

ESTIAGENS EXTREMAS AFETAM A AGRICULTURA NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

LARISSA FERNANES DIAS PINTO¹; PABLO RICARDO NITSCHÉ²; MARCELO AUGUSTO DE AGUIAR E SILVA³; DANIEL SOARES ALVES⁴ E NATHAN FELIPE DA SILVA CALDANA⁵

¹ *Mestranda em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL, Rodovia Celso Garcia CID, Km 380, Campus Universitário, 86057-970, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: larissafernandesd.lf@gmail.com*

² *Pesquisador do IDR-Paraná, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IDR/PR, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375,86047-902, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: pablo@iapar.br*

³ *Professor do curso de Bacharelado em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL, Rodovia Celso Garcia CID, Km 380, Campus Universitário, 86057-970, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: aguiaresilva@uel.br*

⁴ *Analista C&T do IDR-Paraná, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IDR/PR, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375,86047-902, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: danielsoares@iapar.br*

⁵ *Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL, Rodovia Celso Garcia CID, Km 380, Campus Universitário, 86057-970, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: nathancaldana@gmail.com*

1 RESUMO

A estiagem é um fenômeno meteorológico causador de impactos relevantes para o setor agrícola, sendo considerado o principal frustrador de safras. Foi objetivo deste trabalho quantificar os riscos de ocorrência de estiagens extremas em diferentes macrorregiões no estado do Paraná nas quatro estações do ano. Foram utilizados dados diários de precipitação pluvial de 30 estações meteorológicas do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) e do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), de 1976 a 2015. Para cada ano, determinou-se o número de dias sem precipitação pluvial para os trimestres de verão, outono, inverno e primavera. As estiagens foram identificadas utilizando-se a função de densidade de probabilidade de Gumbel, com os parâmetros α e β obtidos pelo Método de Lieblein a 20% de probabilidade. Concluiu-se que o estado do Paraná está sujeito a períodos de estiagem superiores a 60 dias, em qualquer época do ano. As regiões norte e noroeste estão sujeitas a maiores riscos de ocorrência de estiagens extremas, seguidas pelas regiões centrais, oeste e litorânea. A primavera e o verão são as estações do ano com os menores riscos de estiagem, enquanto que o outono e o inverno são as estações com maiores riscos.

Palavras-chave: anomalia climática, riscos climáticos, planejamento agrícola.

**PINTO, L. F. D.; NITSCHÉ, P. R.; SILVA, M. A. DE A. E; ALVES, D. S.; CALDANA,
N. F. DA S.**

**EXTREME DROUGHTS AFFECT AGRICULTURE IN THE STATE OF PARANÁ,
BRAZIL**

2 ABSTRACT

The drought is a meteorological phenomenon that causes relevant impacts for the agricultural sector, being considered the main frustrating issue of harvests. This work aimed to quantify the risks of occurrence of extreme droughts in different macro-regions in the state of Paraná in the four seasons. Daily rainfall data from 30 weather stations from Rural Development Institute of Paraná (IDR-Paraná) and Meteorological System of Paraná (SIMEPAR) from 1976 to 2015 were used. For each year, the number of days without rainfall was determined for the summer, autumn, winter and spring quarters. The droughts were identified using the Gumbel probability density function, with the α and β parameters obtained from the Lieblein method at 20% probability. It was concluded that the state of Paraná is subject to periods of drought over 60 days, at any time of the year. The north and northwest regions are subject to greater risks of extreme droughts, followed by the central, western and coastal regions. Spring and summer are the seasons with the lowest risk of drought, while autumn and winter are the most risky.

Keywords: climate anomaly, climate risks, agricultural planning

3 INTRODUÇÃO

A estiagem é um fenômeno meteorológico complexo, resultante da interação de diversas anomalias atmosféricas de larga escala, sendo seus principais causadores: as variações nas temperaturas superficiais dos oceanos, formações de bloqueio atmosférico e atuação de massas de ar (GRAYSON, 2013; TERASSI et al., 2018; GELCER et al., 2018). Seus efeitos e consequências afetam principalmente a agricultura, porém, também são sentidos nas áreas econômicas, sociais e ambientais (DOUGLAS et al., 2015). É considerado um dos principais fatores de perdas e prejuízos no setor agrícola, sendo o seu acompanhamento e monitoramento essencial para a mitigação de seus efeitos (BRAZ; PINTO; DE CAMPOS, 2017; CARMELLO, 2018).

