

# FATORES INFLUENTES NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO DO OESTE BAIANO.

Daniel Pereira Guimarães<sup>1</sup>; Elena Charlotte Landau<sup>1</sup>; Gabriel Ribeiro Brandão<sup>2</sup>  
*Autor para correspondência: daniel.guimaraes@embrapa.br*

<sup>1</sup>Pesquisador(a) da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; <sup>2</sup>Discente de Graduação da Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG

## RESUMO

A região do MATOPIBA, acrônimo das siglas dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia é uma nova fronteira agrícola do Brasil cuja exploração deu-se a partir de meados da década de 1980 em área de solos arenosos, baixa capacidade de retenção de água e riscos climáticos ocasionados pela alta demanda evaporativa da atmosfera e riscos de degradação ambiental. As alterações espaço-temporais e os impactos da temperatura na superfície dos oceanos foram analisados com o uso de uma rede neural artificial. Os resultados mostraram tendências de alterações em função dos meses do ano, da longitude, durante os últimos 35 anos e a temperatura da superfície do Atlântico Sul. A temperatura do Pacífico – Niño 3.4 exerce pouca influência na evapotranspiração de referência da Mesoregião do Extremo Oeste Baiano. As maiores variações da evapotranspiração ocorrem no sentido longitudinal correspondendo às mudanças do bioma Cerrado para a Caatinga. Temperaturas abaixo da média no Atlântico Sul tendem a aumentar a ETo entre os meses de julho a outubro, período de maior estiagem, e o inverso ocorre com o aumento da temperatura oceânica. O processo de modelagem indicou uma forte tendência de aumento da evapotranspiração entre os anos de 1983 e 2018, que pode estar relacionado às mudanças climáticas, alterações no albedo ou a variações climáticas naturais uma vez que a região sofreu forte estiagem entre os anos de 2010 e 2016.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evapotranspiração; Rede Neural; Temperatura Oceanos

## FACTORS AFFECTING THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ON THE WEST OF BAHIA REGION.

### ABSTRACT

The Matopiba Region, an acronym of the Brazilian States of Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia, is considered a new agricultural frontier on this country. Its agricultural exploration began in the mid-1980s in areas of sandy soils, low water retention capacity, and climatic risks due to the high evaporative demand of the atmosphere and risks of environmental degradation. Spatio-temporal changes and the impacts of temperature on the surface of the oceans changes were analyzed using an artificial neural network. The results showed trends of change during the last 35 years related to the months of the year, the longitude and the surface temperature of the South Atlantic Ocean. Changes on the temperature of the Pacific Ocean - Niño 3.4 showed little influence on the reference evapotranspiration of the Mesoregion “Extremo Oeste da Bahia”. The greatest variations of the evapotranspiration occur in the longitudinal direction, corresponding to the changes from the Cerrado biome to the Caatinga biome. Below average temperatures in the South Atlantic Ocean tend to increase ETo between July and October, the period of greatest drought, and the opposite occurs with the increase in ocean temperature. The modeling process indicated a strong tendency to evapotranspiration increase between the years 1983 and 2018, which may be related to climate changes, changes in albedo or natural climatic variations since the region suffered a severe drought between 2010 and 2016.

**KEY-WORDS:** Evapotranspiration; Neural Network; Sea Surface Temperature

## INTRODUÇÃO

O agronegócio tem se tornado a atividade mais dinâmica e produtiva do país e seu crescimento se baseia no uso de sistemas de produção eficientes baseados no conhecimento de informações sobre o clima, manejo dos solos, nutrição de plantas, melhoramento genético e biotecnologia. Esses avanços no conhecimento vêm contribuindo para a prática da agricultura em áreas antes consideradas como marginais como as de solos arenosos. Nesse contexto situa-se a mesorregião do Extremo Oeste Baiano, principal polo de produção de grãos do Matopiba. A região possui uma extensão territorial de 117 mil km<sup>2</sup> e situa-se entre as coordenadas -10,05° e -15,30° de latitude sul e entre -43,25° e -46,70° de longitude oeste (Santos et al. 2018). A oferta hídrica relacionada aos cursos d'água e o Aquífero Urucua contribuíram para a rápida expansão da agricultura irrigada na região. Sano et al. (2011) mostram a rápida expansão das áreas agrícolas e da pecuária nessa região e que em 2005 o município de Luís Eduardo Magalhães já contava com 55% de sua área destinada para a produção de grãos, especialmente soja, milho e algodão. No entanto, o grau de conhecimento sobre a região é ainda limitado. Batistella e Valladares (2009) evidenciaram a associação entre a expansão agropecuária e a degradação ambiental durante a abertura e expansão da fronteira agrícola no Extremo Oeste Baiano. Embora a abertura dessa nova fronteira agrícola tenha se dado a partir da década de 1980, apenas em maio de 2015 o governo federal instituiu o DECRETO nº 8447 criando o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba (PDA-Matopiba) visando o ordenamento de políticas agrícolas e pecuárias para essa região.

