

## Influência dos Fenômenos El Niño e La Niña na temperatura de superfície nos biomas brasileiros

Nicali Bleyer dos Santos<sup>1</sup>  
Potira Meirelles Hermuche<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Análise e Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG, Instituto de Estudos Sócioespaciais – IESA, Universidade Federal de Goiás – UFG  
Caixa postal: 131 CEP: 74001-940 Campus Samambaia, Goiânia – GO, Brasil  
nicalibleyer@hotmail.com

<sup>2</sup> Laboratório de Sistemas Informações Espaciais – LSIE, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília – UnB  
CEP: 70910-900, Brasília, Brasil  
potira@unb.br

**Abstract.** The IOS phenomenon affects different regions of Brazil, however, almost nothing is known about the consequences in the Midwest. In this sense, this study aimed to analyze the influence of El Niño and La Niña on the spatial and temporal variation of surface temperature in the Brazilian biomes, given few tests regarding this issue on Brazil's Midwest. For this, was used data from MODIS, Product MOD11, mod11A2 Product Collection 5, with spatial resolution of 1km, years 2003 and 2007. Although the analysis were only for two years, it was possible see variations related to the presence of clouds and surface thermal variability in terms of maximum and spatial distribution between the years of occurrence of the phenomenon El Niño and La Niña.

**Palavras-chave:** remote sensing, surface temperature, Brazilian biomes, sensoramento remoto, temperatura de superfície, biomas brasileiros.

### 1. Introdução

O Índice de Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno climático de interação atmosfera-oceano associado a alterações dos padrões da Temperatura Superficial do Mar e dos ventos alísios do Pacífico Equatorial, possuindo duas fases: uma quente e outra fria (BERLATO; FONTANA, 2003).

O fenômeno El Niño consiste no aumento anormal das temperaturas das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico, enquanto que o fenômeno La Niña compreende a diminuição da temperatura. Segundo Oliveira (1999), os dois fenômenos acarretam uma gama de modificações no sistema de circulação atmosférica mundial, repercutindo num cenário atípico das trocas de energia entre a atmosfera e a superfície que, por sua vez, repercutem alterações nos elementos climáticos como a temperatura, a precipitação e a umidade, produzindo um comportamento anômalo do clima em diversas áreas do globo terrestre.

No Brasil, o fenômeno ENOS influencia de forma diferente as 5 regiões: sob influência do El Niño, a região Nordeste sofre com secas severas ao passo que a região Norte apresenta diminuição da precipitação com respectivo aumento de seca, o que por sua vez, implica no aumento do número de queimadas. Já as regiões Sul e Sudeste apresentam um aumento na temperatura média e aumento das precipitações. Sob influência do La Niña, as regiões Norte e Nordeste apresentam um aumento das precipitações e vazões de seus rios, enquanto a região Sul tende a passar por secas severas. Cabe ressaltar que tanto para a influência do El Niño quanto para a influência do La Niña não há previsibilidade dos impactos para a região central do Brasil. O mesmo acontece com a região Sudeste para o caso de influência do La Niña (BERLATO e FONTANA, 2003; BORSATO e SOUZA FILHO, 2006).

As alterações climáticas derivadas desses fenômenos apresentam grande correlação com a temperatura de superfície, uma vez que esta é um importante elemento do clima evidenciando evidência a interface terra-atmosfera. Além disso, a proximidade desta variável com os

valores de temperatura do ar, medidos em estações meteorológicas (Prihodko e Goward, 1997; Jones *et al.*, 2004; Colombi *et al.*, 2007; Yan *et al.*, 2009), é um importante estímulo para a análise da influência do El Niño e La Niña sobre a temperatura de superfície.

Tendo em vista a importância de estudos que forneçam subsídios para a compreensão dos fenômenos associados ao ENOS em todo território brasileiro levando em consideração as características ambientais de cada bioma, como abordado no trabalho de Santos *et al* (2010), que indicou elevados registros de temperatura de superfície (acima de 40°C) no Bioma Cerrado no ano sob influência do La Niña (2007), e considerando que os estudos sobre os impactos dos fenômenos ENOS nos biomas brasileiros ainda são modestos, o objetivo dessa pesquisa foi realizar uma análise preliminar sobre a influência desses fenômenos na variação espacial e temporal da temperatura de superfície nos diferentes biomas Brasil, considerando suas singularidades.

