

RISCOS DE DÉFICIT HÍDRICO DURANTE O CICLO DE DESENVOLVIMENTO DA CEVADA EM GUARAPUAVA-PR, EM DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

BUENO, Janaina Cosmedamiana Metinoski – janainametroski@gmail.com
Universidade Estadual do Centro-Oeste / UNICENTRO

JADOSKI, Sidnei Osmar – sjadoski@unicentro.br
Universidade Estadual do Centro-Oeste / UNICENTRO

POTT, Cristiano Andre – cpott@unicentro.br
Universidade Estadual do Centro-Oeste / UNICENTRO

MACIEL, Cleber Daniel de Góes – cmaciel@unicentro.br
Universidade Estadual do Centro-Oeste / UNICENTRO

RESUMO: O objetivo do estudo foi analisar os riscos de ocorrência de déficit hídrico no solo durante as fases do ENOS e em neutralidade climática, para a cultura da cevada em Guarapuava-PR. O estudo compreende o período entre 01 de janeiro de 1976 a 31 de dezembro de 2018, totalizando uma série climática histórica de 43 anos. Foi analisado o balanço hídrico decenal para o período de cultivo da cevada, entre os meses de junho e novembro. Verificou-se que existem diferenças nos riscos de deficiência hídrica no solo em relação a períodos com La Niña, El Niño e Neutralidade atmosférica. Entretanto, independente do fenômeno estabelecido, a opção pela semeadura no primeiro decêndio do mês de julho, representa a via mais adequada visando reduzir riscos de deficiência hídrica durante períodos críticos da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: água no solo, deficiência, *Hordeum vulgare*, clima, La Niña.

RISKS OF WATER DEFICIT DURING THE BARLEY DEVELOPMENT CYCLE IN GUARAPUAVA-PR, IN DIFFERENT CLIMATE CONDITIONS

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze the risks of occurrence of water deficit in the soil during the phases of ENOS and in climatic neutrality, for the barley crop in Guarapuava-PR. The study covers the period between January 1, 1976 and December 31, 2018, totalizing a climatic historical series with 43 years. Ten-day water balance was analyzed for the barley cultivation period, between the months of June and November. It was found that there are differences in the risks of water deficit in the soil in relation to the La Niña, El Niño and atmospheric neutrality periods. However, regardless of the established phenomenon, the sowing option in the first ten days of July, represents the most suitable route, aiming to reduce risks of water deficiency during critical periods of the crop.

KEYWORDS: water in the soil, depletion, *Hordeum vulgare*, climate, La Niña

RIESGOS DE DÉFICIT HÍDRICO DURANTE EL CICLO DE DESARROLLO DE LA CEBADA EN GUARAPUAVA-PR, EN DIFERENTES CONDICIONES CLIMÁTICAS

RESUMEN: El objetivo de la investigación fue analizar los riesgos de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo durante las fases de ENOS y neutralidad climática, para el cultivo de cebada en Guarapuava-PR. El estudio considera el período comprendido entre el 1 de enero de 1976 y el 31 de diciembre de 2018, totalizando una serie climática histórica de 43 años. Se analizó el balance hídrico em período de diez días, para la temporada de crecimiento de la cebada, entre los meses de junio y noviembre. Se encontró que existen diferencias en los riesgos de deficiencia hídrica en el suelo en relación a los períodos con La Niña, El Niño y neutralidad atmosférica. Sin embargo, independientemente del fenómeno establecido, la opción de sembrar en los primeros diez días de julio representa

la forma más adecuada de reducir el riesgo de deficiencia hídrica durante los períodos críticos del cultivo.

PALABRAS CLAVE: agua en el suelo, déficit, *Hordeum vulgare*, clima, La Niña.

