

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
CURSO TÉCNICO EM GEOPROCESSAMENTO**

**ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DA
SUPERFÍCIE TERRESTRE UTILIZANDO DADOS DO
SENSOR MODIS, PRODUTO MOD11A2 E
COMPARAÇÃO COM DADOS DE ESTAÇÃO
METEOROLÓGICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Vanessa Ferreira

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

**ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE
TERRESTRE UTILIZANDO DADOS DO SENSOR MODIS,
PRODUTO MOD11A2 E COMPARAÇÃO COM DADOS DE
ESTAÇÃO METEOROLÓGICA**

por

Vanessa Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Geoprocessamento, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Técnico em Geoprocessamento.**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Liane de Souza Weber

Santa Maria, RS, Brasil

2011

**Universidade Federal de Santa Maria
Colégio Politécnico da UFSM
Curso Técnico em Geoprocessamento**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de
Conclusão de Curso

**ANÁLISE DA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE
TERRESTRE PELO SENSOR MODIS, PRODUTO MOD11A2 E
COMPARAÇÃO COM DADOS DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA**

elaborada por
Vanessa Ferreira

como requisito parcial para obtenção do título de
Técnico em Geoprocessamento

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Liane de Souza Weber
(Presidente/Orientadora)

Prof. Dr. Elódio Sebem

Prof. Dr. Manoel de Araújo Sousa Júnior

Santa Maria, 31 de outubro de 2011.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Técnico em Geoprocessamento
Universidade Federal de Santa Maria

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE UTILIZANDO DADOS DO SENSOR MODIS, PRODUTO MOD11A2 E COMPARAÇÃO COM DADOS DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA

Autor: Vanessa Ferreira
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Liane de Souza Weber
Data: Santa Maria, 2 de dezembro de 2011.

O estudo da temperatura da superfície terrestre por meio do sensoriamento remoto tem se tornado uma alternativa viável, através da estimativa da temperatura via satélite, utilizando-se de sensores nas bandas do infravermelho termal. Este trabalho tem como objetivo verificar a correlação entre valores de temperatura obtidos a partir do sensor MODIS, produto MOD11A2 e dados de temperatura do ar da estação meteorológica automática de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, no período correspondente aos verões de 2005 e 2007. Pode-se verificar que a temperatura da superfície estimada pelo sensor apresenta valores mais elevados do que a temperatura do ar registrada pela estação meteorológica. A diferença entre os valores é significativa, porém pode-se concluir que os dados do sensor MOD11A2 podem ser utilizados para gerar dados de temperatura da superfície.

Palavras-chave: Temperatura da superfície terrestre, sensoriamento remoto, MODIS

ABSTRACT

Course Conclusion Work
Graduation Course of Agronomy
Federal University of Santa Maria

ESTIMATE OF SURFACE TEMPERATURE USING DATA FROM MODIS, MOD11A2 H PRODUCT, AND COMPARISON WITH DATA FROM WEATHER STATION

Author: Vanessa Ferreira
Advisor: Liane de Souza Weber
Date: Santa Maria, October 18, 2011.

The study of surface temperature by remote sensing has become a viable alternative, by estimating the satellite temperature, by sensors in the thermal infrared bands. This work aims to evaluate the correlation between temperature values obtained from the MODIS, product MOD11A2 and air temperature data from automatic weather station of Santa Maria, Rio Grande do Sul state, in the corresponding period to summers of 2005 and 2007. The analysis of the results indicates that the surface temperature estimate by the sensor had higher values than the air temperature recorded by the weather station. The difference between the values is significant, however it can be concluded that the sensor data MOD11A2 can be used to generate surface temperature data.

Key words: Land surface temperature, remote sensing, MODIS

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Subdivisões da REM segundo os comprimentos de onda.....	11
FIGURA 02 – Diferenças entre TST e TA	22
FIGURA 03 – Temperatura da superfície a partir de dados MODIS para o Rio Grande do Sul.	23

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 – Características gerais do sensor MODIS (TERRA)	15
QUADRO 02 – TST e TA, e diferenças entre TST e TA para o verão de 2005....	21
QUADRO 03 – TST e TA, e diferenças entre TST e TA para o verão de 2007....	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	08
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Sensoriamento Remoto	10
2.1.1 Radiação eletromagnética espectro eletromagnético	10
2.1.2 Sistemas sensores	11
2.1.3 Estrutura das imagens de sensoriamento remoto	12
2.1.4 Absorção atmosférica	12
2.1.5 Resolução espacial	13
2.1.6 Resolução espectral	13
2.1.7 Resolução temporal	13
2.1.8 Resolução radiométrica	14
2.2 Sensor MODIS	14
2.2.1 Produto MOD11A1 e MOD11A2	15
2.3 Temperatura da superfície terrestre	15
2.3.1 Algoritmo Spli-window e LST.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Área de estudo	18
3.2 Seleção de dados meteorológicos e imagens	18
3.3 Metodologia	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÕES	24
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1 INTRODUÇÃO