Os potenciais impactos destes eventos na agricultura paranaense são relevantes, pois o estado tem como principal atividade econômica o agronegócio. Segundo a CONAB, na safra de 2019/2020 o estado produziu 40,8 milhões de toneladas de grãos, sendo esperado para 2020/2021 aproximadamente

41,4 milhões de toneladas, o equivalente a 15,4% da produção nacional, estimada em 268,3 milhões de toneladas (SOJA, 2021).

Além do mais, o Paraná está localizado na região Sul do Brasil, com sua maior extensão abaixo do trópico de Capricórnio, sendo um território de transição climática, o que faz com que a ação dos elementos meteorológicos em seu território seja extremamente diversificada (NITSCHKE et al, 2019; SILVA et al, 2015; MELO et al, 2015; BERNARDES; AGUILAR; ABE, 1988). Está sujeito ainda, aos efeitos de eventos climáticos como El Niño e La Niña, conhecidos por promoverem precipitações intensas e/ou períodos secos dentre as estações do ano (TERASSI et al, 2018; JOZAMI; CONSTANZO; CORONEL, 2015). Desta forma, a origem das precipitações sobre o Paraná é resultado desta localização e está estritamente relacionada à massas de ar tropicais e polares influentes, derivadas da Amazônia e Calota Polar Sul, respectivamente (ELY; DUBREUIL, 2017).

Em regiões de menores latitudes, nos meses mais quentes, além de predominar a atuação dos sistemas de baixa pressão, predominam as precipitações

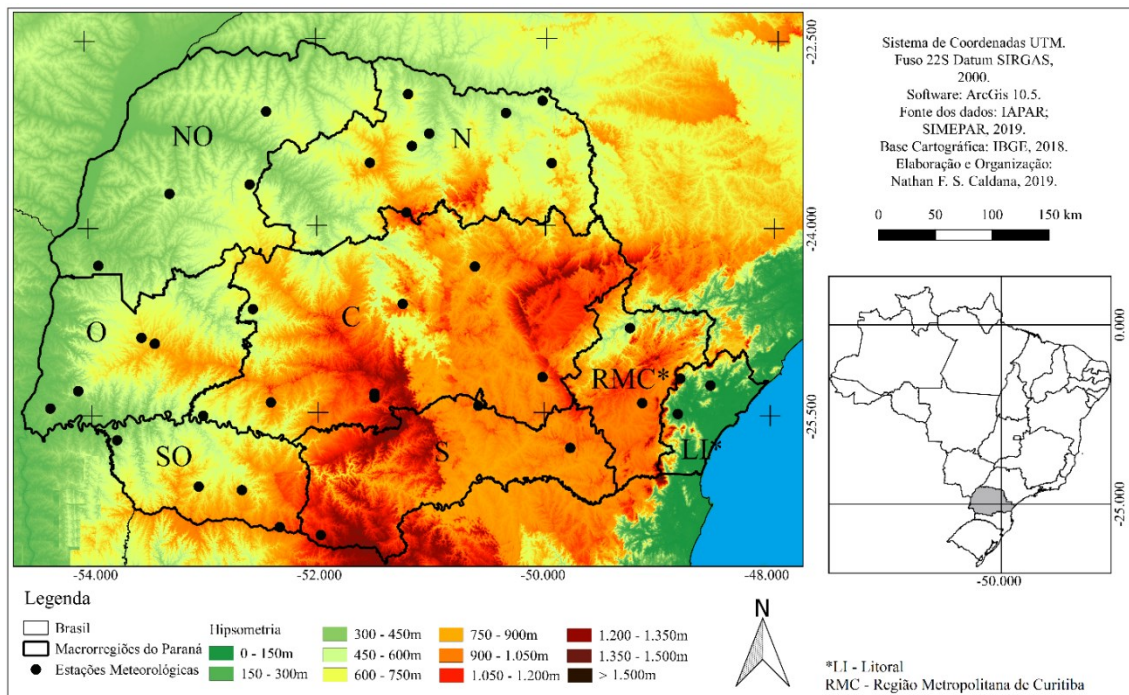
convectivas, em que à medida que aumenta a latitude, aumenta também a participação dos sistemas de alta pressão e das precipitações frontais (BORSATO; MENDONÇA, 2012). Estes mesmos autores, destacam que o estado apresenta precipitações com alta variabilidade temporal, espacial e volumétrica. Bernardes, Aguilar e Abe (1988), já abordavam que apesar de não apresentar uma estação seca definida, no Paraná, é comum a ocorrência de extensos períodos com ausência de precipitação durante os meses chuvosos, o que prejudica a agricultura, principalmente nos períodos críticos de desenvolvimento das culturas, como florescimento e enchimento de grãos (NASCIMENTO JÚNIOR; SANT'ANNA NETO, 2016).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi quantificar os riscos de ocorrência de estiagens extremas em diferentes macrorregiões no estado do Paraná nas quatro estações do ano.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no estado do Paraná, localizado na região Sul do Brasil, entre os paralelos 22° 30' S e 26° 43' S e meridianos 48° 00' O e 54° 38' O. O clima é de transição entre subtropical Cfa, com verões quentes e concentração de precipitações de verão, sem estação seca definida, e Cfb, clima temperado com verões amenos e sem estação seca definida, com altitude variando de 0 a 1300 m (Figura 01).

