas áreas são identificadas, admitindo que as mesmas correspondem à regiões favoráveis à geração de ilhas de calor. Depois disso, foi feita uma classificação da cobertura do solo, a fim de relacioná-las com a temperatura da superfície. Para um melhor entendimento, as etapas do estudo estão descritas a seguir.

2.1 OBTENÇÃO DA TEMPERATURA APARENTE DA SUPERFÍCIE

A organização dos dados vetoriais teve início com a criação de um projeto no SIG e a adição dos Planos de Informações abrangendo o limite do município de Santa Maria - RS, devidamente georreferenciado.

Já a organização e tratamento dos dados raster iniciou-se com o georreferenciamento das imagens/bandas do Landsat-8, seguido do recorte da imagem infravermelha termal (banda 10) na área desejada e posteriormente do uso dos parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, e enfim para temperatura Kelvin, fundamentado nas Equações 1 e 2 disponibilizadas no Serviço Geológico Americano, e inseridas na calculadora raster do SIG.

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL \quad (1)$$

Sendo: $L\lambda$ é a radiância espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μm); ML é uma fator multiplicativo de redimensionamento, sendo o da banda 10 = 0,00033420; AL é o fator de redimensionamento aditivo específico, para a banda 10 = 0,10000; e Q_{cal} é o valor quantizado calibrado pelo pixel em ND = Imagem banda 10.

Após a transformação dos valores em radiância aplicou-se a Equação 2 com a finalidade de transformar os valores obtidos na primeira, em temperatura de valor em Kelvin:

$$T = K_2 / (\ln(K_1 / L\lambda + 1)) \quad (2)$$

Os elementos e valores da constante de calibração foram extraídos do metadados da imagem Landsat-8, banda 10. As variáveis são, respectivamente: T a temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K), a ser determinada; K₂ é a constante de calibração 2, para banda 10 (igual a 1321,08 K); K₁ é a constante de calibração 1, para banda 10 (774,89 K).

Após este procedimento, os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C), que foi posteriormente validado com o registro de temperatura do ar da estação meteorológica de Santa Maria.

2.2 CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DO USO DO SOLO

Utilizando diferentes combinações de bandas, associadas aos canais red, green e blue da imagem orbital foi feita uma classificação supervisionada do uso do solo. Para isso foram definidas cinco classes de cobertura do solo: (1) Água; (2) Área Urbana; (3) Floresta; (4) Solo Exposto; (5) Campo.

As classes de uso e cobertura da terra foram definidas com base nas emissividades dos seguintes materiais:

- (1) Água: compreendendo as águas superficiais do município;
- (2) Área Urbana: abrangendo áreas residenciais, industriais e institucionais;
- (3) Floresta: correspondendo a todas as áreas verdes, incluindo florestas plantadas e nativas, e ainda praças e parques;
- (4) Solo Exposto: regiões não vegetadas, abrangendo áreas urbanas e ainda agricultura em pousio, sem vegetação na data de passagem do satélite;
- (5) Campo: incluindo vegetação rasteira.

Neste processo foram localizados exemplos representativos de cada tipo de cobertura do solo, onde foram adquiridas amostras de treinamento para, com o algoritmo de classificação Supervisionada Máxima Verossimilhança (MAX-VER) classificar todo o local de estudo.

2.3 INTERPOLAÇÃO DOS RESULTADOS DE USO DO SOLO E TEMPERATURA APARENTE DA SUPERFÍCIE

Após a obtenção das imagens com informações de uso de solo e a geração da imagem da banda termal com dados de temperatura aparente da superfície (LST), realizou-se a interpolação das mesmas com a finalidade de analisar o comportamento térmico para cada área considerando a cobertura do solo.

Para isso, foi efetuada a sobreposição das imagens classificadas, considerando um a um os cinco tipos de uso do solo classificados conforme descrição feita na etapa anterior.