A atmosfera e a superfície formam um sistema de recepção da radiação solar e de trocas de calor entre si, de modo que a temperatura da superfície terrestre está diretamente relacionada aos fluxos de radiação e indiretamente relacionada fluxos de balanço de energia entre a superfície e a atmosfera Liu (2006). Ainda segundo Liu, a temperatura é um fator importante no monitoramento de condições de vegetação, variabilidades bioclimáticas e nas aplicações de modelos de previsão das mudanças climáticas globais e regionais

Como é quase impossível obter dados de temperatura do planeta inteiro por meio de estações meteorológicas tradicionais, o uso do sensoriamento remoto se tornou uma alternativa viável, através da estimativa da temperatura da superfície via satélite. Essa temperatura pode ser adquirida por meio de sensores nas bandas do infravermelho termal.

Porém, segundo Wan e Snyder (1996) os maiores problemas na estimativa da TST residem na correção atmosférica e na determinação da emissividade, em razão da variação espectral desencadeada pelas propriedades físicas e materiais dos objetos.

O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) é um dos instrumentos abordo do satélite TERRA, pertencente ao programa Earth Observing System (EOS), da NASA, cujo objetivo geral, segundo Justice et al. (2002), é determinar como a Terra esta mudando e quais são as conseqüências para a vida na Terra.

O satélite fornece observações simultâneas das feições atmosféricas (cobertura de nuvens e propriedades associadas), oceânicas (temperatura da superfície do mar e clorofila) e terrestres (mudanças de cobertura da terra, temperatura da superfície do terreno e propriedades da vegetação) Jensen (2009).

Para o presente estudo serão utilizados dados do produto MOD11A2, os quais são destinados ao estudo da temperatura da superfície terrestre e emissividade, com composição de oito dias a partir de dados diários do MOD11A1, onde os pixels cobertos por nuvens buscam ser substituídos por seus equivalentes sem nuvens numa outra imagem dentro do período de oito dias (Site MODIS – NASA, 2011).

Neste produto a temperatura e emissividade da superfície são recuperadas através do algoritmo Land Surface Temperature (LST).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo comparar valores de temperatura obtidos pelo produto MOD11A2 e dados de temperatura do ar da estação meteorológica de Santa Maria, no período correspondente aos verões de 2005 e 2007, no estado do Rio Grande do Sul.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto pode ser definido como a capacidade de obter informação sobre um objeto sem haver contato físico direto com o objeto. (Jensen, 2009).

As informações sobre os objetos são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética transmitida ou refletida pelos objetos, gerada por fontes naturais como o Sol ou artificiais como o radar (Rosa, 1990).

2.1.1 Radiação eletromagnética e espectro eletromagnético

De todas as formas de energia existentes, o sensoriamento remoto se utiliza da energia ou radiação eletromagnética, cuja fonte principal é o Sol.

A radiação eletromagnética (REM) pode ser definida como sendo a forma de energia que se move a velocidade da luz, seja em forma de ondas ou de partículas eletromagnéticas, e que não necessita de um meio material para se propagar. Propaga-se pelo espaço e pode interagir com os objetos e superfícies, sendo absorvida, transmitida ou refletida, dependendo das propriedades físico-químicas dos objetos com os quais ela interage (Rosa, 1990).

Esta energia pode ser ordenada de forma contínua em termos de comprimento de onda e frequência, sendo esta representação chamada de espectro eletromagnético. É subdividido em faixas ou bandas, que são intervalos em que a radiação apresenta características similares (Figura 01).