Na área agrícola, a caracterização da variabilidade climática é de grande importância para a definição e uso racional dos sistemas de produção a serem implementados. A disponibilidade hídrica apresenta relação direta com o crescimento e produção das culturas. A relação entre a entrada de água nos solos (chuva, irrigação) e a perda de água para a atmosfera pela evaporação do solo e transpiração das plantas (evapotranspiração) determina o cálculo do balanço hídrico onde os excedentes e escassez de água são contabilizados (Camargo & Camargo, 2000). Enquanto as informações sobre as chuvas estão disponíveis (ex: Agência Nacional de Águas - <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>), informações sobre a evapotranspiração são limitadas em função da inclusão de diferentes variáveis meteorológicas em sua determinação. Na mesorregião do Extremo Oeste Baiano existem apenas duas estações meteorológicas convencionais com séries históricas de dados superiores a 20 anos. A evapotranspiração de referência, anteriormente referenciada como evapotranspiração potencial, apresenta importância essencial para definir o uso racional da água na agricultura, atividade de maior consumo desse recurso natural (Carvalho et al. 2011). Fundamental também para a determinação do Coeficiente de Cultura (Kc) que representa a demanda hídrica das culturas agrícolas (Bezerra e Oliveira, 1999), para a formulação de modelos de crescimento e produção (Calve, 2011) e para a elaboração de zoneamentos agrícolas de riscos climáticos (Steinmetz e Silva, 2017).

## OBJETIVOS DO TRABALHO

Identificar a variabilidade espacial da evapotranspiração de referência na Mesorregião do Extremo Oeste Baiano, tendências das variações espaço-temporal e as relações funcionais com a temperatura da superfície do mar no Atlântico Sul (0-20°S, 30°W-10°E) e Pacífico (5°N-5°S, 170°W-120°W) visando contribuir para o uso de práticas agrícolas apropriadas para as condições climáticas locais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A insuficiência de séries históricas de dados meteorológicos, especialmente em países de grandes dimensões e áreas remotas, caso típico do Brasil, tem-se buscado a combinação de informações obtidas por estações terrestres com bases de dados originadas de plataformas remotas (sensores embarcados em satélites) e outras derivadas de informações em grade (Warta et al. 2015). Optou-se pela utilização das informações meteorológicas diárias distribuídas pelo sistema NASA-POWER (<https://power.larc.nasa.gov>)(Stackhouse et

al., 2015) em grid de 0,5° x 0,5° a partir de 1981. Após julho de 1983 foram incorporadas as informações sobre a radiação solar permitindo o acesso à todas as variáveis requeridas para a determinação da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith. As variáveis meteorológicas incluídas no cálculo são: temperatura máxima, mínima e média (°C), umidade relativa (%), pressão atmosférica (kPa), velocidade do vento a 10 m (m/s) e radiação solar (kWh/m<sup>2</sup>/dia). A determinação da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith é dada pela equação:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \lambda \frac{900}{(T+273)} U_2 (es - ea)}{\Delta + \lambda(1 + 0,34U_2)} \quad \text{Eq. (45)}$$

Onde:

$ET_o$  = evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>),

$R_n$  = saldo de radiação na superfície (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>),

$G$  = fluxo de calor sensível no solo (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>),

$T$  = temperatura média do ar a 2 m do solo (°C),

$U_2$  = velocidade do vento a 2 m (m.s<sup>-1</sup>),

$es$  = pressão de saturação de vapor (kPa),

$ea$  = pressão parcial de vapor (kPa),

$\Delta$  = declividade da curva de pressão de vapor de saturação (kPa.°C<sup>-1</sup>),

