

# CARACTERIZAÇÃO DA EMISSIVIDADE DE SUPERFÍCIE DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE-RS A PARTIR DO USO E COBERTURA DA TERRA

Eduardo André Kaiser<sup>1</sup>, Atilio Efrain Bica Grondona<sup>2</sup>, Bijeesh Kozhikkodan Veetil<sup>3</sup>, Pâmela Suélen Käfer<sup>1</sup>, María Luján Iglesias<sup>1</sup>, Lucas Ribeiro Diaz<sup>1</sup>, Suzianny Salazar da Silva<sup>1</sup>, Nájila Souza da Rocha<sup>1</sup> e Silvia Beatriz Alves Rolim<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, kaiser-eduardo@hotmail.com, <sup>2</sup> Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS) - Programa de graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, Brasil, <sup>3</sup> Department for Management of Science and Technology Development, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Vietnam e <sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, silvia.rolim@ufrgs.br

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar a distribuição da emissividade do município de Porto Alegre, RS, a partir do seu uso e cobertura da terra. Para isso foram calculados o NDVI médio de acordo com o uso e cobertura da terra a partir de imagens do sensor TM-Landsat e emissividade média das bandas 13 e 14 do sensor Aster-Terra, e relacionadas com as médias de NDVI. Finalmente, os resultados foram comparados com estudos já realizados sobre a referente temática. Os intervalos de NDVI e respectivas emissividades médias caracterizam distinção daqueles definidos por modelos amplamente utilizados pela comunidade científica. Ademais, os resultados permitiram verificar que a relação entre emissividade e NDVI não apresenta uma equação logarítmica conforme abordado por estudos anteriores. O presente estudo conduziu apontamentos prévios que servirão para definição de um modelo matemático onde valores de emissividade são obtidos a partir do NDVI.

**Palavras-chave** – Sensor TM, NDVI, Sensor Aster, Emissividade.

## ABSTRACT

*The present study aims to analyze the emissivity distribution of the city of Porto Alegre, RS, from its use and land cover. For this purpose, the average NDVI was calculated according to the land use and coverage from the TM-Landsat sensor images and the mean emissivity of the Aster-Terra sensor bands 13 and 14, and related to the NDVI averages. Finally, the results were compared with studies already done on the thematic referent. The NDVI intervals and their average emissivity are distinguished from those defined by models widely used by the scientific community. In addition, the results allowed to verify that the relation between emissivity and NDVI does not present a logarithmic equation as approached by previous studies. The present study led to previous notes that will serve to define a mathematical model where emissivity values are obtained from NDVI.*

**Key words** – TM Sensor, NDVI, Aster Sensor, Emissivity.

## 1. INTRODUÇÃO

Após a segunda metade do século XX observou-se o crescimento expressivo das áreas urbanas no Brasil. As cidades passaram a substituir espaços cobertos com vegetação nativa por edificações, asfalto e concreto. Como consequência, tem-se a alteração da emissividade e assim da temperatura superficial ocasionando alterações no equilíbrio e distribuição da energia [1].

Devido a distribuição morfológica das cidades, caracterizada por um mosaico de diferentes usos cobertura da terra (áreas construídas, áreas de solo exposto ou vegetadas), verificam-se distintas formas de interação da energia emitida pela superfície com as variáveis meteorológicas (temperatura, umidade do ar, radiação, pressão, vento, evaporação, insolação e precipitação) [2]. Desta forma a absorção, transmissão e reflexão da radiação incidente são alterados conforme o uso e cobertura da terra.

O solo, vegetação e a própria paisagem, no que se refere ao sistema hidrológico, terrestre e atmosférico podem ter suas características modificadas de acordo com o fluxo de radiação. Áreas onde predominam coberturas vegetais apresentam menor fluxo de calor em superfície quando comparadas a áreas de solo exposto [3].

A utilização das técnicas de sensoriamento remoto permite a caracterização da superfície em alta resolução espacial, possibilita a utilização de dados espectrais localizados na região do infravermelho termal. Segundo [4], a partir desses dados e execução da correção dos efeitos atmosféricos e de superfície (emissividade) podem ser obtidos os valores de temperatura de superfície.