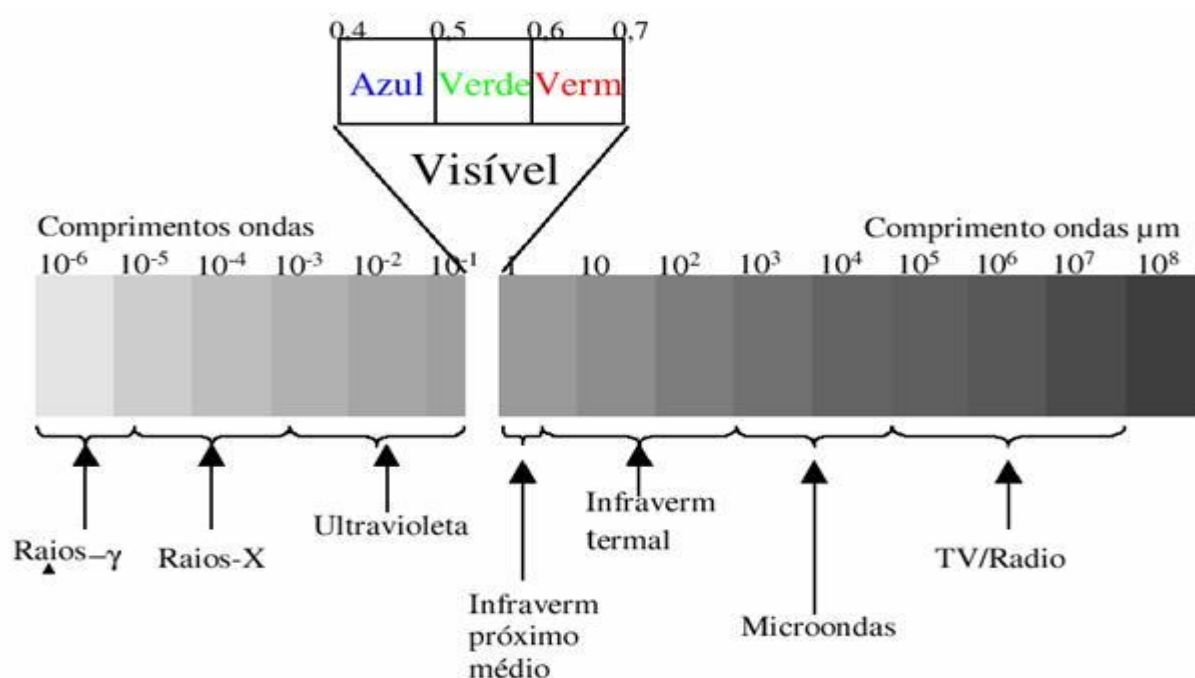


Figura – 01 Subdivisões da REM segundo os comprimentos de onda.
 Fonte: <http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/rem.html>

2.1.2 Sistemas sensores

Pode-se definir sensores como dispositivos com a capacidade de detectar e registrar a radiação eletromagnética, em determinada faixa do espectro eletromagnético, e gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, na forma de imagem, gráfico ou tabela (Moreira, 2003).

Os sistemas sensores utilizados em sensoriamento remoto podem ser classificados segundo a resolução espacial:

Sensores imageadores: fornecem como produto uma imagem.

Sensores não-imageadores: não geram imagens, mas sim informações contidas em tabelas ou gráficos.

E segundo a fonte de radiação:

Sensores ativos: produzem a sua própria fonte de radiação, como por exemplo, o radar.

Sensores passivos: não possuem sua própria fonte de radiação, se utilizam de uma fonte externa, o Sol.

2.1.3 Estrutura das imagens de sensoriamento remoto

As imagens, produtos de sensoriamento remoto, são constituídas por elementos arranjados em forma matricial. Essa matriz é composta por células, com localização definida em um sistema de coordenadas do tipo linha e coluna, representados por x e y. Cada célula é chamada de pixel (picture element).

Cada pixel possui um atributo numérico z, que indica o nível de cinza deste pixel, e é conhecido com DN (digital number) ou ND (nível digital). O ND de um pixel corresponde à média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais que compõem a superfície da Terra correspondente ao tamanho desse pixel (Crosta, 1999).

2.1.4 Absorção atmosférica

A energia eletromagnética, até chegar ao sensor, interage com a atmosfera, devido aos vários componentes atmosféricos que afetam a propagação da energia, podendo ser absorvida, refletida, transmitida e emitida por eles seletivamente. Os dois principais processos que afetam a propagação da energia são a absorção e espalhamento.

A absorção é o processo no qual a energia eletromagnética, ao se propagar pela atmosfera, é absorvida seletivamente pelos seus vários constituintes. Porém, existem ao longo do espectro eletromagnético, regiões conhecidas como janelas atmosféricas, onde a absorção atmosférica é relativamente pequena. (Rosa, 1990)

O processo de espalhamento ou dispersão ocorre quando a energia interage com a atmosfera, gerando um campo de luz difusa que se propaga em todas as direções.

Dependendo do tamanho das partículas espalhadoras e do comprimento da radiação, podem-se distinguir três tipos de espalhamento: dispersão não seletiva quando as partículas dispersantes são maiores que o comprimento de onda da radiação; dispersão Rayleigh: as partículas dispersantes são menores que o

comprimento de onda da radiação e dispersão de Mie: o tamanho das partículas dispersantes é igual ao comprimento de onda da radiação.

2.1.5 Resolução espacial

As informações registradas em uma imagem de satélite possuem uma localização na imagem associada com coordenadas específicas no terreno. Resolução espacial é uma medida da menor separação angular ou linear entre dois objetos que pode ser determinada pelo sistema de sensoriamento remoto. (Jensen, 2009). Ou seja, é definida pela capacidade do sistema sensor em enxergar objetos na superfície terrestre, quanto menor o objeto possível de ser visto, maior a resolução espacial (Crosta, 1999).

