



Associação Brasileira de Recursos Hídricos



# **COMPARAÇÃO DE ESTIMATIVAS DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LAGOS POR SENSORIAMENTO REMOTO: ESTUDO DE CASO DA LAGOA MANGUEIRA USANDO LANDSAT 7 ETM+ E O PRODUTO MOD28**

**Matheus Henrique Tavares**

**David da Motta Marques, Augusto Hugo da Cunha, Anderson Ruhoff e C. Ruberto Fragoso Jr.**

**Grupo de Pesquisa em Ecotecnologia e Limnologia do IPH/UFRGS**

# Contextualização

Temperatura da água  
de lagos e  
reservatórios

Físicos: solubilidade de  $O_2$

Químicos: taxa das reações

Biológicos: distribuição de  
espécies



# Medição da temperatura da água

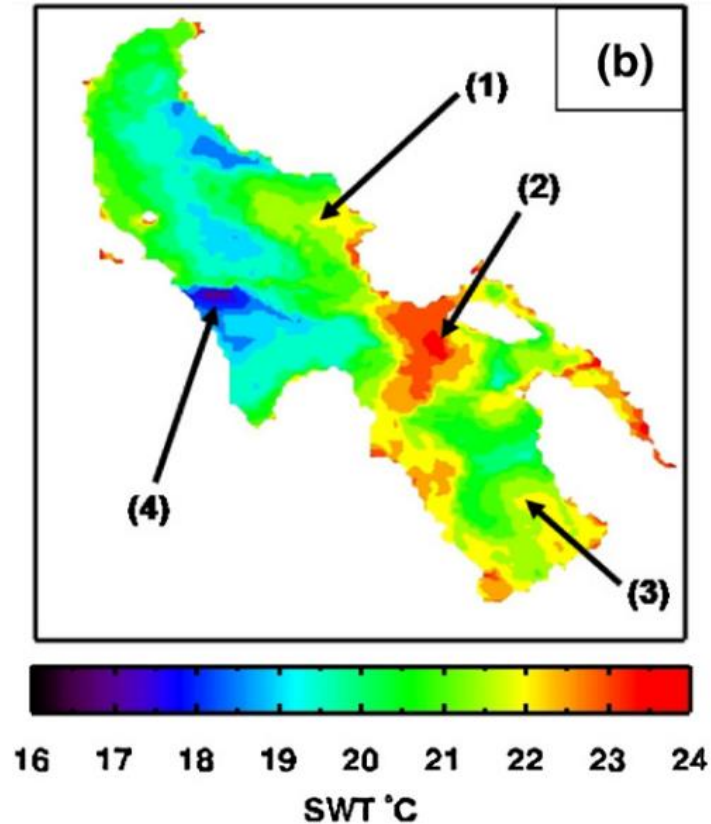
## Medição *in situ*

- Precisão da ordem de 0,1°C
- Depende de **equipamento** e trabalho de **campo** (custoso)
- Medida **pontual** espacialmente
- Medida **pontual** temporalmente (exceção: sensores de alta frequência)
- Monitoramento depende da frequência de **trabalho de campo**

## Medição por sensores a bordo de satélites

- Precisão da ordem de 1-2°C
- Depende apenas da disponibilidade de **imagens** para o local estudado
- Medição **especializada**
- Temperatura limitada à **superfície** da água (0,1 mm do topo da camada)
- Pode **complementar** o monitoramento *in situ*

# Medição da temperatura da água por sensoramento remoto



Fonte: Crosman e  
Morel (2009)

# Medição da temperatura da água por sensoriamento remoto



- Dois sensores mais utilizados na literatura: MODIS e Landsat 7 ETM+ (e.g. Crosman e Horel, 2009; Lamaro et al., 2013)
- Poucos trabalhos validando a medição por sensores remotos no hemisfério sul (Lamaro et al., 2013; Allan et al., 2016)
- Muitas metodologias que podem ser aplicadas ao Landsat 7
- Nenhum trabalho que efetivamente compare o desempenho de dois ou mais sensores em um mesmo corpo d'água