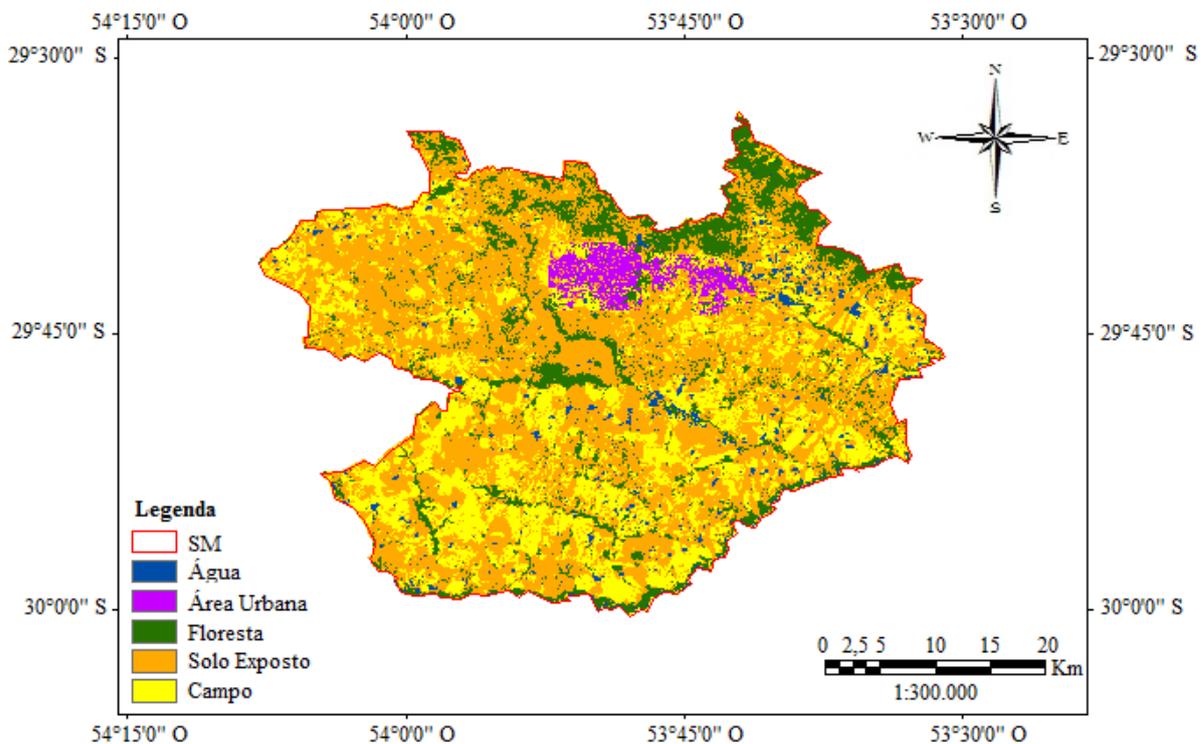
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como primeiro resultado, a Figura 2 apresenta o mapa das classes de uso do solo, para o município de Santa Maria, RS.

No que se percebe, há o predomínio das classes Campo e Solo Exposto, observado por todo o território do município, abrangendo 40,48% e 29,08% da superfície, respectivamente. A classe Floresta ocupa 18,23% da extensão, presente principalmente ao norte e também na região central, e por fim Área Urbana, com 10,63% e Água com somente 1,58% de ocupação.

Estes percentuais vão de acordo com o esperado, visto que o município possui uma grande extensão, e que sobre o aspecto funcional da cidade, a economia gira em torno do setor agropecuário, além do serviço público.