2.1.6 Resolução espectral

Resolução espectral pode ser definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda, quanto maior o número de bandas e maior a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor.

Segundo Jensen (2009) resolução espectral pode ser definida como o número e a dimensão (tamanho) de intervalos de comprimentos de ondas específicos (bandas) no espectro eletromagnético aos quais um instrumento de sensoriamento remoto é sensível.

2.1.7 Resolução temporal

Resolução temporal se refere à quão freqüentemente o sensor registra imagens de uma área particular (Jensen, 2009).

Portanto, é o tempo que o sensor leva para passar pelo mesmo ponto da superfície terrestre para obter uma nova imagem desta região.

2.1.8 Resolução radiométrica

Resolução radiométrica é definida como a sensibilidade de um sensor a diferenças na potencia do sinal à medida que ele registra o fluxo radiante refletido, emitido ou retroespalhado pelo terreno (Jensen, 2009).

Refere-se ao número de níveis digitais de uma imagem, ou seja, os níveis de cinza, usados para representar os dados coletados pelo sensor, quanto maior o número de níveis maior é a resolução radiométrica (Crosta, 1999).

2.2 Sensor MODIS

O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), é um dos instrumentos a bordo do satélite TERRA, pertencente ao programa EOS (Earth Observing System) da NASA, para o estudo de processos de mudanças globais.

O MODIS foi projetado para fornecer uma serie de observações globais da superfície terrestre, oceano e atmosfera na região do visível e infravermelho do espectro eletromagnético (Rudorff et al. 2007).

Adquire dados em 36 bandas espectrais, situadas entre 0,4 e 14,4 micrometros , o tamanho do pixel varia de 250m a 1000m (Quadro 01).

Este sensor apresenta diversas inovações em relação aos seus precursores. Essas inovações vão desde uma melhoria substancial na qualidade dos detectores e no sistema de imageamento, passando pelo aumento do número de bandas espectrais e pelo enorme avanço no processamento dos dados com algoritmos específicos para a geração de produtos de alta qualidade com correções atmosférica, radiométrica e geométrica (RUDORFF et al.)

Quadro 01- Características gerais do sensor MODIS (TERRA)

Bandas espectrais	36, bandas, localizadas entre 0,405 e 14, 385 μm
Órbita	Heliossíncrona, passa pelo Equador as 10: 30 horas
Resolução espacial	250m (bandas 1 e 2), 500m (bandas 3 a 7) e 1000m (bandas 8 a 36)
Resolução temporal	1 a 2 dias
Altitude	750 m

Fonte: Adaptado de (Site MODIS - NASA, 2011)

2.2.1 Produto MOD11A1 e MOD11A2

Entre os vários produtos do sensor MODIS, pode-se destacar o produto MODIS11, que contém dados de temperatura da superfície terrestre (LST, Land Surface Temperature) e emissividade, estas variáveis são importantes para descrever os processos da superfície terrestre, sendo necessárias para diversos estudos.

Os dados de temperatura e emissividade são recuperados pelos algoritmos Day-night e Split-window, utilizando-se das bandas 31 e 32 (infravermelho termal).

Além do produto diário MOD11A1, há a opção de composições de oito dias (MOD11A2), desenvolvidas a partir do produto diário, onde é feita uma reamostragem dos pixels, para atenuar os efeitos das nuvens presentes na hora da tomada das imagens, onde é feita uma media de valores de LST de oito dias (Site MODIS - NASA).

Neste trabalho serão utilizados dados do produto MOD11A2, devido a esta reamostragem dos pixels que diminui o efeito das nuvens.

2.3 Temperatura da superfície terrestre

De acordo com Liu (2206) a temperatura da superfície terrestre (TST) esta ligada aos fluxos de balanço de energia na superfície. Como é impossível obter dados de temperatura da superfície do globo inteiro por meio de estações

meteorológicas convencionais, a estimativa da temperatura da superfície por sensoriamento remoto se torna uma alternativa viável.

A base física de estimativa da temperatura de superfície fundamenta-se no princípio de que toda matéria emite uma radiação eletromagnética e possui um espectro contínuo e regular (LIU, 2006). Assim, para compreender-se o processo de estimativa de temperatura por sensoriamento é necessária descrição de alguns princípios e leis físicas.

Começa-se pela definição de corpo negro, que é um emissor e receptor de energia perfeito. Conforme a lei de Planck a energia radiante de um corpo negro depende do seu comprimento de onda e da sua temperatura.

Todo corpo com temperatura acima do zero absoluto possui energia, assim absorve e emite energia. Portanto, a quantidade de radiação emitida por um corpo depende da sua composição e temperatura.

De acordo com a lei de Stefan-Boltzman, que explica a relação entre a intensidade da radiação e a temperatura de um corpo, ou seja, a energia irradiada pelo corpo será proporcional a quarta potência da temperatura do corpo.