Figura 1. Mapa com altitude (m), estações meteorológicas utilizadas e macrorregiões do estado do Paraná.



*Norte (N), noroeste (NO), oeste (O), sudoeste (SO), centro (C), sul (S), região metropolitana de Curitiba (RMC) e litoral (LI).

Fonte: Autores (2020)

Utilizaram-se dados diários de precipitação pluvial, no período de 1976 a 2015, da rede de estações meteorológicas do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER (IDR-Paraná) e do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), totalizando 30 estações (Figura 1).

Para a identificação de estiagens extremas, foram calculados o número de dias consecutivos sem precipitação pluvial (NDS) máximo de cada ano, considerando-se apenas os dias em que a precipitação pluvial diária foi menor ou igual a 4 mm (TEIXEIRA et al., 2013).

Agronomicamente, em longos períodos de estiagem, estas precipitações isoladamente não são suficientes para a interrupção do estresse hídrico ao qual as culturas estão submetidas, uma vez que normalmente não excedem a evapotranspiração potencial (ETP). Foram levantados, para cada ano, o NDS para os trimestres denominados como verão (dezembro-janeiro-fevereiro), outono (março-abril-maio), inverno (junho-julho-agosto) e primavera (setembro-outubro-novembro).

Após este levantamento, utilizou-se da função de densidade de probabilidade de Gumbel, definida como:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x-\alpha}{\beta}} e^{-e^{-\frac{x-\alpha}{\beta}}} \quad (1)$$

Em que:

$f(x)$ = Função de densidade de probabilidade;

X = Número de dias sem chuva;

β = parâmetro de posição ou a moda da variável X ;

α = parâmetro de escala.

Sendo que os parâmetros α e β foram obtidos pelo Método de Lieblein:

$$\alpha = \frac{a_j \sum X_j}{K} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{b_j \sum X_j}{K} \quad (3)$$

Em que:

K = número de grupos formados;

j = número de dados utilizados no subconjunto do grupo K .

Os dados de DNS anuais (40 anos) foram organizados em ordem cronológica e subdivididos em dez grupos (K) com quatro anos em cada (j). Dentro de cada grupo, os dados foram ordenados de forma crescente e ponderados de acordo com os pesos estatísticos de Lieblein (ASSIS; ARRUDA; PEREIRA, 1996).

A partir da ordenação dos dados em grupos, foi aplicada a função de probabilidade citada acima (Equação 1) para a obtenção da frequência de ocorrência de NDS. Adotou-se o valor de 20% de probabilidade para estimar a estiagem extrema, em função de este ser referência para o zoneamento de riscos climáticos - ZARC do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2018b).