INTRODUÇÃO

As chuvas são a principal fonte de água para a agricultura de sequeiro. A ausência de precipitação pode gerar períodos de secas, que caracteriza-se como um estresse abiótico, que resulta em declínio do potencial da água nos tecidos das plantas (ALGHABARI et al. 2015), afetando diretamente a produção das culturas, pois influencia em todas as das fases do ciclo de desenvolvimento das plantas (MAHALINGAM e BREGITZER, 2019).

As variáveis meteorológicas mais afetadas pelas fases do ENOS (El Niño Oscilação Sul), são especialmente a precipitação e a temperatura (ANTUNES e CARDOSO, 2015). OENOS pode ser dividido em duas fases, uma fase positiva denominada de El Niño e que corresponde ao aquecimento da temperatura da superfície do mar (TSM), e uma fase negativa denominada La Niña, caracterizada por condições mais frias do que o normal no oceano Pacífico tropical (REN et al., 2016). A ausência dessas duas fases é intitulada de neutralidade atmosférica (MOHAMMADI e GOUDARZI, 2018).

Dependendo das condições climáticas de dada região, a análise de série temporal de dados climáticos pode auxiliar na identificação de períodos de maior probabilidade de que a água disponível no solo seja adequada ou deficitária para os cultivos agrícolas (OLIVEIRA e BORROZZINO, 2011). De acordo com Calderon e Borsato (2017) períodos de baixas quantidades de precipitação podem ocorrer de forma diferenciada nas diferentes fases do ENOS, levando as plantas à condições de estresse por deficiência hídrica. Os efeitos do estresse hídrico dependem do genótipo da cultura, duração, severidade do déficit hídrico, frequência e do estágio de desenvolvimento que a planta encontra-se submetida a esse estresse (NEZHADAHMADI, et al., 2013;) Dessa forma o déficit hídrico restringe a produção vegetal porque interfere em processos fisiológicos e bioquímicos durante o ciclo das culturas (CHEN et al., 2014).

Os cereais são culturas básicas essenciais para a população mundial, pois estima-se que em conjunto fornecem aproximadamente 56% das calorias consumidas pelo homem e servem de base volumosa e nutricional para a elaboração de ração animal (FAOSTAT, 2018). Neste cenário a cevada ocupa o quarto lugar em relação aos cereais mais importantes cultivados globalmente (SHAFFI et al., 2011), devido as suas características no teor de carboidratos, minerais e vitaminas, além do fato de ser a principal matéria prima para a fabricação do malte, farinha e flocos (SAMARAH, 2005).

A cevada (*Hordeum vulgare* ssp. *Vulgare*) é cultivada globalmente, tanto em sistemas agrícolas altamente produtivos e de alto insumo quanto na agricultura de subsistência e baixo insumo em uma ampla gama de ambientes. Embora atualmente a produção seja maior nas economias de alta renda, é uma cultura que abrange o mundo desenvolvido e em desenvolvimento, com economias de baixa e média renda (FAOSTAT, 2018). Estima-se que até 2050 a produção de cevada terá que aumentar em cerca de 54%, em relação a 2000, devido ao crescimento da demanda para a indústria e para a produção de rações (KRUSE, 2011). Porém devido aos estresses causados pela temperatura e

restrição de água, projeta-se redução da produção dessa cultura (XIE et al., 2018).

A produção de cevada no Brasil é feita principalmente na região Sul, onde se destacam Guarapuava e Passo Fundo, nos estados do Paraná e Rio Grande do sul, respectivamente. No Paraná Guarapuava responde por mais de 80% da produção (TEIXEIRA et al. (2018). Conforme De Mori e Minella (2012), em média, 75% do volume da cevada produzida anualmente é aproveitado na fabricação de malte. Existem no país três maltarias com capacidade de produção média anual de aproximadamente 500 mil toneladas de malte, o que corresponde a, aproximadamente, 40% da demanda nacional, sendo a Agromalte - Agrária (Guarapuava, PR) a de maior porte.