Segundo a lei do deslocamento de Wien, quanto maior a temperatura do corpo emissor, menor será o comprimento de onda de seu pico de emissão, ou seja, ao aumentar a temperatura os valores máximos de emissão se deslocam em direção a comprimentos de onda mais curtos. Assim, o calor interno de um objeto é convertido em energia radiante, o que permite estimar a temperatura de um objeto através do sensoriamento remoto. Pois, o sensor mede a temperatura radiante, a qual se espera que se correlacione bem com a temperatura verdadeira do objeto (Jensen, 2009).

Como na natureza não encontramos emissores perfeitos, estas leis para corpos ideais são utilizadas como parâmetros para correções atmosféricas.

Segundo Wan e Snyder (1996) os maiores problemas na estimativa da TST residem na correção atmosférica e na determinação da emissividade, em razão da variação espectral desencadeada pelas propriedades materiais dos objetos.

Na tentativa de amenizar estes problemas no cálculo da temperatura da superfície por meio do sensoriamento remoto, foram desenvolvidos algoritmos, como o Split-Window e o Day/Night LST. Assim, um bom algoritmo, dentre outros fatores, depende de uma boa avaliação dos feitos atmosféricos, uma boa estimativa da emissividade e também da qualidade do sensor do infravermelho termal, incluindo a

estabilidade da função de resposta espectral, além de uma alta resolução radiométrica (Ummus, 2009).

2.3.1 Algoritmo Split-Window e LST

Os algoritmos de correção atmosférica utilizados para a obtenção de temperatura da superfície dos produtos MODIS Land Surface Temperature, são o Split-window e Day-night-LST (Wan e Snyder, 1996).

O algoritmo Split-window do MODIS foi desenvolvido por Wan e Dozier(1996), e é muito similar ao método da Janela Dividida Local proposto por Becker e Li (1990). O Split-window minimiza os efeitos atmosféricos através da combinação das temperaturas dos dois canais termais, e requer dados de emissividade.

Em condições de céu claro nas cenas obtidas pelo MODIS, a temperatura da superfície terrestre é resgatada por meio do algoritmo LST.

O algoritmo LST (Land Surface Temperature) é uma generalização do algoritmo Split-window para recuperar a temperatura da superfície a partir do espaço utilizando dados do sensor MODIS.

Este algoritmo é utilizado para recompor pixels com emissividades conhecidas nas bandas 31 e 32 (Rudorff et al. 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A região de estudo escolhida foi o estado do Rio Grande do Sul, correspondente as faixas de imageamento 1311 e 1312. A estação meteorológica onde os dados foram coletados localiza-se na cidade de Santa Maria.

3.2 Seleção de dados meteorológicos e imagens

Selecionou-se imagens do sensor MODIS produto Land Surface Temperature, com periodicidade de oito dias (MOD11A2), com resolução espacial de 1 km, correspondentes aos verões de 2005 e 2007 e faixas de imageamento 1311 e 1312. Fez-se uso das bandas 31 e 32, equivalentes ao infravermelho termal, as imagens possuem resolução radiométrica de 16 bits.

Todas as imagens utilizadas foram obtidas via o software GloVis (Global Visualization Viewer), disponível no site da LP DAAC (Land Processes Distributed Active Archive Center, <https://lpdaac.usgs.gov/>).

Em relação aos dados de temperatura do ar, utilizaram-se os dados coletados pela estação meteorológica automática de superfície do INMET, localizada na Universidade Federal de Santa Maria, na cidade de Santa Maria (coordenadas: latitude 29,7° sul e longitude 53, 7° oeste), considerou-se os dados mais próximos a hora da passagem do satélite (10:30, horário local).

Para a obtenção de temperatura por meio de sensoriamento remoto devemos levar em consideração a interferência atmosférica, principalmente a presença de nuvens, que influencia a qualidade das imagens. Por isso, optou-se pelos produtos MOD11A2, que são dados com periodicidade de oito dias, compostos a partir do

produto LST diário, armazenados em uma grade com os valores médios de LST de um período de oito dias, ou seja, os pixels cobertos por nuvens buscam ser substituídos por seus equivalentes sem nuvens numa outra imagem dentro do período de oito dias (MODIS, NASA).

3.3 Metodologia

Após a aquisição de dados de TST do sensor MODIS e dados da estação meteorológica, iniciou-se o processamento das imagens.

As imagens MODIS possuem formato original HDF (Hierarchical Data Format), formato que permite a inclusão de diferentes tipos de dados em um único arquivo. Por isso, nesta fase, utilizou-se o software MRT (MODIS Reprojection Tools) para selecionar apenas as imagens de interesse. Como são necessárias duas imagens, ou seja, duas faixas diferentes (1311 e 1312) para cobrir o território do Rio Grande do Sul, realizou-se a confecção de mosaicos, também no MRT, disponível em https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/tools/modis_reprojection_tool/.