A partir do georreferenciamento das estações meteorológicas e dos valores de probabilidade de NDS, utilizou-se do software ArcGis® 10.2 para a interpolação por krigagem, com resolução espacial de 900 x 900 m, gerando-se mapas representativos das estiagens extremas para os trimestres analisados.

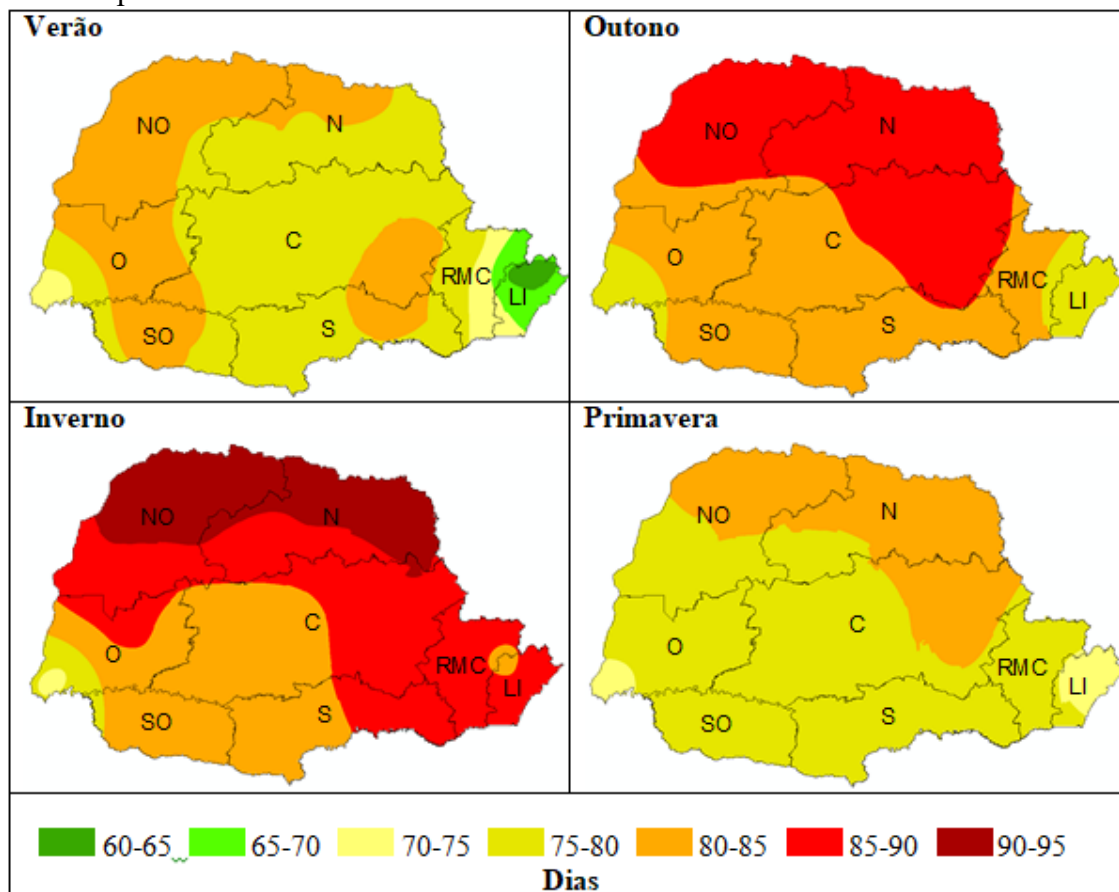
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostram que as estiagens extremas no estado do Paraná podem variar entre 60 e 95 dias ao longo das estações do ano (Figura 02). O período mais longo de estiagem ocorreu no inverno, entre 90 e 95 dias, atingindo as regiões ao norte e noroeste do estado. Possivelmente, essas precipitações são dependentes da entrada de frentes frias, o que naturalmente

já diminui os dias chuvosos. Já o litoral apresenta os períodos mais curtos de estiagem, entre 60 e 65 dias, no verão,

possivelmente devido à influência direta da Serra do Mar na formação de precipitações orográficas e à oceanidade.