A cultura da cevada é muito sensível ao clima, sendo afetada diretamente pelo excesso hídrico, enquanto que pode apresentar alguma resposta de resistência a até um certo nível de déficit hídrico (ARAYA et al., 2010). A cultura pode desenvolver três estratégias quando o suprimento de água não é adequado (LOOMIS, 1983): (a) sincronizar as fases fenológicas com suprimento de água sazonais; (b) maximizar o uso da água na transpiração e (c) maximizar o nível de produção por unidade de transpiração, para impedir a maior perda de água.

O rendimento de grãos é afetado pela existência de estresse hídrico, que dependendo da fase que ocorrer será mais danoso (COCKRAM, 2007). Dentre todas as fases fenológicas a floração representa o evento mais importante para a cevada, em que a ocorrência de deficiência hídrica, mesmo em curtos períodos, se reflete em perdas de produção (KAMRAN et al., 2014).

Devido a essa importância, a fase de floração, que compreende pré-floração, passando por antese e fecundação, exige um meio da prevenção do déficit hídrico para elevar o rendimento de grãos (KAZAN e LYONS, 2016). Dessa forma, condições ambientais ideais ou adequadas para a cultura nessa fase, em geral possibilitam ótima produtividade de grãos (KAZAN e LYONS, 2016).

A redução de água disponível na fase de floração da cevada leva há um menor rendimento devido, a uma diminuição do número de grãos por espiga (SANTOS et al. 2012) e do comprimento das espigas (DUGDALE et al., 2012). SALLAM et al. (2019), verificaram que o déficit hídrico na fase reprodutiva pode levar a redução dos grãos em 57%. GHOTBI-RAVANDI et al. (2014), complementa que além das reduções relacionadas aos grãos e espigas, esse estresse abiótico na antese pode também influenciar negativamente o número de perfilhos férteis.

Essas reduções envolvendo diversos componentes do rendimento ocorrem, devido as alterações nos processos de formação e fecundação do pólen e do aumento da demanda hídrica nessa fase (ANDRÉS e COUPLAND, 2012; CHO et al., 2017), considerando que o grão de pólen é uma estrutura muito sensível ao déficit hídrico e o processo de fecundação em cereais é altamente dependente de turgor nos órgãos reprodutivos (ALGHABARI et al., 2015). Desta forma, a prevenção do déficit hídrico na fase reprodutiva é uma das melhores estratégias para elevar os rendimentos de grãos (KAZAN e LYONS, 2016).

O enchimento dos grãos é outra fase afetada pelo déficit hídrico, que também determina o rendimento, pois ocasiona redução do peso dos grãos

(JALATA et al., 2011), além da redução do número de sementes por espiga e do teor de carboidrato dos grãos (SALLAM et al., 2019).

A redução do teor de carboidratos nos grãos está associada a diminuição da taxa fotossintética líquida da folha de bandeira, que resulta em redução do crescimento dos grãos (FENTA et al., 2014). A deficiência hídrica ainda acelera senescência das folhas, encurtando o período de enchimento dos grãos, levando a diminuição do peso individual dos grãos de cevada (MOLLAH e PAUL, 2011) reduzindo o tamanho do grão (DUGDALE et al., 2012), e a biomassa fresca de 45% a 57%, quando o estresse ocorre na fase de desenvolvimento (IHSAN et al., 2016).

Assim, o objetivo da pesquisa foi analisar os riscos de ocorrência de déficit hídrico no solo durante as fases do ENOS e em neutralidade climática, para a cultura da cevada em Guarapuava-PR.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho tem como área de estudo o município de Guarapuava-PR localizado na região Centro-Sul do estado do Paraná, tendo como coordenadas centrais 25° 23' 43"S e 51° 27' 29"W (IBGE, 2019) no Terceiro Planalto do Paraná, com área de 3.168,087 km² (IBGE, 2019), sendo o maior município do estado em extensão territorial. Em relevo a altitude média do município é de aproximadamente 1150 metros (COSTA e ANDRADE, 2017), com predominância de solo do tipo Latossolo Bruno (BHERING et al., 2013).