Na próxima fase, foi implementado o cálculo da temperatura da superfície através de uma rotina IDL (Interactive Data Language), para gerar a imagens de temperatura em graus Celsius, conforme a equação:

$$TST = (ND * 0,02) - 273$$

sendo TST a temperatura da superfície, ND o valor do nível digital de cada pixel da imagem, 0,02 uma constante para passar os valores de TST para Kelvin e 273 o valor correspondente a transformação de graus Kelvin para graus Celsius.

Nesta equação, os dados do sensor MODIS são convertidos para graus de temperatura através da operação de matemática de bandas aplicando um fator de multiplicação de escala igual a 0,0200, e posteriormente transformando os valores de Kelvin para Celsius. (MODIS, 2011; Trentin et al. 2011).

Para fazer-se a comparação dos valores de temperatura obtidos através da imagem e os valores da estação meteorológica, foi levado em consideração o pixel onde esta localizada a estação. Como a temperatura nas imagens utilizadas, é uma

média de dados de LST de oito dias, fez-se uma média de oito dias dos valores de temperatura registrados pela estação meteorológica.

Assim, comparou-se o valor de temperatura obtido na imagem, no pixel correspondente a localização da estação meteorológica no terreno e horário próximo a passagem do satélite, com o valor médio de oito dias de dados de temperatura da estação.

Utilizando-se o software ENVI 4.2 e através de uma rotina IDL criou-se classes de valores de temperatura distribuídas na imagem, a fim de ter-se uma visão geral dos valores de temperatura da superfície no estado do Rio Grande do Sul, gerados pelo produto MODIS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 02 e o quadro 3 apresentam os valores de temperatura da superfície (TST) estimados a partir das imagens e a temperatura do ar (TA) na estação meteorológica, bem como a diferença entre ambas as temperaturas para o verão de 2005 e para o verão de 2007.

Quadro 02 - TST e TA, e diferenças entre TST e TA. Para o verão de 2005.

Data	TST	TA	Diferença
18/12/2004	30,9	24,0	6,9
26/12/2004	35,3	23,5	11,8
01/01/2005	36,3	26,0	10,3
09/01/2005	34,6	27,2	7,4
17/01/2005	34,3	25,2	9,1
25/01/2005	32,9	24,5	8,4
02/02/2005	31,2	27,0	4,2
10/02/2005	27,8	26,2	1,6
18/02/2005	33,1	22,7	10,4
26/02/2005	32,1	25,2	6,9
06/03/2005	36,2	23,7	12,5
14/03/2005	31,7	25,6	6,1

Quadro 03 - TST e TA, e diferenças entre TST e TA Para o verão de 2007.

Data	TST	TA	Diferença
19/12/2006	27,9	28,1	-0,2
27/12/2006	33,5	24,8	8,7
01/01/2007	32,2	24,2	8,0
09/01/2007	31,7	25,5	6,2
17/01/2007	31,1	25,2	5,9
25/01/2007	28,1	26,2	1,9
02/02/2007	31,4	24,2	7,2
10/02/2007	31,4	25,1	6,3
18/02/2007	28,6	23,7	4,9

Continuação do Quadro 03.

26/02/2007	30,7	24,5	6,2
06/03/2007	26,6	27,6	-1,0
14/03/2007	24,7	22,4	2,3

A figura 02 contém o gráfico com a diferença entre a temperatura estimada através da imagem (TST) e a temperatura registrada na estação analisada (TA).