Figura 2. Duração, em dias, das estiagens extremas, com 20% de probabilidade, para as estações: verão, outono, inverno e primavera, nas macrorregiões do Paraná no período de 1976 a 2015.



*Norte (N), noroeste (NO), oeste (O), sudoeste (SO), centro (C), sul (S), região metropolitana de Curitiba (RMC) e litoral (LI)

Fonte: Autores (2020)

Em linhas gerais, os resultados encontrados nesse trabalho são coerentes com os obtidos por Fritzsons et al. (2011), cuja caracterização climática para o estado do Paraná foi apresentada com períodos de estiagem durante o inverno, para a região norte, diferentemente do centro e sul do estado, onde consideraram como regiões de precipitação e estiagem intermediária.

Durante o verão paranaense, os períodos de estiagem extrema predominantes variam de 75 a 85 dias (Figura 2). Nas regiões centrais e extremo

oeste, observa-se uma leve redução, ficando entre 75 e 80 dias. Nas regiões norte, noroeste, uma porção do oeste e sudoeste, e pequena parcela do centro, os valores ficaram entre 80 e 85 dias. Com ocorrência de períodos mais curtos na região litorânea, entre 60 e 70 dias.

Essas diferenças na duração das estiagens por todo o estado, é explicada por Wrege et al. (2016), onde os autores expõem que a ocorrência de precipitação intensa e de curta duração, porém com grande variabilidade espacial, favorece a

ocorrência de longos períodos de estiagem, principalmente, no verão. Além disso, a formação de grandes massas de ar quente e seco na região sudoeste do Brasil impede o avanço de sistemas frontais vindos das regiões ao sul do continente, tornando os eventos de estiagem mais recorrentes durante as estações mais quentes do ano (BORSATO; MENDONÇA, 2012; LEIVAS et al., 2014).

Considerando o estado do Paraná um dos maiores produtores de grãos do país, e sendo a safra de verão o principal período de cultivo de soja e milho, a ocorrência de longos períodos de estiagens, entre 75 a 85 dias, podem ocasionar estresse hídrico e acarretar em perdas de produtividade. A cultura da soja apresenta uma maior tolerância a curtos períodos de seca, mas um déficit hídrico durante o período de florescimento e enchimento de grãos, representa o mesmo nível de perdas quando comparado à ocorrência de déficit em todo o ciclo (EMBRAPA, 2013), ou seja, estiagens no período reprodutivo têm maiores impactos no rendimento das culturas, do que no período vegetativo (EMBRAPA, 2020). Efeito contrário ao que acontece com a cultura do milho, sensível ao estresse hídrico e curtos períodos de estiagens em todas as fases de desenvolvimento, porém o déficit hídrico no período vegetativo afeta diretamente a produção fotossintética da planta e, conseqüentemente, o rendimento de grãos (JING et al., 2017; ZHANG et al., 2018).

Para o outono paranaense, os períodos de estiagens extremas possuem uma variação de 75 a 90 dias, apresentando três regiões distintas (Figura 2). Uma área extensa ao norte, noroeste e centro, com estiagens compreendendo período de 85 a 90 dias, outra área compreendendo uma faixa central indo do oeste ao leste do estado, com período seco entre 80 e 85 dias, e uma terceira área com estiagens entre 75 a

80 dias localizada no extremo oeste e no litoral do estado.

Nesta época do ano é realizada a semeadura das culturas de inverno: trigo, aveia, centeio, entre outras. Para essas culturas, estiagens nesse período desencadeiam problemas de germinação, desenvolvimento inicial e estabelecimento de estande (JAHAN et al., 2018; HUSSAIN et al., 2018). No entanto, podem favorecer algumas culturas perenes, tais como citros e café, pois o ciclo fisiológico destas exige períodos de estresse hídrico para quebra de dormência ou uniformidade de floração (TOUNEKTI et al., 2018; MIRANDA et al. 2018; BALFAGÓN, et al., 2018).