O clima na região de Guarapuava é do tipo Cfb (Subtropical Úmido Mesotérmico), segundo classificação de Köppen (APARECIDO et al, 2016) sem estação seca e a média do mês de menor temperatura inferior a 18°C. A temperatura média anual é de 17°C, enquanto que a precipitação média anual é superior a 1700 mm (COSTA e ANDRADE, 2017), bem distribuída durante o ano, com predominância de intensidade moderada (SALTON et al., 2016).

No Estado do Paraná, as chuvas são mais abundantes na primavera, sendo influenciada pela convergência horizontal de umidade, monções, incursões de frentes frias e relevo (SALTON et al., 2016), além, do posicionamento do jato subtropical e dos ventos, com suave diminuição da precipitação no inverno ocasionados pelo bloqueios atmosféricos (MARQUES e RAO, 1999).

O estudo compreende o período entre 01 de janeiro de 1976 a 31 de dezembro de 2018, totalizando uma série climática histórica de 43 anos. Foram utilizados dados diários de precipitação pluvial e outras variáveis climáticas, obtidos do banco de dados da estação meteorológica da UNICENTRO-IAPAR e tendo como suporte para ajuste em período de deficiência de dados os arquivos disponibilizados pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR).

A temperatura média diária compensada foi obtida pelo o método do INMET, que relaciona a maior e a menor temperatura do dia, além da temperatura das 9 e das 21 horas, conforme descreve MEDEIROS et al., (2012).

Para diferenciar as fases do ENOS no período de estudo foram utilizados o banco de dados da Nacional Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA, que é apresentado de modo mensal, obtido pelo Extended Reconstructed Sea

Surface Temperature – ERSST, v5, medido pelo Índice Oceânico Niño (ION), na região Niño 3.4 (5o N-5o S, 120o-170o W), no Oceano Pacífico (NOAA, 2019).

Foram estimadas as perdas de água no solo a partir da evapotranspiração de referência diária, considerando suas aplicações para identificação de ocorrência de períodos de déficit hídrico no solo com base em acúmulo decendial, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da cevada. Para as estimativas o aporte de água para o solo foi calculado pelo somatório do montante total de precipitações por decêndio, para a série temporal considerada. A saída de água do solo foi calculada a partir da evapotranspiração de referência (ETO) diária e posteriormente computada com somatório decendial.

Devido a eficiência amplamente conhecida em estimativas de perdas de água do solo por evapotranspiração, conforme explanam Carvalho et al. (2011), a ETO foi calculada pelo método de Penman-Monteith (FAO) (Equação 1), para intervalo de tempo de 24 horas, conforme ALLEN et al. (1998). Nas estimativas foi considerada a evapotranspiração de referência, devido às variações do conteúdo de água no solo distanciarem a saída de água do conceito de ET potencial. Para os cálculos, os dados meteorológicos diários utilizados foram: temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento.

$$ETP = \frac{0,408 * s * (Rn - G) + \frac{\gamma * 900 * U_2 * (es - ea)}{T + 275}}{s + \gamma * (1 + 0,34 * U_2)} \quad \text{Eq. 1.}$$

Em que: Rn é a radiação líquida total diária ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); $\gamma = 0,063 \text{ Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$ é a constante psicrométrica; T é a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); U_2 é a velocidade do vento a 2 m (m s^{-1}); ea é a pressão parcial de vapor (kPa) (eq. 2); es é a pressão de saturação de vapor (kPa) (eq. 3); e s é a declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar (kPa) (eq. 4):

$$ea = es_{tu} - \gamma P_{atm} (t - tu) \quad \text{Eq. 2.}$$

Sendo: estu pressão de saturação de vapor d'água, com base na temperatura do termômetro de bulbo úmido em $^\circ\text{C}$; Patm a pressão atmosférica em kPa e (t - tu) a depressão psicrométrica em $^\circ\text{C}$.