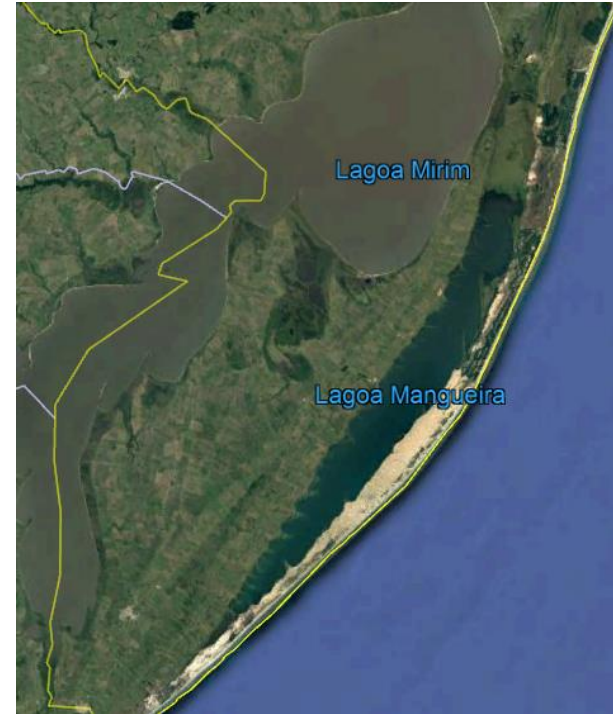
# Objetivo

- Avaliar a precisão de estimativas de temperatura de superfície da Lagoa Mangueira pelo produto MOD28 do MODIS e diferentes metodologias aplicadas ao Landsat 7 ETM+



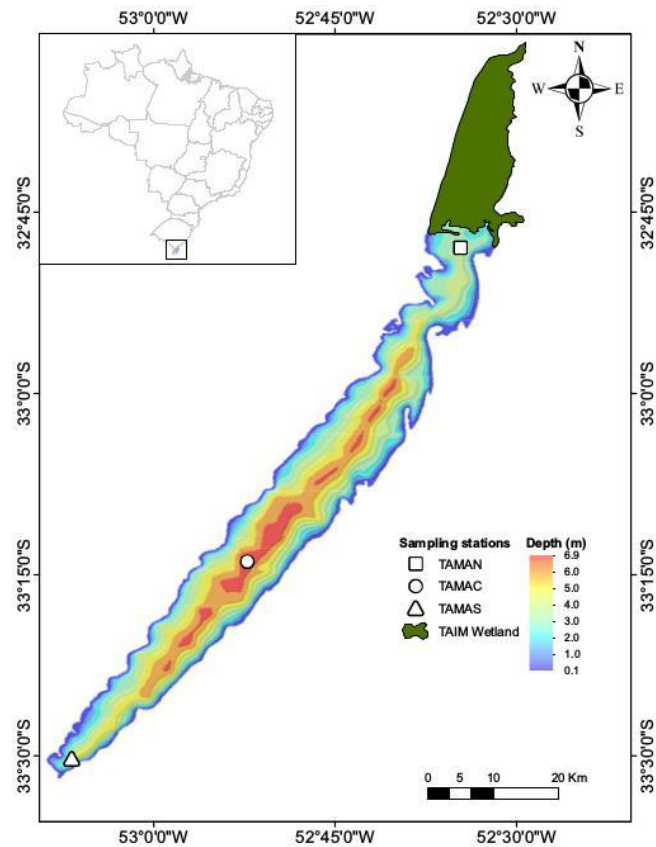
# Área de estudo

- Lagoa Mangueira: grande lago raso subtropical localizado no sul do Rio Grande do Sul
- 820 km<sup>2</sup> e formato achatado: 90 km x 3-10 km
- Profundidade média de 2,6 m
- Foco de estudo do grupo de pesquisa (e.g. Fragoso Jr., 2008; Cavalcanti et al., 2016; Munar et al., 2018)



Fonte: Google Earth

# Dados de campo





# Dados de campo

- Várias idas ao campo num período de 9 anos: 2001-2008
- Espaçadas em 3 estações: Norte, Central e Sul
- Limitação da passagem do satélite Landsat 7 e da presença de nuvens sobre as estações na hora do imageamento