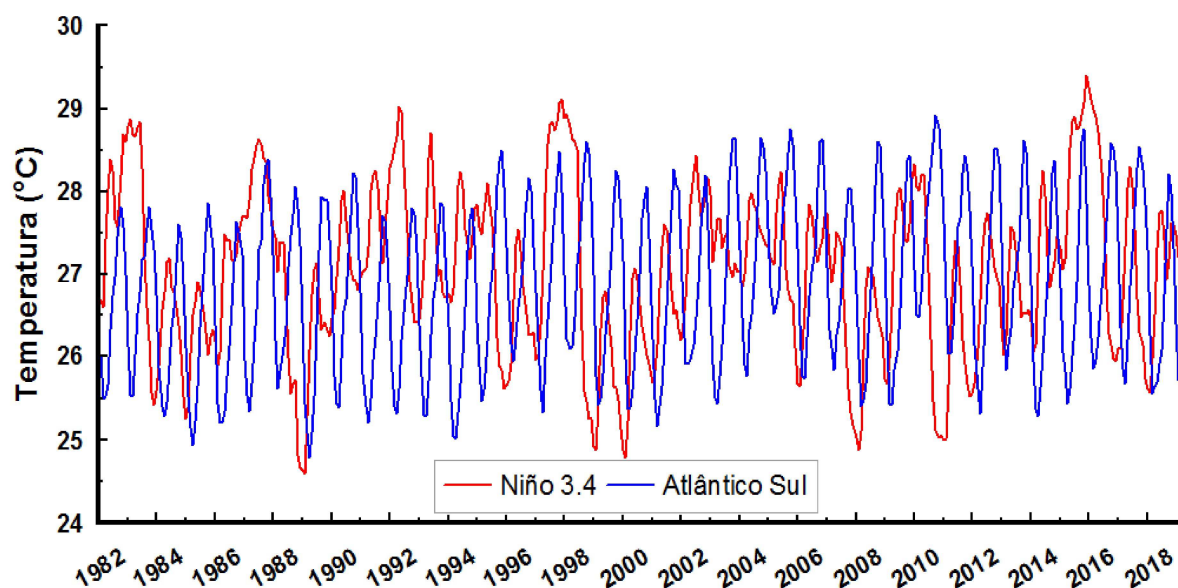
$\lambda$  = coeficiente psicrométrico (kPa.°C<sup>-1</sup>).

Essa fonte de dados foi usada pelo Grupo de Estudos em Agrometeorologia da Unesp para o desenvolvimento do aplicativo para smartphones EVAPO que permite a determinação da evapotranspiração de referência atual e histórico para qualquer ponto no país (Maldonado et al. 2019).

A figura 1 mostra a localização geográfica da mesorregião do Extremo Oeste Baiano no Brasil e os pontos indicativos das séries históricas das variáveis meteorológicas do sistema NASA POWER usadas para a determinação da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith. Para fins de análise, as evapotranspirações diárias foram convertidas para bases mensais em consonância com as informações sobre a temperatura nos oceanos disponibilizadas pela agência americana NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* ([www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov)) e apresentadas na Figura 2.



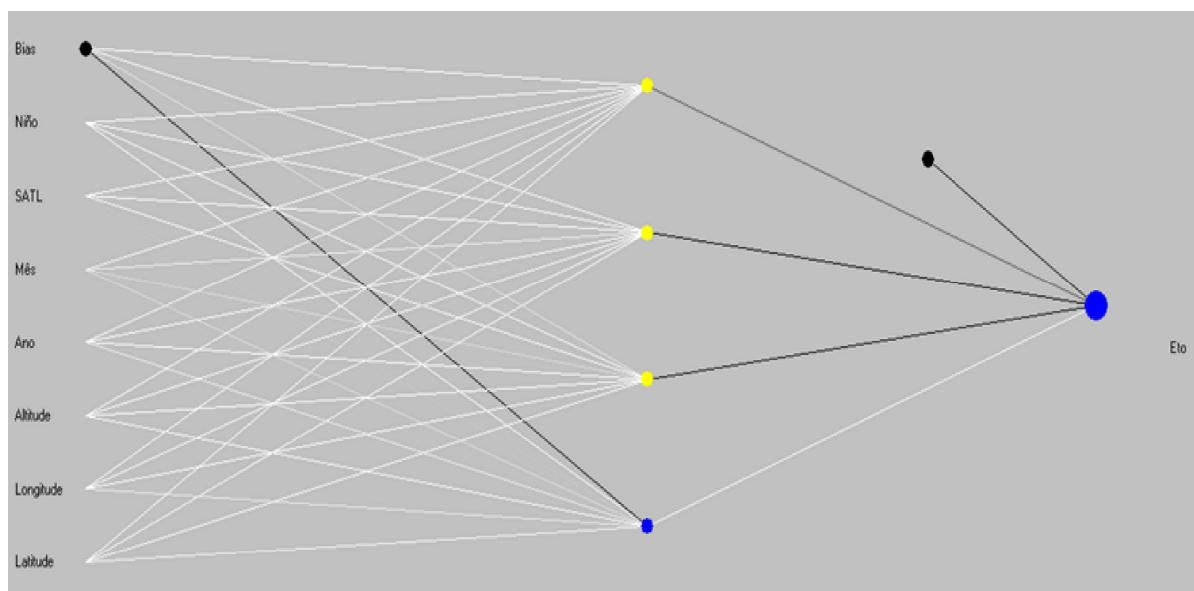
**Figura 1.** Localização geográfica da mesorregião do Extremo Oeste Baiano e grid das séries meteorológicas do sistema NASA POWER sobre a área.