## 2. Metodologia de Trabalho

O estudo foi feito em todo o território brasileiro, representado pelo recorte espacial de seus diferentes biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampas e Pantanal, delimitados de acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2005) - Figura 1.

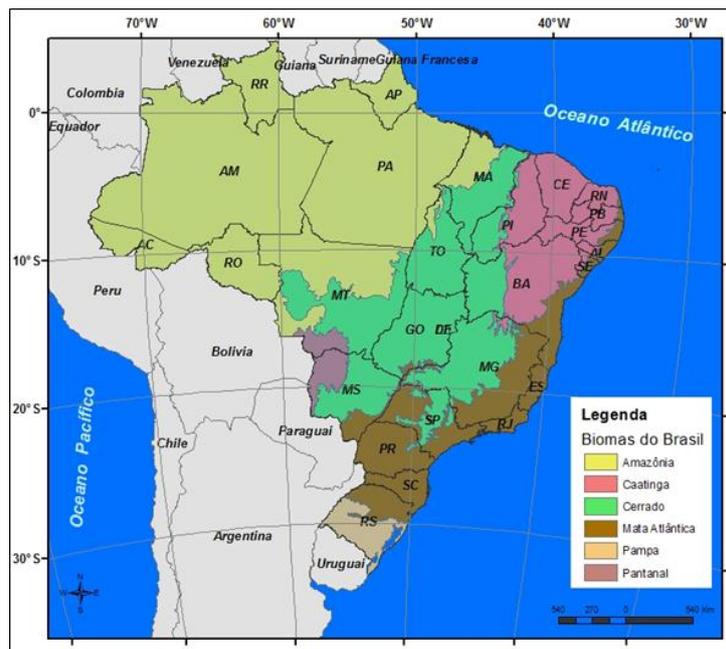


Figura 1: Mapa de localização dos biomas do Brasil. Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2005. Elaboração própria.

O uso de dados orbitais em detrimento dos dados de estações meteorológicas se deu em função da ampla escala espacial utilizada neste trabalho e pela possibilidade de aquisição de imagens digitais com resoluções espaciais e temporais variadas (ANDERSEN, 1997; SALISBURY e D'ARIA, 1992).

As imagens utilizadas são provenientes do sensor MODIS, Produto MOD11 A2 Coleção 5, com resolução espacial de 1 km dos anos de 2003 e 2007 – anos influenciados pelos Fenômenos El Niño e La Niña, respectivamente.

O dado de Temperatura de Superfície (TS) utiliza o algoritmo LST (WAN e LI, 1997), desenvolvido especificamente para o sensor MODIS, que produz imagens termais diurnas e noturnas para toda a superfície da Terra com periodicidade diária, validadas a partir de

imagens MAS (MODIS Airborne Simulator) e por mensurações de campo conduzidas entre 1996 e 1998 (WAN *et al.*, 1998). O produto A2 é uma composição de oito dias, realizada a partir de dados e a coleção 5 foi utilizada por apresentar melhorias metodológicas significativas quando comparada à coleção 4 (WAN, 2007).

O Produto MOD11 incorpora em seu algoritmo dados de emissividade, ângulo de visada (desenvolvido para corrigir os efeitos atmosféricos), reflectância da superfície, emissão, absorção e dispersão atmosférica, assim como informações sobre a radiação solar do dia, além de apresentar um corpo negro interno para calibração das temperaturas (MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document [LST ATBD] Version 3.3, 1999).

As imagens originais foram adquiridas na página da NASA (2012) na internet e, posteriormente foram reprojatadas no software MRT com extensão geotif, projeção geográfica Lat/Long e Datum WGS 84.

Com o objetivo de filtrar os dados de temperatura para eliminação dos pixels com valores não confiáveis, empregou-se uma máscara baseada no controle de qualidade automático Quality Control(QC) das imagens, que indica a confiança no processamento do LST (Wan,1999; Wan, 2007). Após a conversão dos valores de temperatura de graus Kelvin para graus Celsius por meio da ferramenta Band Math do Envi 4.7, foi calculada a média da temperatura do período (2000 a 2011).