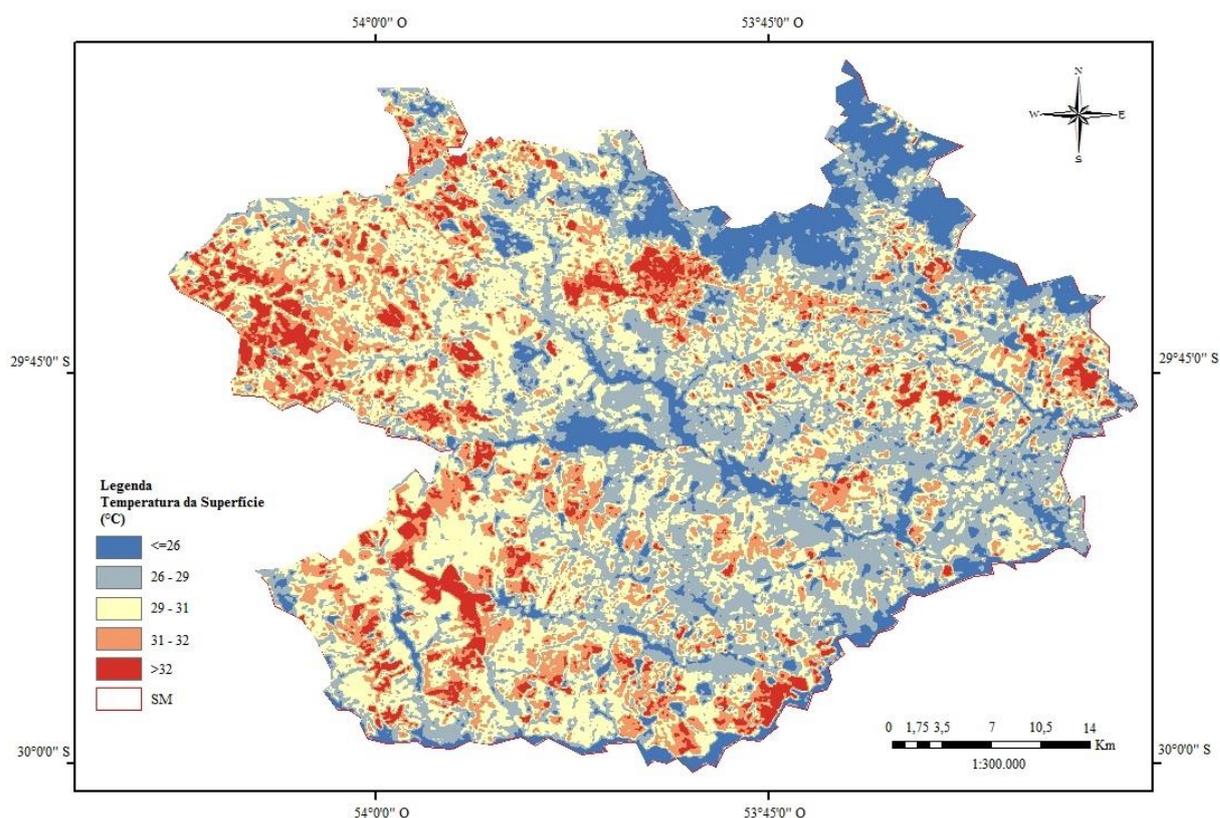
Figura 2 – Mapa de cobertura do solo no município de Santa Maria, em 05/dez/2014.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação às classes termais, a Figura 3 mostra o mapa de temperaturas de superfície do satélite Landsat-8 do município de Santa Maria (RS) em 05/12/2014 e o horário central 17:50 hs, registrando temperatura mínima de 22,9 °C, máxima de 40,8 °C, e amplitude de 17,9 °C.

Figura 3 – Mapa da Temperatura da Superfície do Município de Santa Maria, em 05/dez/2014.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A elevada amplitude térmica observada está diretamente relacionada à resposta da radiação dos materiais constituintes do terreno e aos diversos usos aos quais o território é destinado.

Nesta data, conforme dados do INMET, referentes à estação climatológica instalada na Universidade Federal de Santa Maria, as condições meteorológicas foram de 16,8°C à 30,8°C para a temperatura do ar, sem registro de precipitação. Às 18 horas no dia da passagem do satélite registrou-se 30,6°C, forte insolação (12,1 horas) e ausência de registro de nuvens no decorrer do dia, ou seja, condições que favorecem a emissividade dos materiais.

Ao realizar a parametrização da temperatura média do ar (T_a) registrada pela estação meteorológica convencional, com o pixel de temperatura da superfície (T_s) registrada pelo sensor na localização da respectiva estação foi observado um gradiente térmico ($T_s - T_a$) de 6,1°C para a temperatura mínima, e 10°C para a máxima.