**Figura 2.** Variação mensal da temperatura da superfície do oceano Pacífico (Niño 3.4) e do Atlântico Sul entre 1982 e 2019. Fonte: [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov).

A análise da variabilidade espaço-temporal e dos efeitos da temperatura de superfície dos oceanos Atlântico Sul e Pacífico (Niño 3.4) sobre a evapotranspiração de referência (ETo) foi efetuada pelo treinamento de uma rede neural artificial do tipo regressão neural cuja arquitetura é apresentada na Figura 3.





**Figura 3.** Arquitetura da rede neural artificial usada para a modelagem da variabilidade da evapotranspiração de referência (ETo) no Oeste Baiano.

As variáveis incluídas na análise expressam as variações de localização (latitude, longitude e altitude), de tempo (mês e ano) e as temperaturas na superfície do mar (Niño = Niño 3.4 e SATL = temperatura da superfície no Atlântico Sul). Bias refere-se ao erro aleatório. Foram adotadas 4 camadas de neurônios sendo uma destinada para identificar as associações de tendências lineares e as demais para a modelagem das associações não-lineares. Para o treinamento da rede neural artificial usou-se o software Tiberius (<http://www.tiberius.biz/>) e os processos iterativos foram mantidos até a estabilização dos erros residuais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a estabilização dos resíduos pelos processos iterativos, obteve-se a seguinte equação neural:

$$\begin{aligned}
 ETo = & (((3.42740e-02 * (((Latitude * (4.50754e-04)) + 5.70204e-03) + ((Longitude * (1.54361)) + \\
 & 69.44710) + ((Altitude * (-1.70642e-02)) + 10.97230) + ((Ano * (0.18402)) - 368.14965) + ((Mês * (- \\
 & 1.61514)) + 10.49847) + ((SATL * (3.21146)) - 80.59151) + ((Niño * (0.49080)) - 13.25183) - 40.36524) + \\
 & 0.47864 * (\text{Tanh}(((Latitude * (-0.05375)) - 0.67994) + ((Longitude * (0.12314)) + 5.54044) + ((Altitude * \\
 & (5.92141e-04)) - 0.38074) + ((Ano * (3.68836e-03)) - 7.37856) + ((Mês * (-0.57888)) + 3.76276) + ((SATL \\
 & * (-0.92417)) + 23.19204) + ((Niño * (0.15650)) - 4.22560) + 0.80864)) + 0.85954 * (\text{Tanh}(((Latitude * \\
 & (0.05743)) + 0.72649) + ((Longitude * (-6.86122e-03)) - 0.30868) + ((Altitude * (1.39626e-04)) - \\
 & 8.97795e-02) + ((Ano * (-7.41751e-03)) + 14.83874) + ((Mês * (0.55764)) - 3.62467) + ((SATL * \\
 & (0.25776)) - 6.46867) + ((Niño * (-1.34768e-02)) + 0.36387) + 2.27350e-03)) + 0.14201 * (\text{Tanh}(((Latitude \\
 & * (0.19039)) + 2.40854) + ((Longitude * (-0.14522)) - 6.53387) + ((Altitude * (-7.07807e-04)) + 0.45512) + \\
 & ((Ano * (4.90413e-02)) - 98.10721) + ((Mês * (-0.37541)) + 2.44021) + ((SATL * (-1.88080)) + 47.19889) \\
 & + ((Niño * (-0.55891)) + 15.09058) - 2.63244)) + 1.09164/2.0) + 0.5) * 7.75) + 2.47
 \end{aligned}$$

Onde:

ETo: Evapotranspiração de Referência de Penman-Monteith

Latitude e Longitude: Graus Decimais

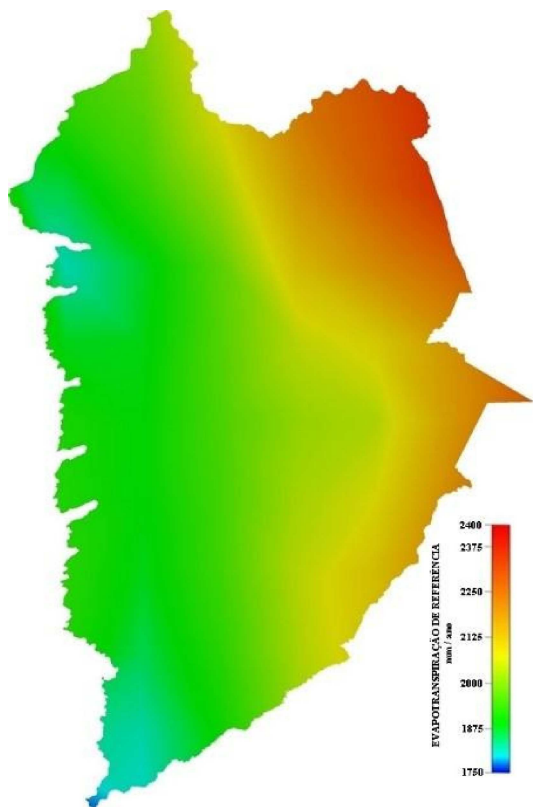
Altitude: Metros

Niño: Temperatura do Oceano Pacífico (5°N-5°S, 170°W-120°W)