Já no inverno paranaense, observam-se os maiores valores de estiagem extrema, variando de 75 a 95 dias (Figura 2). Destaca-se a região norte com estiagens de 90 a 95 dias. Períodos menores são observados no extremo oeste, 75 a 80 dias. Para as demais regiões, estiagens extremas variam entre 80 a 90 dias.

Com períodos longos de estiagem no inverno, principalmente, no extremo norte do estado, algumas das culturas de inverno como o trigo, apesar de tolerar as baixas temperaturas e o déficit hídrico, sofrem com queda de rendimento e produção devido à diminuição da umidade no solo, principalmente, no período de germinação e emborrachamento, o que pode provocar esterilidade das flores, formando grãos com enchimento incompleto (MONTEIRO, 2009). Por outro lado, sabe-se que a cultura do trigo apresenta respostas positivas quando submetidas ao déficit hídrico nos 10 dias anteriores à colheita (ponto de maturidade fisiológica). Entretanto, após este período pode ocorrer declínio no acúmulo e distribuição de biomassa, contribuindo para perda de qualidade e desvalorização do grão (TRICKER et al., 2018; DELL'AMICO et al., 2016).

Para a primavera, no estado do Paraná, a estiagem variou entre 70 e 85 dias

(Figura 2). Observa-se que os maiores valores são registrados nas regiões norte, noroeste e nordeste do estado, com valores entre 80 e 85 dias e, valores menores para o litoral e extremo oeste, entre 70 a 75 dias. No entanto, predominam valores extremos entre 75 e 80 dias sem precipitações para as demais regiões do estado.

Por ser uma estação do ano atingida por frentes e massas de ar frias, a primavera é caracterizada como um período de transição, expressando maior variabilidade dos valores de estiagem. Essa variabilidade afeta diretamente o setor agrícola, pois prejudica o desenvolvimento inicial das culturas de verão, como o milho e a soja, além de causar atraso no ciclo dessas culturas, afetando diretamente a implantação da cultura de inverno do ano seguinte (KULMAN et al., 2014; MARINS; MASSOQUIM; BORSATO, 2016; NÓIA JÚNIOR; SENTELHAS, 2019).

De maneira geral, as diferentes regiões do estado apresentam entre si distintos comportamentos quanto ao número de dias sem chuva, o que torna a quantificação dos riscos de ocorrência de eventos extremos fundamental nos atuais cenários de alterações climáticas, uma vez que tem-se observado um aumento na

frequência e ocorrência desses eventos (CAI et al., 2012; ZHANG; HU, 2018). Desta forma, os resultados obtidos nesse trabalho permitem uma melhor quantificação de riscos associados às estiagens para o estado do Paraná, servindo de ferramenta para a melhoria do planejamento estratégico do setor agropecuário, principalmente, na visão de obtenção de resiliência a possíveis alterações nos riscos climáticos.

6 CONCLUSÕES

O estado do Paraná está sujeito a períodos de estiagem superiores a 60 dias em qualquer estação do ano, com distinções entre as regiões.

As macrorregiões norte e noroeste do estado do Paraná estão sujeitas a maiores riscos de ocorrência de estiagens extremas, seguidas pelas regiões centrais, oeste e litorânea.

As estações da primavera e do verão apresentam os menores riscos de estiagem extrema, enquanto as estações do outono e do inverno apresentam maiores riscos de ocorrência de estiagem extrema.

7 REFERÊNCIAS

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia**. UFPel, Pelotas: Editora Universitária, 1996.

BALFAGÓN, D.; ZANDALINAS, S. I.; BALIÑO, P.; MURIACH, M.; GÓMEZ-CADENAS, A. Involvement of ascorbate peroxidase and heat shock proteins on citrus tolerance to combined conditions of drought and high temperatures. **Plant Physiology And Biochemistry**, Paris, v. 127, n. 1, p. 194-199, jun. 2018.

BERNARDES, L. R. M.; AGUILAR, A. P.; ABE, S. Frequência de ocorrência de veranicos no Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 83-83, 1988.