Para [5] a temperatura de superfície do Infravermelho Termal caracteriza uma função da emissividade, definida pela razão entre a radiação emitida a uma dada temperatura e a radiação emitida por um corpo negro a mesma temperatura. Segundo o autor, a influência do teor de água na emissividade das superfícies naturais explica-se pela alta absorção da água na região térmica dos sensores.

Desta forma, [6] desenvolveram um método empírico para estimar a emissividade da superfície a partir de valores obtidos através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em distintos continentes, como África, Europa e América do Sul. Posteriormente [7] desempenharam uma análise estatística sobre os dados de emissividade e NDVI onde foram estimados intervalos do índice de vegetação e respectivos valores de emissividade.

Tais intervalos são amplamente utilizados na atualidade em diversos estudos ([8], [9]).

Partindo desse pressuposto, o presente estudo tem como objetivo analisar a distribuição da emissividade de superfície do município de Porto Alegre, RS, a partir do seu uso e cobertura da terra.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo do presente trabalho compreende o limite territorial do município de Porto Alegre, localizado estado do Rio Grande do Sul, Brasil, conforme exposto na Figura 1. Tal limite abrange uma área de 47.630 hectares e está inserido nas unidades geomorfológicas do Escudo Rio-grandense e da Depressão Central, além de sofrer influência da Planície Costeira [10].

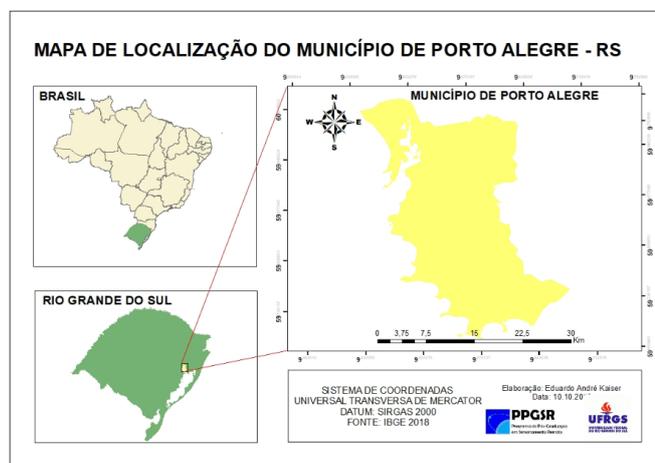


Figura 1: Localização do município de Porto Alegre, Rio grande do sul, Brasil.

O clima de Porto Alegre de acordo com a classificação de Koeppen, corresponde ao subtipo "cfa", cuja temperatura média anual resulta em 19,5 °C e precipitação pluviométrica de 1300 mm anuais [11].

Os procedimentos metodológicos desempenharam basicamente quatro etapas: 1. Classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5; 2. Aquisição das medidas de emissividade do sensor ASTER do satélite Terra; 3. Determinação do NDVI por classe de uso e cobertura da terra e; 4. Definição dos intervalos de NDVI por uso e cobertura da terra e emissividade correspondente.

Para classificação do uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens do sensor TM- Landsat 5 referentes a três datas do ano de 2007: 02 de janeiro, 23 de março e 01 de outubro. O software utilizado compreendeu a versão 5.3 do Environment for Visualizing Images (ENVI), onde executou-se a classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança. As classes de uso e cobertura da terra utilizadas compreenderam aquelas determinadas pelo Manual Técnico de Uso da Terra [12].

A aquisição das medidas de emissividade desempenhou a obtenção de imagens do sensor ASTER-Terra, produto AST05v003-Emissividade de Superfície, 90m de resolução espacial, nos dias 14 de agosto e 22 de abril de 2006. Para

o presente estudo foram utilizadas as bandas 13 e 14 do sensor, devido a correspondência das faixas de comprimento de onda com o sensor TM. O critério para seleção das imagens obedeceu a ausência de nuvens e proximidade as datas de obtenção das imagens TM.