SATL: Temperatura do Oceano Atlântico Sul (0-20°S, 30°W-10°E)

A estabilização dos pesos sinápticos pelo processo iterativo indicou que as variáveis de input da rede neural artificial explicaram 50% da variabilidade da evapotranspiração potencial na região estudada. Isso quer dizer que a metade das variações estão associadas às relações funcionais das variáveis de input com a variável de saída (ETo) enquanto a outra metade se deve a flutuações naturais do clima ligados às variações das condições atmosféricas.

A figura 4 mostra a evapotranspiração de referência para a Mesorregião do Extremo Oeste Baiano calculada pelo método de Penman-Monteith com base em séries meteorológicas históricas de 35 anos disponibilizadas pelo sistema NASA POWER.



**Figura 4.** Evapotranspiração de referência média anual na Mesorregião do Extremo Oeste Baiano.

Os altos valores da evapotranspiração de referência evidenciados na figura 4 (médias diárias variando entre 4,6 e 6,6 mm/dia) são explicados pela alta intensidade de radiação solar, alta intensidade dos ventos sobre uma região de superfície plana, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar durante os meses de estiagem das chuvas. As alterações no sentido longitudinal são claramente evidenciadas e estão associadas com as transições do bioma Cerrado com a Caatinga.

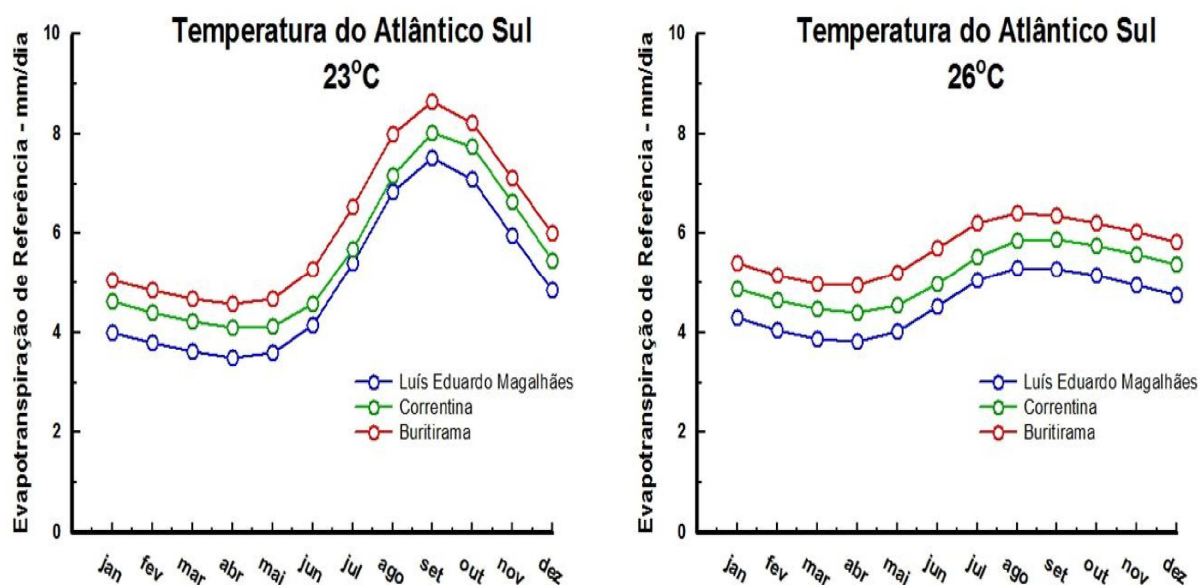
O quadro 1 apresenta o ranqueamento das variáveis de input da rede neural artificial e suas capacidades explicativas das variações espaço-temporal e dos efeitos da temperatura na superfície dos oceanos sobre a evapotranspiração de referência no Oeste Baiano.

**Quadro 1:** Variáveis de input e suas contribuições para explicar as variações da evapotranspiração de referência (ETo) no Oeste Baiano.