Weng e Quattrochi (2003), salientam que a temperatura média de superfície (T_s) apresenta, normalmente, valores mais elevados em relação a temperatura média do ar (T_a) o que já era esperado. Na prática essa diferença não interfere nos resultados, uma vez que a temperatura quantificada pelo satélite é a temperatura radiante da superfície como um todo.

A Tabela 1, observada a seguir, apresenta a relação entre as classes de uso e os intervalos de temperatura da superfície determinados.

Tabela 1- Porcentagem da área de cada classe de uso em relação aos intervalos de temperatura da superfície, no município de Santa Maria, RS.

Uso do Solo	Total (Km ²)	Intervalos de Temperatura (°C)				
		<=26	26-28	28-30	30-32	>32
Água	28,84	40,15%	37,27%	10,26%	6,38%	5,93%
Área Urbana	193,70	1,34%	1,56%	3,68%	17,30%	76,12%
Floresta	332,30	31,65%	38,32%	28,72%	0,70%	0,61%
Solo Exposto	530,24	0,39%	0,48%	18,63%	52,60%	27,89%
Campo	737,93	0,46%	10,93%	47,27%	36,09%	5,24%

Fonte: Elaborada pelos autores.

A amplitude mencionada, de 17°C, no momento da passagem do satélite, foi observada na diferença entre a temperatura da superfície da água, 22,9°C e aquela registrada nas áreas construídas, que foi de 40,8°C.

A classe de uso referente à água apresentou os menores valores de temperatura. E quando relacionada à temperaturas mais elevadas, observou-se que se tratavam de áreas alusivas às margens de rios ou barragens.

Com relação à classe Floresta, 38,32% da sua área total está incluída no intervalo de temperatura de 26 - 28°C. Essa classe de uso apresentou as temperaturas mais baixas em comparação aos demais usos, exceto água. Lado a lado com a classe solo exposto por exemplo, a diferença entre as temperaturas observadas chegou a 8°C. Este comportamento está de acordo com o esperado, em virtude de a vegetação apresentar propriedades físicas e biológicas que interceptam a radiação solar, bloqueando, refletindo ou filtrando os raios solares.

Contextualizando, segundo Robinette (1972) há uma diferença de 3°C a 4°C entre uma área sob um grupo de árvores e uma área sem vegetação, totalmente aberta à radiação solar.

A Área Urbana teve quase sua totalidade (76,12%) incluída no intervalo de temperatura superior a 32°C. Esta classe apresenta o solo bastante impermeabilizado, e assim se destaca apresentando as maiores temperaturas.

Esse fato se deve às propriedades físicas, dos principais materiais constituintes do ambiente urbano, como asfalto e concreto, que faz com que o calor que é irradiado não seja refletido e fique concentrado na superfície, resultando em áreas de pico térmico (MOREIRA e GALVÍNCIO, 2009).

Outra classe que chamou a atenção foi o Solo Exposto com 146,26 km² (27,89% da área total) estando no intervalo de temperaturas superiores a 32°C, e a sua maior parte, 264,72 km² (52,60%) no intervalo de 30°C a 32°C. Esta grande extensão da área, classificada como solo exposto pode apresentar um comportamento diferente quanto à temperatura, dependendo da época do ano. Isso se deve ao fato de que esta classe pode apresentar áreas de plantio, em que na data da imagem estava em pousio, ou recém plantio ou colheita, devendo ser verificada a cultura em questão.

Por fim, a classe Campo apresentou quase sua totalidade nos intervalos de temperatura entre 28°C a 30°C e 30°C a 32°C, observando-se 47,27% e 36,09% do total da área desta classe, respectivamente. Estes índices de temperatura são elevados, mas considerados tolerantes, pois se trata de uma classe onde a vegetação é constituída geralmente por gramíneas e outras espécies que normalmente se apresentam de forma rasteira e esparsa. Aliado a isso, vale ressaltar que a

data da imagem refere-se a um período de transição, que antecede o verão, assim sendo uma época normalmente quente do ano.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos evidenciam a eficiência do sensoriamento remoto termal por meio de análise da banda termal 10 do satélite Landsat 8, sensor TIRS como ferramenta de diagnóstico na identificação elevados gradientes de temperatura, mostrando-se eficaz quanto à espacialização dessas anomalias na superfície terrestre.