# Datas dos dados e imagens

<b>Dia</b>	<b>Data</b>	<b>Data Landsat</b>	<b>Estações imageadas</b>	<b>Data MODIS</b>	<b>Estações imageadas</b>
1	21/08/2001	mesma data	todas	mesma data	Norte e Central
2	24/10/2001	mesma data	todas	mesma data	todas
3	29/01/2002	28/01/2002	todas	mesma data	todas
4	19/11/2002	mesma data	Central e Sul	mesma data	apenas Central
5	21/10/2003	mesma data	Central e Sul	mesma data	Norte e Central
6	10/02/2004	mesma data	Central e Sul	mesma data	Central e Sul
7	03/05/2005	mesma data	todas	não disponível	não disponível
8	12/11/2008	mesma data	todas	mesma data	todas

# MOD28

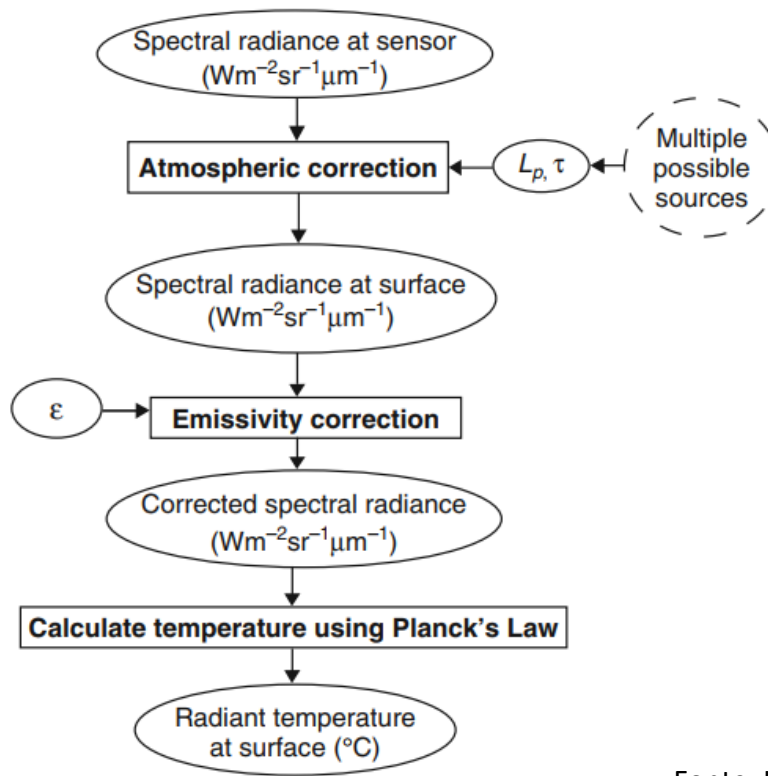
- Produto de Sea Surface Temperature (SST)
- Faixa do infravermelho termal ( $\sim 11 \mu\text{m}$ ), diário e com 4 km de resolução espacial
- Download direto do FTP PO.DAAC/JPL da NASA/Caltech
- Extração da temperatura de cada data em cada estação usando o ArcMap<sup>©</sup>



# Landsat 7 ETM+

- 30 m de resolução espacial/16 dias
- Banda B6<sub>2</sub> → infravermelho termal
- Banda de qualidade dos pixels → remoção dos pixels contaminados com nuvens
- Considerado um retângulo de 990 m x 480 m em torno de cada estação (aumento do número de pixels, devido às nuvens e às falhas do sensor)
- Emissividade constante de 0,99

# Correção dos efeitos atmosféricos



# Correção dos efeitos atmosféricos

- Duas metodologias comparadas
- Equação de transferência radiativa: parâmetros de correção do AtmCorr (Barsi et al., 2003)
- Algoritmo de canal único (“*single-channel*”) (Jímenez-Muñoz e Sobrino, 2003)
  - Duas bases de dados: TIGR3 e SAFREE
  - Duas fontes de vapor d’água atmosférico: MOD07L2 e AtmCorr