Em função da sazonalidade que acontece nos biomas ao longo das estações, optou-se pela utilização de imagens dos meses de fevereiro, abril, julho e outubro, uma vez que esses podem evidenciar períodos de seca e de chuva, bem como de inverno e verão.

### 3. Resultados e Discussão

Conforme indicado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, órgão vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), os fenômenos El Niño e La Niña aconteceram de forma alternada no período de 1994 e 2008 com intensidades diferentes de atuação. No ano de 2003 a ocorrência do El Niño foi considerada moderada e no ano de 2007 os eventos do La Niña foram considerados de magnitude forte (Tabela 1).

Tabela 1: Ocorrência de Fenômeno ENOS. Fonte: CPTEC/INPE, 2011.

<b>Período (ano)</b>	<b>Intensidade</b>
<b>EL NIÑO</b>	
1990-1993	Forte
1994-1995	Moderada
1997-1998	Forte
2002-2003	Moderada
2004-2005	Fraca
2006-2007	Fraca
2009-2010	Fraca
<b>LA NIÑA</b>	
1995-1996	Fraca
1998-2001	Moderada
2007-2008	Forte

A análise dos mapas de temperatura de superfície dos meses e anos analisados (Figura 3) indicam que durante a ocorrência de Fenômeno IOS as temperaturas de superfície sofreram variações quanto ao seu valor e distribuição espacial no que diz respeito aos seus valores máximos em todos os biomas. As maiores variações termais ocorreram nos biomas Cerrado e

Caatinga no ano de 2007 (influência de La Niña), principalmente nos meses de fevereiro e abril. E os valores mais elevados de temperatura foram registrados no mês de outubro.