BORSATO, V.; MENDONÇA, F. A. A Participação da Massa Tropical Atlântica no Estado do Tempo no Centro Sul do Brasil. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 8, p. 293-304, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Portaria n. 257, de 8 de novembro de 2018. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de milho no estado do Paraná. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 2018, n. 215, p. 4-69, 8 nov. 2018a

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Portaria n. 152, de 20 de julho de 2018. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de soja no Estado do Paraná, ano-safra 2018/2019. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 2018, n. 141 p. 4-159, 20 jul. 2018b.

BRAZ, D. F.; PINTO, L. B.; CAMPOS, C. R. J. Ocorrência de eventos severos em regiões agrícolas do Rio Grande do Sul. **Geociências**, Rio Claro, v. 36, n. 1, p. 89-99, 2017.

CAI, W.; LENGAINNE, M.; BORLACE, S.; COLLINS, M.; COWAN, T.; MCPHADEN, M. J.; TIMMERMANN, A.; POWER, S.; BROWN, J.; MENKES, C. More extreme swings of the South Pacific convergence zone due to greenhouse warming. **Nature**, London, v. 488, n. 7411, p. 365-369, ago. 2012.

CARMELLO, V. Soybean trend and yield variation in association with economic and social characterization in Paraná State, Southern Brazil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 40, p. e34, 2018.

SOJA. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**: grãos, Brasília, DF, v. 8, n. 5, p. 1-94, fev. 2021. Safra 2020/21, Quinto levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>. Acesso em: 25 fev. 2021.

DELL'AMICO, J. M.; MARTIN, R. M.; MOMPIE, E. I. J.; GUEVARA, D. M.; LLERENA, R. P. Respuesta fisiológica del trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivar INCA TH 4 al déficit hídrico. **Cultivos Tropicales**, La Habana, v. 37, n. 3, p. 94-102, 2016.

DOUGLAS, P. M. J.; PAGANI, M.; CANUTO, M. A.; BRENNER, M.; HODELL, D. A.; EGLINTON, T. I.; CURTIS, J. H. Drought, agricultural adaptation, and sociopolitical collapse in the Maya Lowlands. **The National Academy of Sciences**, Washington, DC, v. 112, n. 18, p. 5607-5612, abr. 2015.

ELY, D.; DUBREUIL, V. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná–Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 21, n. 13, p. 553-569, 2017.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. (Sistemas de Produção, n. 16)

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. (Sistemas de Produção, n. 17)

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S.; CHAVES NETO, A. Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no Estado do Paraná. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 23, n. 16, p. 555-572, 2011.

GELCER, E.; FRAISSE, C. W.; ZOTARELLI, L.; STEVENS, F. R.; PERONDI, D.; BARRETO, D. D.; MALIA, H. A.; ECOLE, C. C.; MONTONE, V.; SOUTHWORTH, J. Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique. **Agricultural and forest meteorology**, Amsterdam, v. 248, n. 1, p. 316-328, 2018.

GRAYSON, M. Agriculture and drought. **Nature**, London, v. 501, n. 7468, p. S1, 2013.

HUSSAIN, J.; KHALIQ, T.; AHMAD, A.; AKHTAR, J. Performance of four crop model for simulations of wheat phenology, leaf growth, biomass and yield across planting dates. **PLoS one**, San Francisco, v. 13, n. 6, p. e0197546, 2018.

JAHAN, M. A. H. S.; SEN, R.; ISHTIAQUE, S.; CHOUDHURY, A. K.; AKHTER, S.; AHMED, F.; BISWAS, J. C.; MANIRRUZAMAN, M.; MIAH, M. M.; RAHMAN, M. M. Optimizing sowing window for wheat cultivation in Bangladesh using CERES-wheat crop simulation model. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 258, n. 8, p. 23-29, 2018.

JING, Q.; SHANG, J.; HUFFMAN, T.; QIAN, B.; PATTEY, E.; LIU, J.; DONG, T.; DRURY, C. F.; TREMBLAY, N. Using the CSM-CERES-Maize model to assess the gap between actual and potential yields of grain maize. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 155, n. 2, p. 239, 2017.