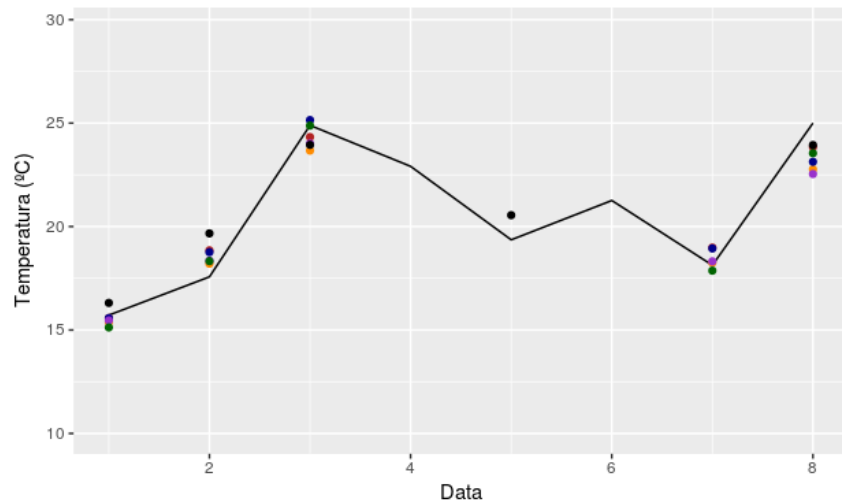


# Resultados e Discussão

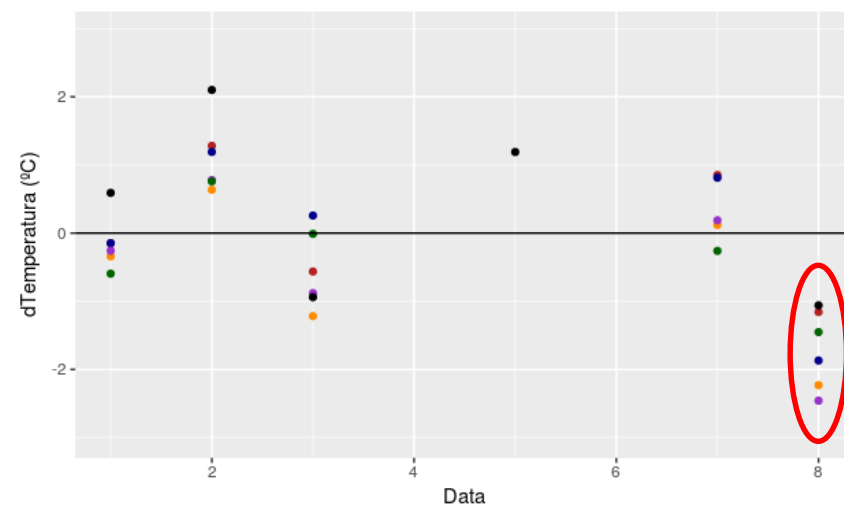
Estimador	Erro absoluto (°C)	Viés (°C)	REQM (°C)	$r^2$
<b>MODIS-SAFREE</b>	0,987	-0,728	1,267	0,900
<b>MODIS-TIGR3</b>	0,897	-0,140	1,037	0,902
<b>AC-SAFREE</b>	0,927	-0,632	1,241	0,894
<b>AC-TIGR3</b>	0,809	-0,035	0,980	0,916
<b>AtmCorr</b>	0,666	-0,096	0,818	0,955
<b>MOD28</b>	1,169	0,288	1,328	0,852

# Resultados e Discussão

Temperaturas na Estação Norte



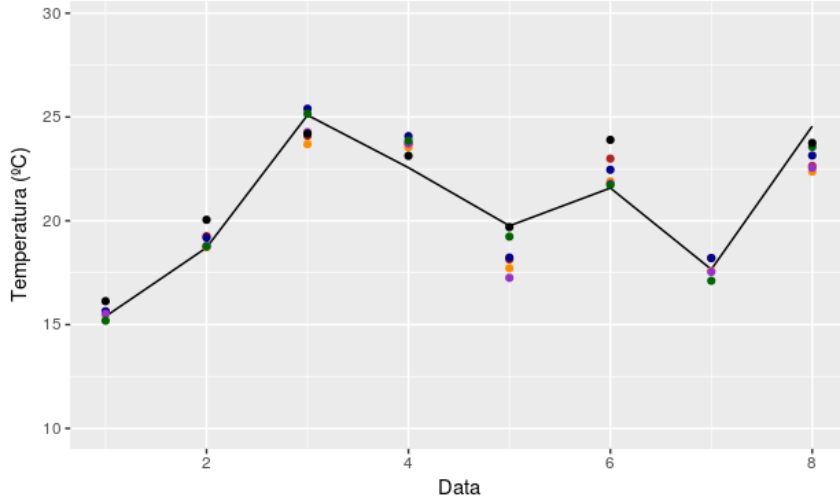
Diferenças de temperatura na Estação Norte