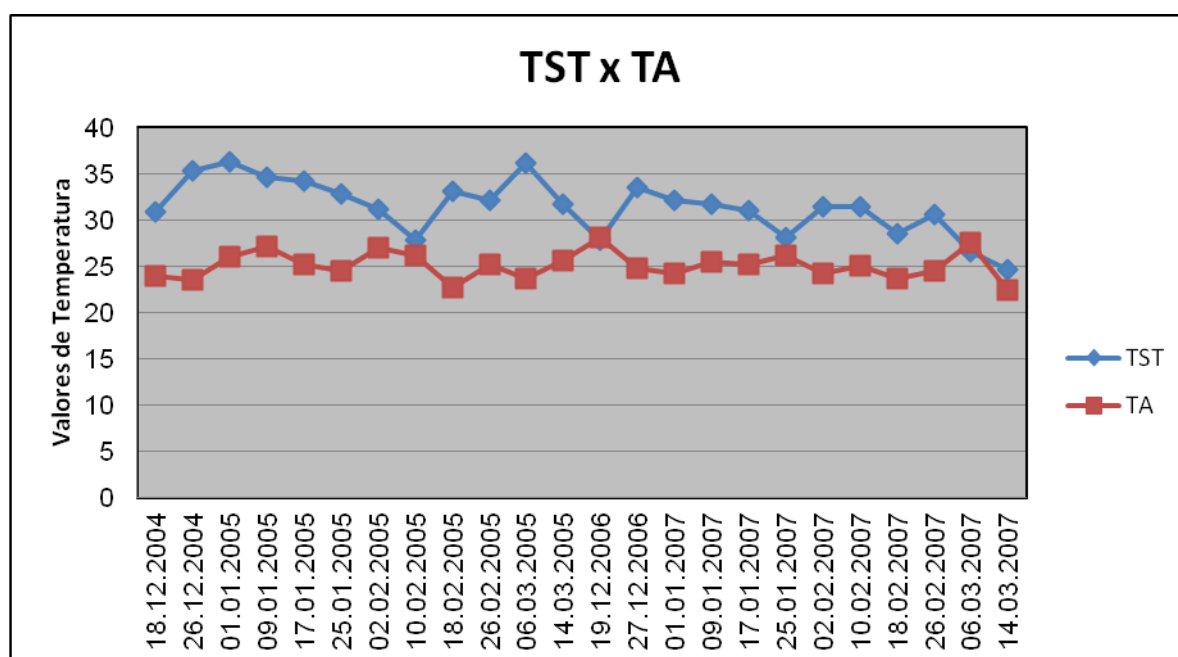


Figura 02 - Diferença entre TST e TA

Pode-se verificar que a temperatura estimada pelo MODIS apresenta valores mais elevados do que a temperatura do ar registrada na estação meteorológica, em quase todas as datas analisadas, em apenas duas datas a temperatura registrada pelo sensor foi menor.

A figura 03 apresenta alguns mapas com classes de temperaturas geradas a partir do produto MOD11A2, dentre todos os mapas que se gerou para análise. Observa-se que a maioria dos valores de temperatura da superfície se encontra entre 25° C e 39°C, valores estes geralmente maiores do que os observados na estação meteorológica. Porém, como o período de tempo analisado é no verão, estes resultados podem ser considerados dentro do padrão de valores de temperatura, já que não apresentam valores excessivamente altos e nem valores muito baixos.