$$e_s = 0,6108 * 10^{\frac{7,5T}{T+237,3}} \quad \text{Eq. 3.}$$

$$s = \frac{4098.es}{(T + 237,3)^2} \quad \text{Eq. 4.}$$

Com os dados da depleção acumulada decendial ao longo da série climática em estudo, os dados foram classificados conforme os períodos de estabelecimento de cada um dos fenômenos climáticos. Para a determinação da probabilidade de déficit hídrico no solo (PDH), para cada condição climática foram identificados e computados decêndios com lâmina negativa acumulada, e

determinada a probabilidade de sua ocorrência a partir da frequência durante o período analisado. As avaliações foram baseadas em diferentes lâminas de depleção acumuladas, sendo assim desnecessárias estimativas com base no armazenamento máximo a partir da capacidade de água disponível no solo (CAD).

Para as estimativas da probabilidade de déficit hídrico, os dados dos decêndios com lâminas negativas acumuladas, foram agrupados em seis classes de valores com intervalos de 5mm, sendo (0 a 5; 5,1 a 10; 10,1 a 11; 11,1 a 15; 15,1 a 20; 20,1 a 25 e >25mm), estas classes foram definidas visando inferir sobre a intensidade do déficit hídrico apresentado pela PDH. Isto é, para um determinado decêndio no ciclo de cultivo, qual a PDH e quais probabilidades de ocorrer determinada lâmina de depleção acumulada.

Para a visualização e entendimento dos períodos predominantes de ocorrência de cada um dos fenômenos, as probabilidades de ocorrência de El Niño, La Niña e Neutralidade atmosférica, durante períodos do ciclo da cevada, foram analisadas a partir da curva de distribuição normal ou Gaussiana, conforme descrevem DENSKI e BACK (2015), cujos dados demonstraram aderência.

Foram consideradas quatro períodos de semeadura (S) sendo: (S1) 1 a 10/06, (S2) 11 a 20/06, (S3) 21 a 30/06 e (S4) 1 a 10/07, com base no calendário de cultivo regional, definido a partir do zoneamento agrícola para a cultura da cevada no estado do Paraná, apresentado na Figura 1, conforme IAPAR (2019).

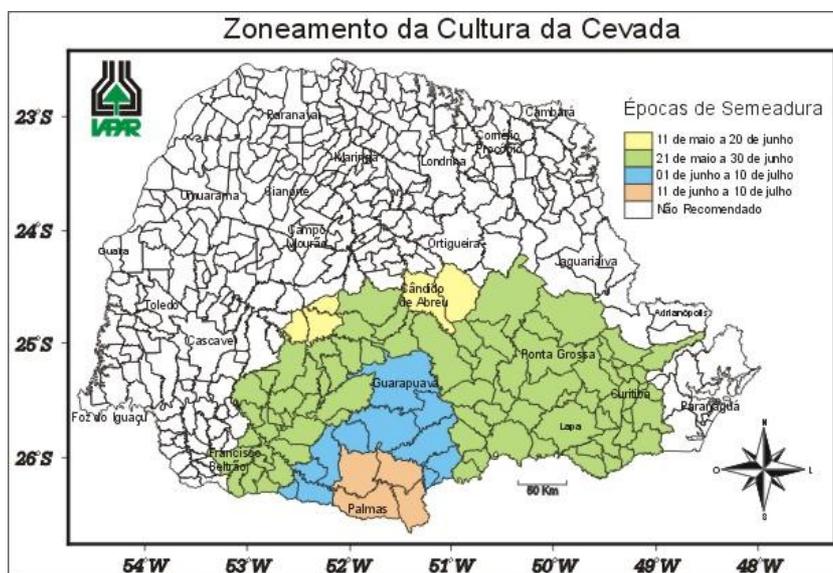


Figura 1 – Zoneamento e indicação de épocas de semeadura da cultura da cevada no estado do Paraná. Fonte IAPAR (2019).