Rank	Variável de Input	Correlação Scrambled	Importância Relativa
1	Mês	0,00992	1,000
2	Longitude	0,61632	0,137
3	Temperatura Atlântico Sul	0,63926	0,104

4	Ano	0,64051	0,103
5	Altitude	0,68516	0,039
6	Latitude	0,68752	0,036
7	El Niño	0,69366	0,027

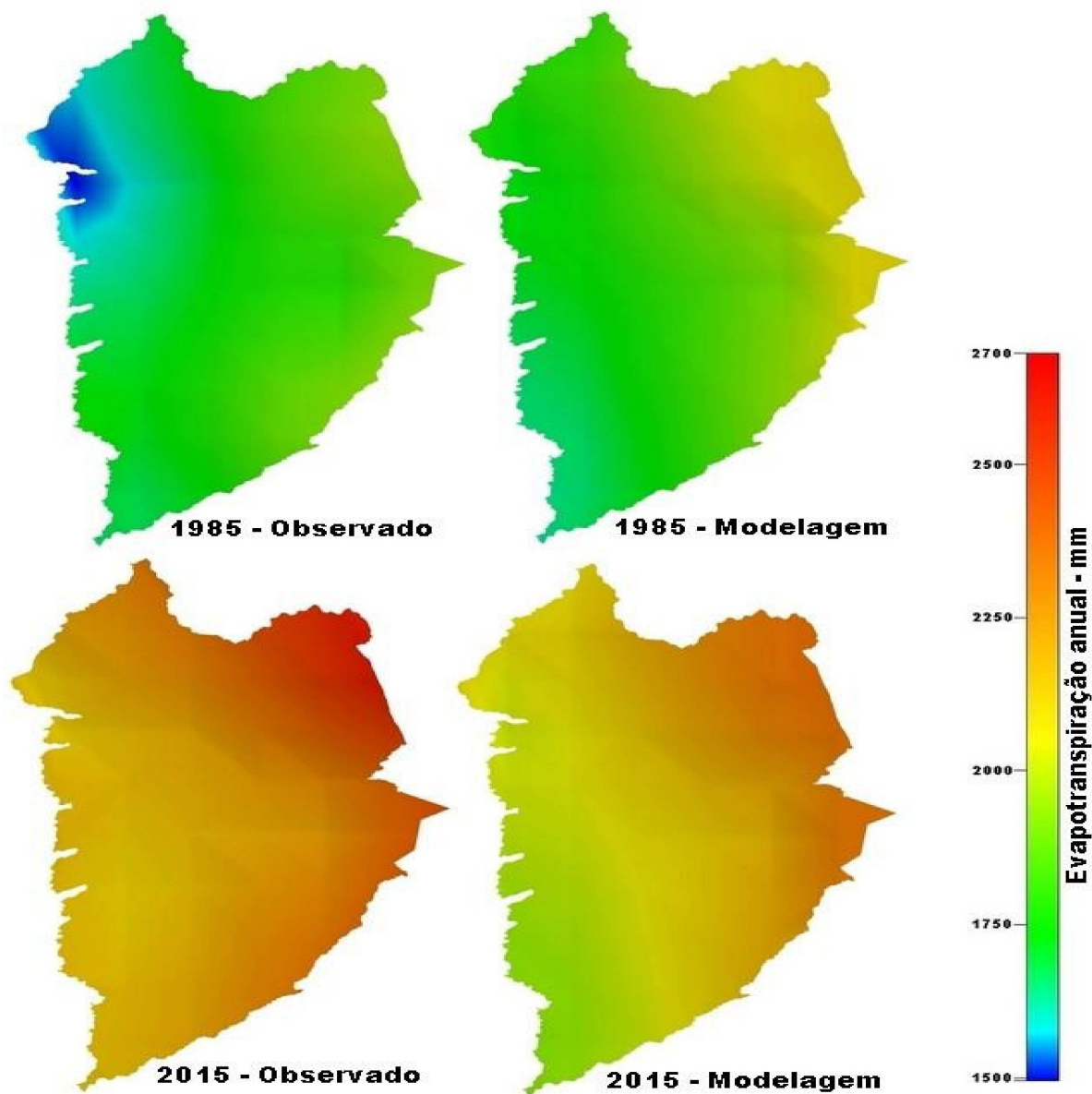
As variações climáticas ao longo do ano relativas à temperatura (inverno-verão) e a existência de período chuvoso precedido por período de estiagem justifica a identificação do mês do ano como responsável pelas maiores variações temporais da evapotranspiração no Oeste Baiano. Os meses de maiores índices de evapotranspiração de referência vão de julho a outubro, correspondendo ao período de maior déficit hídrico no solo. A figura 5 mostra que as variações na temperatura do Atlântico Sul impactam fortemente a ETo nesse período com fortes tendências de aumento quando a temperatura do oceano apresenta resfriamento.



**Figura 5.** Impactos das alterações da temperatura de superfície do Atlântico Sul sobre a evapotranspiração de referência mensal em municípios do Oeste Baiano.