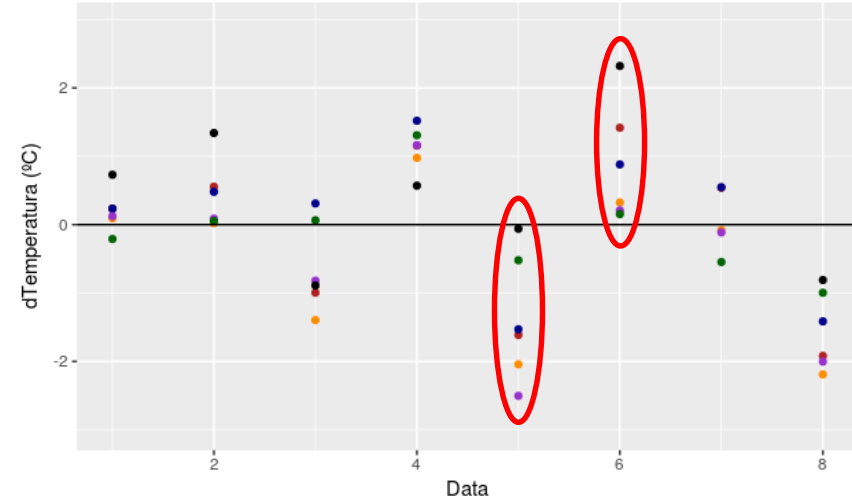


# Resultados e Discussão

Temperaturas na Estação Central

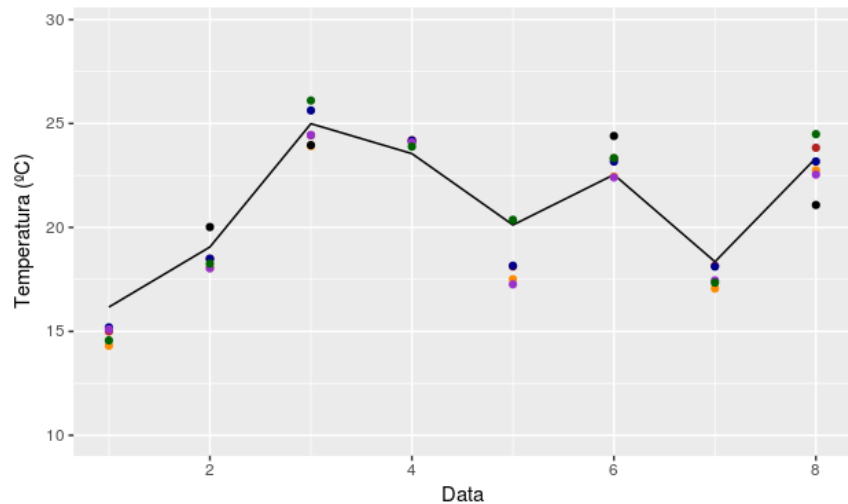


Diferenças de temperatura na Estação Central

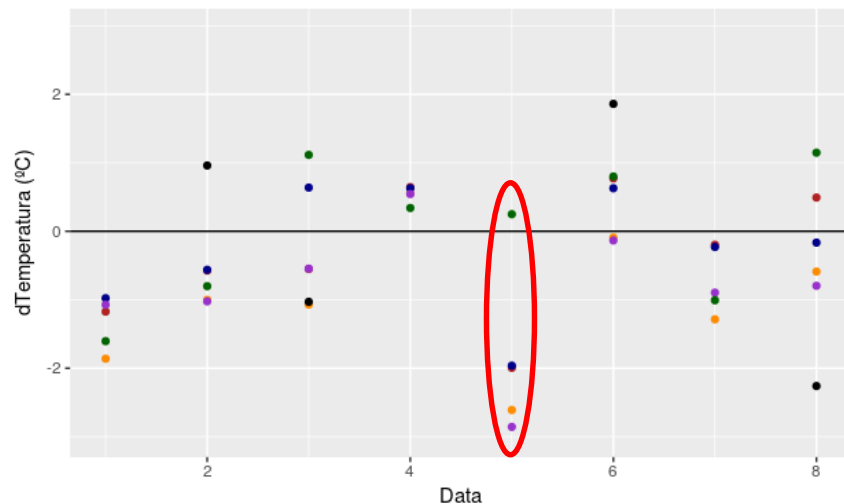


# Resultados e Discussão

Temperaturas na Estação Sul



Diferenças de temperatura na Estação Sul



# Resultados e Discussão

- Maioria das estimativas com  $\Delta T < 2^{\circ}\text{C}$
- Landsat mais acurado e preciso que o MOD28
- AtmCorr mostrou os melhores resultados
- Para o algoritmo de canal único: base de dados  $\rightarrow$  TIGR3; vapor d'água do MODIS mostrou bons resultados e é o recomendado por ser espacializado

# Resultados e Discussão

- Resultados encontrados aqui são similares aos encontrados na literatura
- Subestimação da temperatura: efeito de pele fria – “*cool skin layer effect*” (Schneider e Mauser, 1996; Crosman e Horel, 2009; Lamaro et al., 2013)



# Conclusão

- Bom desempenho de todos os produtos/métodos
- AtmCorr mostrou o melhor desempenho:  $REQM = 0,818^{\circ}C$ ;  
 $r^2 = 0,955$
- MOD28 mostrou desempenho inferior ao Landsat, e recomenda-se ser utilizado apenas quando haja necessidade de maior frequência de dados, dada sua resolução temporal e facilidade de uso
- Maior investigação do efeito de pele fria na estimativa da temperatura da água a partir de imagens de satélite

# Agradecimentos



# Referências

- Allan, M. G., Hamilton, D. P., Trolle, D., Muraoka, K. E McBride, C. (2016). Spatial heterogeneity in geothermally-influenced lakes derived from atmospherically corrected Landsat thermal imagery and three-dimensional hydrodynamic modelling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 50, 106–116.
- Barsi, J. A., Barker, J. L., e Schott, J. R. (2003). An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earth-sensing instrument. In *Proceedings of the 2003 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'03)*, volume 5, pgs. 3014–3016