Uma vez determinadas as classes de uso e cobertura da terra conforme descrito anteriormente, se calculou o NDVI sobre as mesmas imagens. Novamente no software ENVI a partir da ferramenta "NDVI" foram obtidos valores entre -1 e +1 das classes para cada pixel. Para o cálculo do índice, a ferramenta considera a Equação 1.

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R) \quad (1)$$

onde NIR corresponde a banda do Infravermelho Próximo e R a banda do vermelho.

A relação entre o uso e cobertura da terra e as distintas emissividades da superfície foi observada a partir do NDVI. Para isso se calculou o NDVI médio por pixel a partir das três imagens anteriormente citadas e o agrupamento desses pixels de acordo com a classe de uso e cobertura da terra. Posteriormente em ambiente MATrix LABoratory (MATLAB) lado a lado, os valores de NDVI médio e emissividade para cada uso e cobertura da terra foram extraídos para o software Excel no intuito de efetuar a determinação dos intervalos.

Na sequência, com a finalidade de obter os intervalos de NDVI e os valores de emissividade correspondentes desempenhou-se a filtragem dos dados no que diz respeito a remoção de outliers. Para isso, primeiramente considerou-se um intervalo de confiança de 95% sobre as emissividades médias. Posteriormente executou-se o mesmo procedimento sobre os valores de NDVI.

Finalmente, comparou-se os resultados obtidos com estudos já realizados em diferentes áreas da superfície terrestre. Para isso foram observados os trabalhos de [5], [6] e [7].

## 3. RESULTADOS

Diante a classificação das imagens de satélite e desempenho do NDVI sobre as classes de uso e cobertura da terra, tornou-se possível a associação dos valores de emissividade a intervalos específicos conforme o índice de vegetação. Na Figura 1 estão expostos os intervalos de NDVI e emissividade para cada uma das classes de uso e cobertura da terra.

Conforme os gráficos da Figura 2 verifica-se a predominância das áreas classificadas como Área Urbanizada, Campestre e Florestal no município de Porto Alegre. Tal resultado esteve atribuído respectivamente a crescente expansão da mancha urbana municipal demonstrado por [13], localização no bioma Pampa (vegetação campestre) [14] e vegetação arbórea oriundas das Áreas de Formação Pioneira (vegetação com influência fluvial e/ou lacustre) e das áreas de Floresta Estacional Semidecidual [15].

Ademais, uma análise sobre a disposição da relação existente entre as variáveis definidas no presente trabalho medida na classe de Corpo d' água, permite distinguir basicamente dois agrupamentos definidos a partir dos

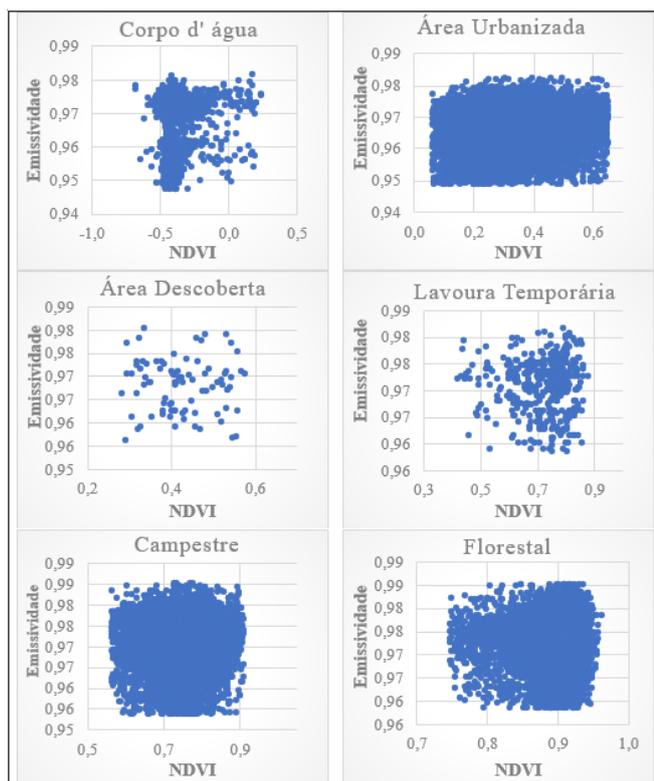


Figura 2: Dispersão dos valores de NDVI e emissividade média calculados para as classes de uso e cobertura da terra.