Esses resultados são coerentes com as análises de Silva et al. (2011) para a região Nordeste do Estado de Pernambuco indicando que a temperatura de superfície do Atlântico Sul apresenta maior correlação com a ocorrência de chuvas que a temperatura do Pacífico Equatorial e que temperaturas maiores no Atlântico Sul tendem a provocar maiores ocorrências de pluviosidade, o que contribui para as reduções na demanda evaporativa da atmosfera com tendências a redução da evapotranspiração de referência.

A figura 6 mostra a distribuição espacial da evapotranspiração de referência observados e estimados pela rede neural artificial no Oeste Baiano nos anos de 1985 e 2015. Os valores observados da evapotranspiração de referência no ano de 1985 foram inferiores aos obtidos pelo processo de modelagem estatística. Nesse período a precipitação pluviométrica na região foi de 1500 mm, o que certamente contribuiu para a redução dos índices de ETo em função das reduções das temperaturas e da radiação solar incidente em função da maior nebulosidade. Valores opostos foram obtidos em 2015 quando os valores de ETo obtidos pelo processo de modelagem foram inferiores aos observados. A precipitação média anual sobre a região em 2015 foi de apenas 621 mm de acordo com as bases de dados do NASA POWER e foram precedidas por precipitações abaixo da média desde o ano de 2010. Nesse caso, os menores índices pluviométricos contribuem para maiores índices de aridez com o consequente aumento da evapotranspiração. Marengo et al. (2018) analisaram os principais fatores influentes nos baixos índices de precipitação sobre a Região Nordeste entre 2010 e 2016 reportando os graves danos econômicos e sociais em mais de 1100 municípios da região.



**Figura 6.** Evapotranspiração de referência observada e estimada pela rede neural artificial no Oeste Baiano nos anos de 1985 e 2015.

Coelho et al. (2015) investigaram o forte período de estiagem que se abateu sobre o Brasil em 2014, especialmente sobre a região sudeste do país com graves consequências ambientais, econômicas e sociais. Em 01/12/2015, o lago da represa de Sobradinho, maior reservatório do Nordeste brasileiro apresentava um volume útil, de apenas 1,03%, menor volume desde sua inauguração conforme dados da Operadora nacional do Sistema Elétrico (ONS) - <http://sdro.ons.org.br/SDRO/DIARIO/index.htm>. Salvador (2014) analisando as tendências de mudanças climáticas na região do MATOPIBA usando séries históricas de dados meteorológicos entre 1965 e 2012 reportou a tendência de mudança nos padrões de chuvas com a redução da pluviosidade no mês de outubro e aumento no mês de março. Para a temperatura, o autor identificou tendências de aumentos generalizados e associou essas tendências às mudanças climáticas e ações antrópicas. Correlações entre os índices oceânico-atmosféricos também foram encontradas com a ocorrência das chuvas na região.

## CONCLUSÃO / CONCLUSION

A região do Extremo Oeste Baiano apresenta altas taxas de evapotranspiração para atender as demandas atmosféricas variando longitudinalmente no sentido da transição dos biomas Cerrado – Caatinga.



Temperaturas da superfície do oceano abaixo da média no oceano Atlântico Sul tendem a contribuir para o aumento da evapotranspiração de referência entre os meses de julho e outubro enquanto efeito inverso é verificado no caso de aumento da temperatura marinha.

A região do Extremo Oeste Baiano vem apresentando tendências de aumento na evapotranspiração de referência que podem estar relacionados às mudanças climáticas, alterações no albedo em razão das mudanças do uso e ocupação dos solos ou às variações climáticas naturais.

A adoção de sistemas de produção agrícola que contribuem para a conservação da água nos solos como plantio direto na palha, consórcios de culturas e barreiras quebra-ventos são recomendados para a melhorar a sustentabilidade da agricultura na região do Extremo Oeste Baiano.

## REFERÊNCIAS / REFERENCES

BATISTELLA, Mateus; VALLADARES, Gustavo Souza. Farming expansion and land degradation in Western Bahia, Brazil. *Biota Neotrop.*; Campinas, v. 9, n. 3, p. 61-76, Sept. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032009000300005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032009000300005)>. Acesso em: 24/05/2019.

BEZERRA, F.M.L.; OLIVEIRA, C.H.C. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura nos estádios fenológicos da melancia irrigada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.2, p.173-7, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43661999000200173](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43661999000200173)>. Acesso em: 04/06/2019.

BRASIL. Presidência da República, Decreto Nº 8.447/2015, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2015. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/decreto/d8447.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8447.htm)>. Acesso em: 20/05/2019.

CALVE, Leandro. Estimativa da perda potencial de soja no Paraná através de métodos agrometeorológicos para fins de seguro agrícola. 2011. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 116 p. Disponível em: <[http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256873/1/Calve\\_Leandro\\_M.pdf](http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256873/1/Calve_Leandro_M.pdf)>. Acesso em: 21/05/2019.