- Crosman, E. T., e Horel, J. D. (2009). MODIS-derived surface temperature of the Great Salt Lake. *Remote Sensing of Environment* 113(1):73–81.
- Cavalcanti, J. R., Motta-Marques, D. M. L., e Fragoso Jr, C. R. (2016). Process-based modeling of shallow lake metabolism: spatio-temporal variability and relative importance of individual processes. *Ecological Modelling*, 323:28–40.
- Fragoso Jr, C. R., Motta-Marques, D. M., Collischonn, W., Tucci, C. E., e van Nes, E. H. (2008). Modelling spatial heterogeneity of phytoplankton in Lake Mangueira, a large shallow subtropical lake in South Brazil. *Ecological Modelling*, 219(1-2):125–137.
- Handcock, R. N., Torgersen, C. E., Cherkauer, K. A., Gillespie, A. R., Tockner, K., Faux, R. N., e Tan, J. (2012). Thermal infrared remote sensing of water temperature in riverine landscapes. *Fluvial Remote Sensing for Science and Management*, pgs. 85–113.
- Jiménez-Muñoz, J. C. E Sobrino, J. A. (2003). A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research* 108:D22.
- Lamaro, A. A., Mariñelarena, A., Torrusio, S. E., e Sala, S. E. (2013). Water surface temperature estimation from Landsat 7 ETM+ thermal infrared data using the generalized singlechannel method: Case study of Embalse del Río Tercero (Córdoba, Argentina). *Advances in Space Research* 51(3):492–500.
- Munar, A. M., Cavalcanti, J. R., Bravo, J. M., Marques, D. M. L. D. M., e Fragoso Júnior, C. R. (2018). Can chlorophyll-a in meso-oligotrophic shallow waters be estimated using statistical approaches and empirical models from MODIS imagery?. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 23.
- Schneider, K., e Mauser, W. (1996). Processing and accuracy of Landsat Thematic Mapper data for lake surface temperature measurement. *International Journal of Remote Sensing* 17(11):2027–2041.