Tendo em vista que de acordo com Harris (2012), a sensibilidade das plantas de cevada à disponibilidade hídrica altera-se durante o ciclo, as interpretações e entendimentos dos riscos relativos a períodos de déficit hídrico, foram realizadas a partir da subdivisão do ciclo de desenvolvimento da cultura em diferentes estádios fenológicos (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação dos estádios de desenvolvimento fenológico da cultura da cevada de ciclo normal.

EF	DAP	Estádio Fenológico (EF)
A	0 – 30	Desenvolvimento inicial
B	30 – 40	Perfilhamento
C	40 – 50	Alongamento do colmo
D	50 – 60	Pré floração
E	60 – 80	Florescimento - Antese fecundação
F	80 – 120	Enchimento do grão (grão leitoso)
G	120 – 140	Grão pastoso e amadurecimento

DAP = Dias após o plantio. Fonte: adaptado de Harris (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, é apresentada a distribuição da probabilidade déficit hídrico no solo no período de cultivo de cevada na região de Guarapuava, a partir da curva de distribuição normal, com a finalidade de comparação entre os fenômenos climáticos analisados. Observa-se que independente do fenômeno de dominância climática, o mês de agosto representa riscos expressivos de ocorrência de déficit hídrico para culturas de inverno, como a cevada. Estes resultados corroboram os apresentados por Calderon e Borsato (2017).

Percebe-se que os eventos de La Niña e El Niño apresentam certa similaridade, com índices prováveis de déficit hídrico no solo superiores a 60% e próximos a 70%, concentrados durante os meses de agosto e setembro. No caso de condições de neutralidade atmosférica, a probabilidade de deficiência hídrica no solo é de aproximadamente de 50%, incluindo os meses de julho e agosto. Para os demais períodos os riscos são menos expressivos, sendo inferiores a 40% em junho e novembro e a 20% em outubro, respectivamente, sendo este último o mês que apresenta menor risco de deficiência hídrica para o cultivo de cevada no local (Figura 2).

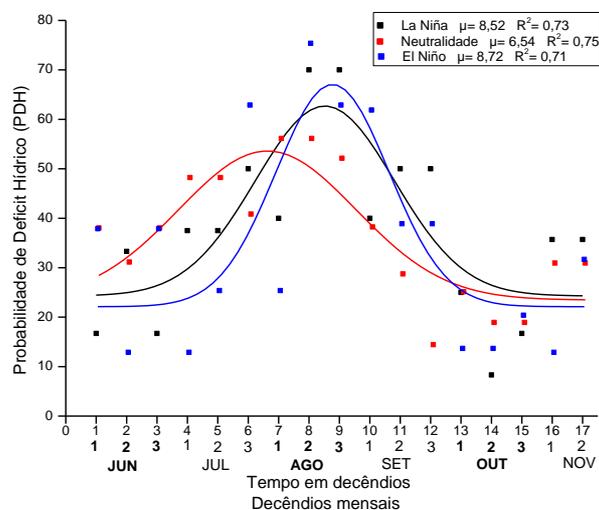


Figura 2 - Curvas de distribuição normal da probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica no solo no período de cultivo da cevada em Guarapuava-PR, durante eventos de La Niña, El Niño e Neutralidade atmosférica.

Nas Tabelas 2, 3 e 4 é demonstrada a probabilidade de déficit hídrico no solo nos diferentes decêndios para períodos de La Niña, Neutralidade e El Niño, respectivamente. Os dados descrevem ainda a lâmina de depleção acumulada de água no solo, associando com o estágio de desenvolvimento fenológico da cultura da cevada, considerando sementeiras em diferentes decêndios no período recomendado para a região.