CAMARGO, Ângelo Paes; CAMARGO, Marcelo B. Paes. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v59n2/a02v59n2.pdf>>. Acesso em: 12/06/2019.

CARVALHO, Luís Gonsaga; RIOS, Gervásio Fernando Alves; MIRANDA, Wezer Lismar; CASTRO NETO, Pedro. Reference evapotranspiration: current analysis of different estimating methods. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, p.456-465, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pat/v41n3/a20v41n3.pdf>>. Acesso em: 21/05/2019.

COELHO, Caio A. S.; OLIVEIRA, Cristiano Prestrelo de; AMBRIZZI, Tércio; REBOITA, Michelle Simões; CARPENEDO, Camila Bertoletti; CAMPOS, José Leandro Pereira Silveira; TOMAZIELLO, Ana Carolina Nóbile; PAMPUCH, Luana Albertani; CUSTÓDIO, Maria de Souza; DUTRA, Lívia Marcia Mosso; ROCHA, Rosmeri P.; REHBEIN, Amanda. The 2014 Southeast Brazil Austral Summer Drought: Regional Scale Mechanisms and Teleconnections. *Clim Dyn* 46: 3737-3752. 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-015-2800-1>>. Acesso em: 17/06/2019.

MALDONADO, WALTER; VALERIANO, TAYNARA TUANY BORGES; DE SOUZA ROLIM, GLAUCO. EVAPO: A smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 156, p. 187-192, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816991830680X>>. Acesso em: 16/06/2019.

MARENGO, José A.; ALVES, Lincoln M.; ALVALA, Regina C.S.; CUNHA, Ana Paula; BRITO, Sheila; MORAES, Osvaldo L.L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *An Acad Bras Cienc*, 90 (2 Suppl. 1). p. 1973-1985. 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0001-37652018000501973&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0001-37652018000501973&script=sci_arttext)>. Acesso em: 09/06/2019.

RODRIGUES CHAVES, Roseane; NOBRE, Paulo. Interactions between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone. *Geophysical Research Letters*, v. 31 n.3, p.1-4. 2004. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2003GL018647>>. Acesso em: 17/06/2019.

SALVADOR, Mozar de Araújo. ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA NOVA FRONTEIRA AGRÍCOLA DO BRASIL: REGIÃO DO MATOPIBA. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. Tese de Doutorado em Meteorologia. 2014.

SANO, Edson Eyji; SANTOS, Clóvis Caribe Menezes; SILVA, Euzébio Medrado; CHAVES, Joselisa Maria. Fronteira agrícola do oeste baiano: considerações sobre os aspectos temporais e ambientais. *Geociências*, v. 30(3), p. 479-489, 2011. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7189/6634>>. Acesso em: 28/05/2019.

SANTOS, Crislaine Aparecida Pereira; SANO, Edson Eyji; SANTOS, Pablo Santana. Fronteira agrícola e a dinâmica de uso e ocupação dos solos no Oeste da Bahia. *ACTA Geográfica, Boa Vista*, v.12, n.28, p. 17-32, 2018. Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/actageo/article/view/4385/2456>> Acesso: 25/05/2019.

SILVA, Ana Paula Nunes; MOURA, Geber Barbosa de Albuquerque; GIONGO, Pedro Rogério; MEDEIROS, Sérgio Ricardo Rodrigues. Correlação entre as temperaturas da superfície do mar e a quantidade da precipitação na estação chuvosa no nordeste do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n.1, 149 - 156, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n1/a13v26n1.pdf>>. Acesso em: 03/06/2019.

STACKHOUSE JR., P.W; WESTBERG, D.; CHANDLER, W.S; ZHANG, T; HOELL, J.M. Prediction Of Worldwide Energy Resource (POWER) – Agroclimatology Methodology, Version 1.0.2. Washington, DC: The National Aeronautics and Space Administration. 2015. Disponível em: <[https://power.larc.nasa.gov/documents/Agroclimatology\\_Methodology.pdf](https://power.larc.nasa.gov/documents/Agroclimatology_Methodology.pdf)>. Acesso em 01/06/2019.

STEINMETZ, Silvio; SILVA, Silvando Carlos. Início dos estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil. Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 312. 27 p. 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1064577/1/CNPAF2017doc312.pdf>>. Acesso em: 11/06/2019.

WARTA, Justin Van; GRASSINIA, Patricio; YANG, Haishun; CLAESSENS, Lieven; JARVIS, Andrew; CASSMAN, Kenneth. Creating long-term weather data from thin air for cropsimulation modeling. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.209–210, 49–58, 2015. Disponível em: <<http://www.yieldgap.org/documents/10180/35397/Van%20Wart%20et%20al%20Creating%20long-term%20weather%20data%20from%20thin%20air%20for%20crop%20simulation%20modeling%20AFM15.pdf>>. Acesso em: 16/06/2019.