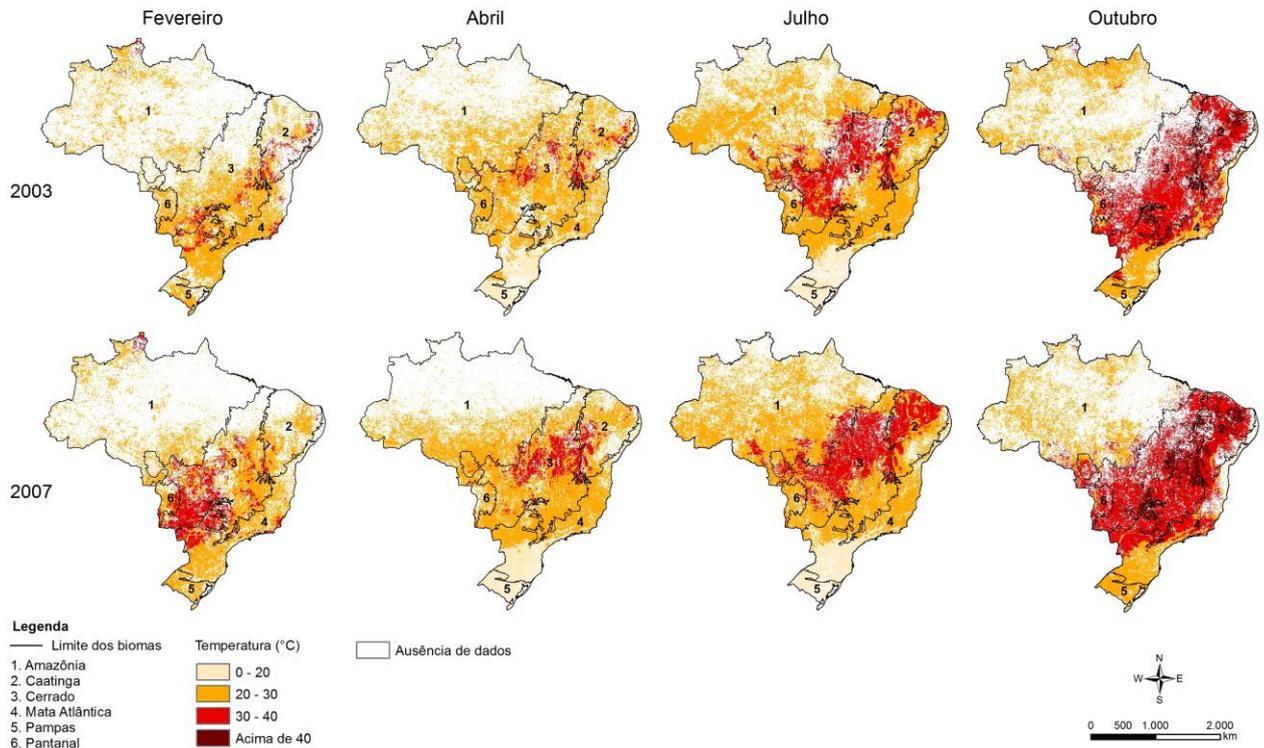


Figura 2: Temperatura de superfície dos meses de Fevereiro, Abril, Julho e Outubro de 2003 e 2007 nos biomas Brasileiros.

Foi observada uma maior ausência de dados no ano de 2007, considerado de forte influência do fenômeno La Niña, que pode estar relacionada à presença de nuvens, principalmente nas áreas próximas à Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, que consiste em um dos mais importantes sistemas meteorológicos de circulação da atmosfera global e atua nas proximidades do Equador, transferindo calor e umidade dos níveis inferiores atmosféricos das baixas latitudes para os níveis superiores da troposfera sendo responsável pelas precipitações sobre a Amazônia e consequente presença de nuvens captadas pelo sensor.

Quando os biomas são analisados separadamente, observa-se que na Amazônia os valores de TS ficaram entre 20°C e 30°C nos dois anos analisados. Apesar do bioma estar localizado próximo à linha do Equador, onde o efeito do aquecimento do Sol é máximo, apenas no mês de julho foram observados valores de TS entre 30°C e 40°C (localizados na faixa limítrofe com o bioma Cerrado). A presença de nuvens na região também pode ter influenciado esse fato, uma vez que nuvens baixas e espessas refletem a radiação solar incidente de volta para o espaço, causando resfriamento (JENSEN, 2009). Além disso, o aumento da umidade favorece a manutenção de partículas sólidas em suspensão na atmosfera, o que por sua vez, tende a resfriar a superfície abaixo deles, pois a maioria dos aerossóis reflete a luz do Sol de volta para o espaço, reduzindo a quantidade de radiação solar que pode ser absorvida (NOVO, 2008; KAHN, 1999). Deve-se ressaltar que a grande ausência de dados na região pode ter comprometido os dados, subestimando as informações.

Na Caatinga, Cerrado e no Pantanal verificou-se que os biomas sofreram intensamente com a variação termal de superfície em termos espaciais e de valores. Os meses com valores termais mais elevados foram julho e outubro, com máximas à cima de 40 °C em todos os anos. As TS mais elevadas foram verificadas sob influência do La Niña (2007), ao passo que

em 2003, sob influência do El Niño foram observadas temperaturas menores em uma maior extensão.

No Cerrado foram registradas TS elevadas em todo o bioma, com vários locais apresentando temperaturas acima dos 40°C principalmente no mês outubro, dos dois anos analisados. É possível observar um aumento das máximas termais e expansão dessas no ano de 2007 (ocorrência de La Niña). No ano de 2003, nota-se um aumento da nebulosidade (refletida na ausência de dados), na faixa limítrofe do Cerrado com a Amazônia, provavelmente pela influência do El Niño e temperaturas menos elevadas na porção sul do bioma, o que provavelmente está relacionado com latitudes mais baixas.

A variação termal no Pantanal para o ano de influência de El Niño ficou, em sua maioria, entre 20°C e 40°C. Apenas no mês de outubro os registros foram mais elevados. Já sob influência do La Niña (2007), uma maior área do bioma ficou com valores que variaram entre 30°C e 40°C. Assim, como no Cerrado, a ausência de dados também foi maior no ano de 2003.