No Tabela 2 observa-se que para períodos de La Niña, se a sementeira for realizada no mês de junho, independente do decêndio (S1, S2 e S3), a antese-fecundação na floração da cultura irá ocorrer em períodos que apresentam aproximadamente 70%, de riscos de déficit hídrico no solo, que merece atenção, já que de acordo com Harris (2012) este é o período mais crítico da cultura à insuficiência hídrica. A sementeira no segundo decêndio de junho é mais evidente para este resultado. Neste contexto, a sementeira no primeiro decêndio de julho (S4) tende a coincidir com períodos que apresentam entre 40 e 50% de menor probabilidade de déficit hídrico no solo na floração e, sendo estes decrescentes no período de enchimento de grãos.

Tabela 2 - Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico no solo (PDH) e lâmina de depleção acumulada em período decendial, durante fases de desenvolvimento da cultura da cevada semeada entre 01 de junho e 10 de julho em Guarapuava-PR, em condições climáticas de La Niña.

Semeadura Estádios vegetativos				Probabilidade de lâmina de depleção acumulada (mm)							
S1	S2	S3	S4	DECÊNDIO	PDH	0 - 5	5,1 - 10	10,1-15	15,1 - 20	20,1-25	>25
				JUN1	16,7	-	100,0	-	-	-	-
A	A			JUN2	33,3	-	-	-	50,0	50,0	-
A	A	A		JUN3	16,7	-	-	-	100,0	-	-
B	A	A	A	JUL1	37,5	33,3	-	-	33,3	-	33,3
C	B	A	A	JUL2	37,5	-	-	-	100,0	-	-
D	C	B	A	JUL3	50,0	-	25,0	25,0	25,0	25,0	-
E	D	C	B	AGO1	40,0	25,0	-	-	-	50,0	25,0
E	E	D	C	AGO2	70,0	-	42,9	14,3	-	14,3	28,6
F	E	E	D	AGO3	70,0	14,3	-	-	14,3	-	71,4
F	F	E	E	SET1	40,0	-	-	-	-	-	100,0
F	F	F	E	SET2	50,0	40,0	-	-	-	20,0	40,0
F	F	F	F	SET3	50,0	20,0	-	20,0	-	-	60,0
G	F	F	F	OUT1	25,0	66,7	-	-	-	-	33,3
G	G	F	F	OUT2	8,3	100,0	-	-	-	-	-
	G	G	F	OUT3	16,7	-	-	50,0	-	-	50,0
		G	G	NOV1	35,7	-	-	20,0	20,0	20,0	20,0
			G	NOV2	35,7	-	-	40,0	40,0	-	20,0

(S) = Sementeira: (S1) 1 a 10/06, (S2) 11 a 20/06, (S3) 21 a 30/06 e (S4) 1 a 10/07.
A: Desenvolvimento inicial; B: Perfilhamento; C: Alongamento do colmo; D: Pré floração;
E: Florescimento - Antese fecundação; F: Enchimento do grão (grão leitoso); G: Grão pastoso e amadurecimento

Diversos autores, dentre eles e Alghabari e Ihsan (2018) e Al-Ajlouni et al. (2016), descrevem a floração como o período mais crítico da cultura a deficiência hídrica, contudo, assinalam que no período entre a pré-floração até o enchimento completo dos grãos a adequada disponibilidade de água no solo é determinante de produtividade, sendo que Danicic et al. (2019), Samarah

(2005) e Anjum et al. (2003), acrescentam também sua importância para a qualidade dos grãos produzidos, tendo em conta melhores índices proteicos no grão, importante para a produção de malte. Neste caso, observa-se na Tabela 2 que, independente da data de semeadura, os estádios fenológicos entre a pré-floração e final do enchimento do grão (50 a 120 DAP), coincidem com os períodos de maior risco de deficiência hídrica no solo, englobando também as mais elevadas lâminas de depleção acumulada. Para esta situação, nota-se que a semeadura mais tardia representa a opção de melhores perspectivas tendo em conta a redução do risco de deficiência hídrica no período de enchimento de grãos.