seus valores de emissividade (Figura 2). Esta distinção provavelmente esteve associada a variação da presença de material suspenso no corpo hídrico da área de estudo, visto que esta comportava tanto ambientes aquáticos lânticos como lóticos.

Na Tabela 1 estão representados os intervalos de NDVI e os valores de emissividade média correspondentes. Cabe ressaltar a sobreposição de intervalos referentes as medidas de NDVI principalmente entre as classes de Área Urbanizada, Área Descoberta, Lavoura Temporária e Campestre. Deste modo justifica-se a composição de um estudo primário sobre o comportamento da emissividade em relação aos intervalos de NDVI realizado no presente trabalho, mas que apresenta intervalos distintos daqueles encontrados por [5], [7] e [6]. Além disso, a relação encontrada conforme exposto na Tabela 1 e Figura 2 não representa uma equação logarítmica conforme verificado pelos autores anteriormente citados.

Classe	Intervalo NDVI	NDVI - Média	NDVI-Desvio Padrão	Emissividade - Média	Emissividade-Desvio Padrão
Corpo d' Água	-0,675 0,240	-0,351	0,256	0,966	0,016
Área Urbanizada	0,064 0,653	0,343	0,244	0,966	0,012
Área Descoberta	0,286 0,579	0,428	0,080	0,968	0,006
Lavoura Temporária	0,424 0,878	0,723	0,184	0,971	0,010
Campestre	0,517 0,863	0,698	0,135	0,970	0,012
Florestal	0,699 0,912	0,845	0,073	0,973	0,010

Tabela 1: Intervalos de NDVI calculados e respectivas médias de emissividade para os distintos usos e coberturas da terra.

Uma vez correlacionadas as médias de NDVI e emissividade para as respectivas classes de uso e cobertura da terra verificou-se o coeficiente de determinação igual a

0,68 (Figura 2).

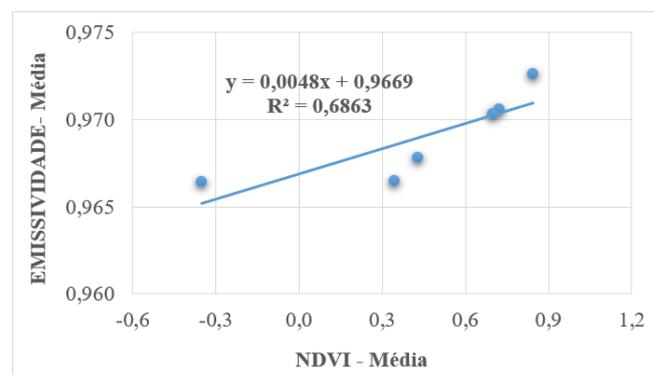


Figura 3: Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) existente entre os valores de NDVI médio e Emissividade média para as classes de uso e cobertura da terra.

#### 4. DISCUSSÃO

Frente a aplicação da metodologia disposta anteriormente, os resultados do presente estudo apontam para um comportamento específico da emissividade para o município de Porto Alegre.

O modelo determinado por autores como [6] e [7], amplamente utilizado na comunidade científica, apresenta intervalos de NDVI e respectivas emissividades distintos dos encontrados no presente estudo. Provavelmente a influência de variáveis climáticas e/ou geomorfológicas determinou uma relação distinta entre NDVI e emissividade para o município de Porto Alegre quando comparada àquela empregada pelos autores.

Frente aos valores calculados a partir do índice de vegetação e as médias de emissividade verifica-se a tendência de aumento nos valores desta conforme ocorre o incremento de verdor na superfície determinados pelo NDVI. Desta forma o uso e cobertura da terra que apresentou menor emissividade compreendeu os ambientes aquáticos, enquanto a maior emissividade esteve associada a vegetação arbórea.