As informações extraídas pela aplicação da metodologia utilizada mostra que a região urbana do município de Santa Maria, assim como aquelas não vegetadas, apresentaram intensa emitância termal, resultando em temperaturas de superfície e amplitudes elevadas. Constatou-se também, a influência e a importância da cobertura vegetal na amenização da temperatura, a exemplo das regiões florestadas ao longo de corpos hídricos.

Diante dos resultados apresentados pode-se verificar que áreas vegetadas atenuam os gradientes de temperatura da superfície, e que grande parte da área urbana do município de Santa Maria, predispõe de áreas construídas, e sem cobertura verde. Em vista disso a instalação de telhados verdes nas edificações presentes no centro urbano do município é uma ferramenta para promover um ganho na qualidade de conforto térmico na cidade, tornando-a mais sustentável sob esse aspecto.

Como diretrizes sugere-se então a elaboração de um plano de implantação de telhados verdes nos locais onde foram detectadas as taxas de temperatura mais elevadas, de forma a amenizar as condições térmicas. Ou ainda, cobertura verde nas áreas de solo exposto, as quais não sejam destinadas a produção agrícola.

Por fim, as informações de temperatura da superfície adquirida através de técnicas de sensoriamento remoto com o uso do canal infravermelho termal do TIRS/Landsat-8, mostraram-se satisfatórias sob o aspecto da utilização de geotecnologias em ambientes distintos, contribuindo na identificação, espacialização e na compreensão dos problemas, podendo ser aplicada em outros intervalos de datas e locais, e permitindo outros estudos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. **O valor das árvores** - Árvores e Floresta Urbana de Lisboa. Tese (Doutorado em Arquitetura Paisagista). Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, 2006.

BARBOSA, R.V.R.; VECCHIA, F.A.S. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: Estudo de caso em São Carlos (SP). **Revista Minerva – Pesquisa e Tecnologia**, São Carlos, v. 6. n. 3. 2009.

COELHO, A. L. N. **O histórico da ocupação e impactos socioambientais no eixo norte da RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte) em áreas do município de Ribeirão das Neves - MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003.

FERRAZ, I.L. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Cidades**: Santa Maria - RS. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 3 mai. 2016.

- MELARA, E. A espacialização da violência criminal na cidade de Santa Maria, RS. **Confins** [On line]. 2012. Disponível em: <<http://confins.revues.org/7477>> Acesso em: 3 mai. 2016.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**, 2. ed. São Paulo: Contexto, 2011. 192 p.
- MOREIRA, E. B. M.; GALVINÍNCIO, J. D. Análise multitemporal da ilha de calor urbana na cidade de Recife, através de imagens do Landsat TM-5. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p.1441 – 1448.
- OKE, T.R., VOOGT, J.A. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing Environment**, v.86, p. 370-384, 2003.
- OLIVEIRA, S.; ANDRADE, H.; ALCOFORADO, M.; VAZ, T. O contributo potencial dos espaços verdes para a adaptação às alterações climáticas nas cidades: O exemplo de dois jardins de Lisboa. In: 1º CONGRESSO NACIONAL SOBRE AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, 2008. [Pôster apresentado] Aveiro : Universidade de Aveiro. 2008.
- ROBINETTE, G. O. **Plants and their environmental functions**. Washington, DC: Department of the Interior, National Park Service, 1972. 141 p.
- SILVA, P.P.L, MACHADO, C.C.C, SILVA, B.B. da, GALVÍNCIO, J.D. Análise espaço-temporal do IVAS e da temperatura as superfície no município de Serra Talhada – PE. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p.6869-6876.
- USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2014). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 05/12/2014 EUA. Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov>>. Acesso em: 3 mai. 2016.
- WENG, Q.; QUATTROCHI, D.A. Thermal remote sensing of urban areas: Na introduction to the special issue. **Remote Sensing of Environment**. v.2 p.104–122. 2003.