JOZAMI, E.; CONSTANZO, M.; CORONEL, A. Influencia de “El Niño - Oscilación Sur” sobre las precipitaciones en Paraná y Lucas González (Entre Ríos, Argentina). **Revista de Climatología**, España, v. 15, n. 15, p. 85-92, 2015.

KULMAN, D.; REIS, J. T.; SOUZA, A. C.; PIRES, C. A. F.; SAUSEN, T. M. Occurrence of Drought in Rio Grande do Sul in the period 1981 to 2011. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 441-449, 2014.

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; VICTORIA, D. C.; TORRESAN, F. H.; VICENTE, L. E.; TEIXEIRA, A. H. C.; BOLFE, E. L.; BARROS, T. R. Avaliação do índice de vegetação padronizado no monitoramento indicativo de estiagens em períodos críticos da soja no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 5, p. 1145-1155, 2014.

MARINS, J. A. L.; MASSOQUIM, N. G.; BORSATO, V. A. A influência do clima na dinâmica da paisagem agrícola na região de Campo Mourão/PR entre os anos de 2005 a 2014. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA*, 12., 2016, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: Abcclima, 2016. p. 1772-1782. Disponível em: [http://www.abcclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_4/trabalho%20\(2\).pdf](http://www.abcclima.ggf.br/sbcg2016/anais/arquivos/eixo_4/trabalho%20(2).pdf). Acesso em: 25 fev. 2019.

MELO, L. C.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; VIRGENS FILHO, J. S. Cenários climáticos futuros para o paraná: oportunidades para o setor florestal. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 16, n. 11, p. 120-131, 2015.

MIRANDA, M. T.; SILVA, S. F.; MOURA, B. B.; HAYASHI, A. H.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Hydraulic redistribution in Citrus rootstocks under drought. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, Heidelberg, v. 30, n. 3, p. 165-172, 2018.

MONTEIRO, J. E. B. A. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produ o agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.

NASCIMENTO JÚNIOR, L.; SANT'ANNA NETO, J. L. Contribui o aos estudos da precipita o no estado do Paraná: a oscila o decadal do Pacífico-ODP. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 314-343, 2016.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2019.

N IA JÚNIOR, R. S.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize off-season double crop system in Brazil as affected by El Niño Southern Oscillation phases. **Agricultural Systems**, Essex, v. 173, n. 6, p. 254-267, 2019.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipita o no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 2, p. 181-194, 2015.

TEIXEIRA, C. F. A.; DAMÉ, R. C. F.; BACELAR, L. C. S.; SILVA, G. M.; COUTO, R. S. Intensidade da seca utilizando índices de precipita o. **Revista Ambiente &  gua**, Taubaté, v. 8, n. 3, p. 203-213, 2013.

TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; G IS, G.; GALVANI, E. Variabilidade do  ndice de Precipita o Padronizada na Região Norte do Estado do Paraná Associada aos Eventos de El Niño-Oscila o Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 33, n. 1, p. 11-25, mar. 2018.

TOUNEKTI, T.; MAHDHI, M.; AL-TURKI, T. A.; KHEMIRA, H. Water relations and photo-protection mechanisms during drought stress in four coffee (*Coffea arabica*) cultivars from southwestern Saudi Arabia. **South African journal of botany**, Pretoria, v. 117, n. 4, p. 17-25, 2018.

TRICKER, P. J.; ELHABTI, A.; SCHMIDT, J.; FLEURY, D. The physiological and genetic basis of combined drought and heat tolerance in wheat. **Journal of experimental botany**, Oxford, v. 69, n. 13, p. 3195-3210, 2018.

WREGGE, M. S.; FRITZSONS, E.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; RADIN, B.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C. Regiões com similaridade de comportamento

hídrico no Sul do Brasil. **Raega** - O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 365-384, 2016.

ZHANG, O.; HU, Z. Assessmente of drought during corn growing season in Northeast China. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 133, n. 3, p. 1315-1321, 2018.

ZHANG, Y.; LOREAU, M.; HE, N.; WANG, J.; PAN, Q.; BAI, Y.; HAN, X. Climate variability decreases species richness and community stability in a temperate grassland. **Oecologia**, Berlin, v. 188, n. 1, p. 183-192, 2018.