#### 5. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados no presente estudo referentes aos intervalos de NDVI e seus respectivos valores de emissividade média não obedecem àqueles definidos a partir do modelo teórico proposto pelos autores anteriormente citados. Ou seja, a relação entre emissividade e NDVI para o município de Porto Alegre caracteriza distinção quando comparada àquela da região do Botsuana.

Diante a comparação realizada sobre estudos da relação entre NDVI e emissividade da superfície, cabe ressaltar a principal conclusão também descrita por [5]. Os autores apontam a restrição do modelo para especificamente a área de estudo onde será aplicado, visto que existem mudanças no comportamento da emissividade em função de cada área, como a distribuição e estrutura da vegetação na superfície.

Ademais, o presente estudo conduziu apontamentos prévios que servirão para definição de um modelo matemático onde valores de emissividade são obtidos a partir do NDVI.

Uma vez que o índice de vegetação pode ser determinado através da utilização do sensoriamento remoto por satélite, a relação existente entre as bandas do infravermelho próximo e visível pode oferecer a possibilidade de estimar a emissividade para cada pixel da imagem obtida pelo sensor.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] PEREIRA C. C.; FÁTIMA MARIANO, Z. W. F. C. J. B. P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia barra dos coqueiros (goiás). *Revista Geonorte*, v.3, p. 1243–1255, 2016.
- [2] DUARTE D. H. S.; SERRA, G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: Correlações e proposta de um indicador. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, v.3, p. 7–20, 2003.
- [3] OLIVEIRA A. S.; NOGUEIRA, M. C. D. J. A. S. L. N. J. Variáveis meteorológicas e cobertura vegetal de espécies arbóreas em praças urbanas em cuiabá, brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.28, 2013.
- [4] COSTA D. F.; SILVA, H. R. P. L. F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de ilha solteira-sp através da utilização de geotecnologias. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.30, p. 974–985, 2010.
- [5] GRIEND A. A.; OWE, M. V. D. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of remote sensing*, v.14, p. 1119–1131, 1993.
- [6] VALOR E.; CASELLES, V. Mapping land surface emissivity from ndvi: Application to european, african, and south american areas. *Remote Sensing of Environment*, v.57, p. 167–184, 1996.
- [7] ZHANG JINQU; WANG, Y. L. Y. A c++ program for retrieving land surface temperature from the data of landsat tm/etm+ band6. *Computers geosciences*, v.32, p. 1796–1805, 2006.
- [8] GRONDONA A.E.B.; VEETIL, B. R. S. Urban heat island development during the last two decades in porto alegre, brazil, and its monitoring. *Proceedings of the joint urban remote sensing event (JURSE)*, p. 61–64, 2013.
- [9] SOBRINO J. A., R. N. . L. Z. L. A comparative study of land surface emissivity retrieval from noaa data. *Remote Sensing of Environment*, v.75, p. pp.256266, 2001.
- [10] VIEIRA, E. Rio grande do sul: geografia física e vegetação. *Porto Alegre: Sagra*, p. 256, 1984.
- [11] FERRARO L.W., H. H. Avaliação das variáveis climáticas de superfície do baixo jacuí, rs. *Porto Alegre: UFRGS/Centro de Ecologia- (Progress Report, 6)*, p. 47, 1995.
- [12] INSTITUTO de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. v. 3ª ed, p. 171, 2013.
- [13] DIAS, T. S. A expansão da ocupação urbana sobre o relevo do município de porto alegre–rs. *Trabalho de Conclusão de Graduação*, 2011.
- [14] HASENACK H.; CORDEIRO, J. Mapeamento da cobertura vegetal do bioma pampa. (*Relatório técnico Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas no âmbito do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros*), 2006.
- [15] PROJETO Levantamento e Classificação do Uso da Terra. Uso da Terra no Estado do Rio Grande do Sul. ( *Relatório técnico*, 2010.