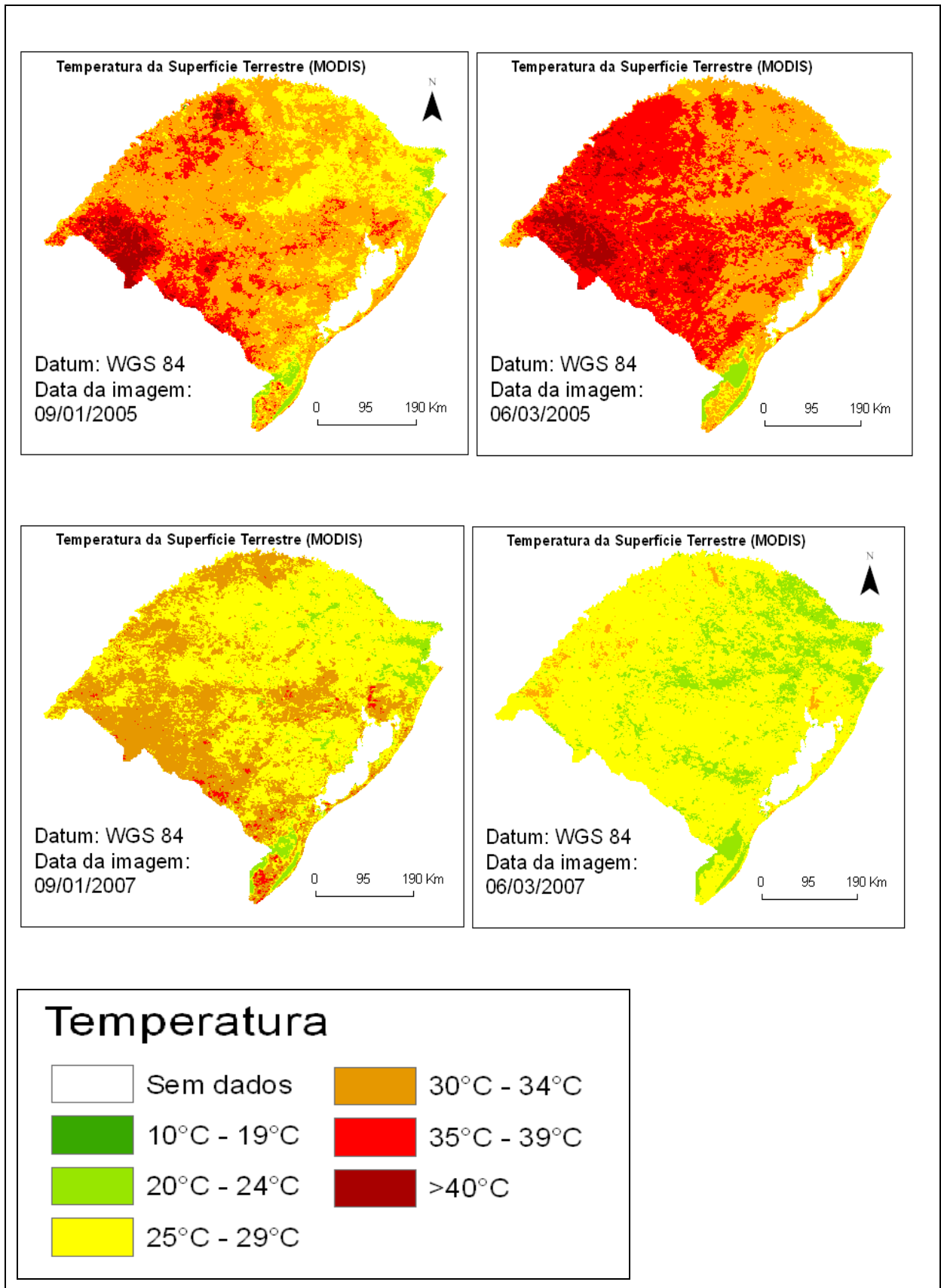


Figura 03 - Temperatura da superfície a partir de dados MODIS para o Rio Grande do Sul

5 CONCLUSÕES

Pode-se observar, após a análise de dados de temperatura da superfície terrestre estimados pelo sensor MODIS, produto MOD11A2, comparados com dados de temperatura do ar da estação meteorológica, localizada na cidade de Santa Maria, que os valores de temperatura apresentam diferenças. Onde os valores estimados pelo sensor apresentaram-se mais elevados do que a temperatura do ar.

No entanto, apesar das diferenças entre os valores, um estudo de Trentin et al. demonstra que a temperatura estimada pelo sensor e a temperatura do ar apresentam uma forte correlação nas variações anuais e sazonais. Assim, na continuação deste estudo, será feita a verificação dessa correlação nas variações sazonais e anuais, através da análise de imagens de um maior período de tempo.

Verificou-se o potencial dos dados de satélite o estudo da temperatura em escala regional ou global, onde não se tem estações meteorológicas.

Assim, conclui-se que os dados do sensor podem ser utilizados para estimar valores de temperatura da superfície, porém de forma complementar os dados de estações meteorológicas, mas não substituí-los. É importante que se façam mais estudos, que um maior período de tempo seja analisado, para investigar melhor as correlações entre as temperaturas do sensor e da estação, e auxiliar na otimização do algoritmo LST na estimativa da temperatura da superfície terrestre.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CROSTA A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP, 1999.

JENSEN J. R **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JUSTICE, C. O., TOWNSHEND, J. R. G., VERMOTE, E. F. MASUOKA, E., WOLFE, R. E., SALEOUS, N., ROY, D. P., MORISSETTE, J. T. **An overview of modis land data processing and product status**. Remote Sensing of Environment 83: p 3 – 15 2002

Liu W. T. H. **Aplicações do sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006.

LP DAAC, Land Processes Distributed Active Archive Center, **MODIS Reprojection Tools**, disponível em https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/tools/modis_reprojection_tool/. Acessado em agosto de 2011.

MOREIRA M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa, MG: EDUFV, 2003.

NASA, National Aeronautics and Space Administration .Site Modis Land. Disponível em <http://modis-land.gsfc.nasa.gov>. Acessado em setembro de 2011.

ROSA R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia, MG. EDUFU, 1990.

RUDORFF B. F. T, SHIMABUKURU Y. E, CEBALLOS J. C. **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2007.

TRENTIN R., DEPPE F. , LOHMANN M. , GRASSI G. **Análise comparativa da temperatura de superfície MODIS e temperatura do ar em diferentes situações no estado do Paraná. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Curitiba, PR. INPE, 2011.

UMMUS M. E. **Avaliações de estimativas de temperatura da superfície terrestre em eventos frios para a região sul do Brasil, utilizando dados do sensor MODIS.** São José dos Campos, INPE. 2009.

UFRGS, Universidade Federal do rio grande do Sul. Site <http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/rem.html>, acessado em agosto de 2011.

USGS United States Geological Survey – **LP DAAC**, Land Processes Distributed Active Archive Center. Disponível em <https://lpdaac.usgs.gov/>. Acessado em setembro de 2011

WAN Z. e SNYDER W. **MODIS Land-surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATB).** Santa Barbara:ICESS,University of California, Santa Barbara, 1996.

WAN, Z. **MODIS Land surface temperature products: Users'Guide.** Santa Barbara: ICESS University of Califórnia, SantaBarbara, 2007.