No bioma Mata Atlântica a presença de nuvens, comprometendo a aquisição dos dados de temperatura de superfície, foi marcante na faixa litorânea – do norte do Espírito Santo, até a região do Nordeste brasileiro, fato este que ocorreu principalmente sob influência do La Niña (2007). Uma maior porção geográfica com TS mais elevadas foi observada no ano de ocorrência de El Niño, especialmente nas áreas fronteiriças com o Cerrado e com a Caatinga. É interessante observar que esse bioma abrange diferentes latitudes, e que por essa razão, apresenta comportamentos climáticos distintos, em decorrência da quantidade e incidência dos raios solares: ele abrange praticamente todo o litoral do Brasil, em uma faixa que vai do Nordeste ao Sul do país. Assim, é possível observar temperaturas de superfície elevadas na porção do bioma que abrange as regiões Sudeste e Nordeste, e temperaturas baixas, na região Sul do Brasil, próximas ao Trópico de Capricórnio, sobretudo, nos meses de abril e julho (outono e inverno na região). Em função de sua extensão territorial, a Mata Atlântica sofreu interferências heterogêneas dos Fenômenos ENOS.

Por fim, a região dos Pampas foi a que menos sofreu influência dos Fenômenos Índice de Oscilação Sul no que diz respeito à TS nos anos analisados. Nessa análise preliminar não foram observadas diferenças significativas entre os anos de ocorrência de El Niño e La Niña, apenas um pequeno aumento das áreas com cobertura de nuvens e consequente ausência de dados no ano de 2003 – ocorrência de El Niño. As diferenças observadas ocorreram apenas entre os valores registrados nos meses de abril e julho - os menores em todo espaço geográfico analisado e os observados nos meses de outubro e fevereiro, períodos de temperaturas mais amenas e mais quentes, respectivamente, na região.

#### 4. Conclusões

Apesar das análises terem sido restritas apenas a dois anos, foi possível perceber variações no que diz respeito à presença de nuvens e à variabilidade termal de superfície em termos de valores máximos e distribuição espacial entre os anos de ocorrência dos fenômenos La Niña e El Niño em todos os biomas.

Nessa análise preliminar foi observado de modo geral, um aumento na temperatura de superfície no ano de influência de La Niña e um aumento da nebulosidade, com consequente perda de dados orbitais, para o ano de 2003, no qual houve a ocorrência de El Niño.

Ainda que espacialmente os biomas da Amazônia e Cerrado sejam bastante representativos – os dois maiores do Brasil, o bioma da Mata Atlântica foi o que sofreu influências heterogêneas dos Fenômenos ENOS, o que ocorreu em função de sua extensão latitudinal. Nesse sentido é preciso efetuar as análises espaciais do bioma em função das latitudes representadas no mesmo, já que os Fenômenos El Niño e La Niña atuaram de forma diferenciada nas mesmas.

No caso específico da Amazônia, é preciso aplicar outras técnicas de correção atmosférica, bem como utilizar dados multitemporais que possam fornecer informações sobre os valores de TS, uma vez que nesse estudo, essas informações ficaram subestimadas.

Para a Caatinga foi observado um aumento de temperatura de superfície no ano de 2007 – ano de ocorrência de La Niña, ao mesmo tempo em que uma maior região do bioma teve a aquisição de seus dados comprometida, em função da presença de nuvens.

O Cerrado apresentou temperaturas de superfície extremamente elevadas no mês de outubro, principalmente para o ano de 2007. A aquisição de dados no bioma foi afetada, principalmente na faixa limítrofe do bioma com a Amazônia no ano influenciado pelo fenômeno El Niño – 2003. O mesmo aconteceu para o Pantanal, que em relação à variação termal de superfície e o comprometimento na aquisição de dados orbitais, seguiu praticamente os mesmos padrões.

Com relação à temperatura de superfície a região dos Pampas não sofreu variações expressivas entre os dois períodos analisados.

Assim, embora o período analisado já tenha revelado indícios das influências dos IOS sobre os biomas brasileiros, é preciso ampliar a escala temporal de análise a fim de aprimorar os conhecimentos acerca dos efeitos desses fenômenos sobre a temperatura de superfície. É importante a comparação entre um maior número de ocorrência dos fenômenos, principalmente de mesma magnitude, uma vez que nessa pesquisa, a influência do El Niño foi considerada de moderada, ao passo que o ano de influência do La Niña foi considerado forte. Fato este que pode ter contribuído para que os efeitos do La Niña se sobressaíssem sobre os efeitos do El Niño.

Por fim, no que se refere à questão de nebulosidade nas diferentes regiões, cabe um estudo complementar com base em sensores meteorológicos, voltados para este fim, para que possa ser traçada uma correlação mais exata entre a influência dos Fenômenos ENOS, a temperatura de superfície a nebulosidade, nos diferentes biomas brasileiros.

#### Referências Bibliográficas

- ANDERSEN, H.S. Land surface temperature estimation based on NOAA-AVHRR data during the HAPEX-Sahel experiment. *Journal of Hydrology*, v. 189, p. 788-814. 1997.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2003.
- BORSATO, V. da A.; SOUZA FILHO, E. E de. A dinâmica climática em Porto Rico, PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA: os climas e a produção do espaço no Brasil, 7., 2006, Rondonópolis. Anais do VII SBCG, Rondonópolis: DGEO-UFMT, 2006. 1 CD-ROM.
- CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. El Niño e La Niña. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/> acesso em: 10 de outubro de 2012.
- COLOMBI, A.; MICHELE, C.; PEPE, M.; RAMPINI, A. Estimation of daily mean air temperature from MODIS in Alpine areas. *EARSeL e Proceedings*, v. 6, pág. 38 – 46, 1/2007.
- HASHIMOTO, H.; NEMANI, R.; YANG, F.; GRANGER, R.; RUNNING, S. VPD Estimation from land surface temperature (MOD11) for global map of evapotranspiration and NPP. American Geophysical Union, Fall Meeting. 2003.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Biomas do Brasil, 2004. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 25 de jun. 2007.
- JENSEN, R.J. Sensoriamento Remoto do Ambiente. Tradução: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE: José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador), Antônio Roberto Formaggio, Athos Ribeiro dos Santos, Bernardo Friedrich Theodor Rudorff, Cláudia Maria de

Almeida, Lênio, Soareas, Galvão. Editora Parêntese. Tradução da Segunda Edição. São José dos Campos 2009.

JONES, P.; JEDLOVEC, G.; SUGGS, R.; HAINES, S. Using MODIS LST to estimate minimum air temperature at night. In: CONFERENCE ON SATELLITE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY, 13, Proceedings... Norfolk: American Meteorological Society, 2004.

KAHN. R. General introduction to MISR, Pasadena: NASA JPL, <http://www.misr.jpl.nasa.gov/miintro.html>.

MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD), 1999. Version 3.3.

NOVO. E. M. L. de Moraes. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

OLIVEIRA, G. S. de. O El Niño e você: o fenômeno climático. São José dos Campos: Transtec, 1999. 116 p.

PRIHODKO, L.; GOWARD, N. Estimation of air temperature from remotely sensed surface observations. Remote Sensing of Environment, vol. 60, p. 335-346, 1997.

SALISBURY, W.; D'ARIA, D.M. Emissivity of terrestrial material in the 8-14m atmospheric window. Remote Sensing of Environment, v. 42, p. 83-106, 1992.

SANTOS, F. B. N. Padrões de distribuições espaciais e temporais de temperatura de superfície no bioma Cerrado: Uma análise integrada a partir de dados orbitais de resolução moderada. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). 2010. Programa de Doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás. 2010.

SILVA, F.W.J.; SANTOS, L.R. Estimativa da temperatura da superfície do solo de uma região semi-árida a partir do IR-MSS (banda 4) do CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis, SC. Anais... São José dos Campos: INPE, p. 1159-1166, 2007.

WAN, Z. MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide Collection-5. ICESS, University of California, Santa Barbara, 2007

WAN, Z.Y.Z.; FENG, Y.; ZHANG.; KING, M.D. Land-surface temperature and emissivity retrieval from MODIS Airborne Simulator (MAS) data. Summaries of the Seventh JPL Airborne Earth Science Workshop, January 12-16, v. 3, p.57-66, 1998.

WAN, Z.; LI. Z.-L. A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from EOS/MODIS data, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., v. 35, no. 4, pp. 980-996. 1997.

YAN, H.; ZHANG, J.; HOU, Y.; HE, Y. Estimation of air temperature from MODIS data in east China. International Journal of Remote Sensing, v. 30, p. 6261-6275, 2009.