Na situação de neutralidade atmosférica (Tabela 3) observa-se uma clara tendência de que quanto mais tardio for o plantio da cevada, menores serão os riscos de deficiência hídrica em estádios fenológicos que ocorrem a partir do segundo decêndio de setembro. Contudo, independente da data de semeadura, a floração com antese e fecundação tende a ocorrer dentro de período que oferece os mais elevados riscos de deficiência hídrica no solo.

Tabela 3 - Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico no solo (PDH) e lâmina de depleção acumulada em período decendial, durante fases de desenvolvimento da cultura da cevada semeada entre 01 de junho e 10 de julho em Guarapuava-PR, em condições climáticas de Neutralidade atmosférica.

Semeadura				Probabilidade de lâmina de depleção acumulada (mm)							
Estádios vegetativos				DECÊNIO	PDH	0 - 5	5,1 - 10	10,1-15	15,1 - 20	20,1-25	>25
S1	S2	S3	S4								
A				JUN1-N	37,9	9,1	36,4	36,4	9,1	9,1	-
A	A			JUN2-N	31,0	22,2	11,1	44,4	11,1	11,1	-
A	A	A		JUN3-N	37,9	18,2	27,3	27,3	27,3	-	-
B	A	A	A	JUL1-N	48,1	15,4	23,1	46,2	7,7	7,7	-
C	B	A	A	JUL2-N	48,1	7,7	7,7	15,4	23,1	30,8	15,4
D	C	B	A	JUL3-N	40,7	9,1	18,2	18,2	18,2	36,4	-
E	D	C	B	AGO1-N	56,0	-	14,3	14,3	21,4	28,6	21,4
E	E	D	C	AGO2-N	56,0	7,1	-	35,7	21,4	21,4	14,3
F	E	E	D	AGO3-N	52,0	15,4	15,4	-	15,4	23,1	30,8
F	F	E	E	SET1-N	38,1	12,5	-	-	37,5	25,0	25,0
F	F	F	E	SET2-N	28,6	33,3	-	33,3	-	16,7	16,7
F	F	F	F	SET3-N	14,3	33,3	-	-	-	66,7	-
G	F	F	F	OUT1-N	25,0	25,0	25,0	-	-	-	50,0
G	G	F	F	OUT2-N	18,8	33,3	-	33,3	-	33,3	-
	G	G	F	OUT3-N	18,8	66,7	33,3	-	-	-	-
		G	G	NOV1-N	30,8	25,0	50,0	25,0	-	-	-
			G	NOV2-N	30,8	50,0	-	-	-	25,0	25,0

(S) = Semeadura: (S1) 1 a 10/06, (S2) 11 a 20/06, (S3) 21 a 30/06 e (S4) 1 a 10/07. A: Desenvolvimento inicial; B: Perfilhamento; C: Alongamento do colmo; D: Pré floração; E: Florescimento - Antese fecundação; F: Enchimento do grão (grão leitoso); G: Grão pastoso e amadurecimento

Esta condição se assemelha em parte aos riscos de deficiência hídrica para o caso de cultivo em La Niña (Tabela 2). Porém, comparando-se os Tabelas 2 e 3 com relação a probabilidade de lâmina de depleção, fica evidente que os riscos de deficiência hídrica em neutralidade são menores em relação a La Niña. Neste caso, destacadamente com menores índices de PDH, sendo estes

associados em geral a menores probabilidades de a lâmina de depleção elevadas, especialmente àquelas superiores a 25mm. Sendo assim, os resultados demonstram que em neutralidade os meses de julho e agosto oferecem os maiores risos de ocorrer deficiência hídrica em períodos críticos da cultura, e, assim como em períodos com La Niña, o cultivo mais tardio pode ser uma via de escape da deficiência hídrica em lavouras não irrigadas. Estes resultados se ajustam ao descrito por Calderon e Borsato (2017), que em Campo Mourão-PR, verificaram que períodos com deficiência de água no solo em meses de inverno são mais acentuados nos anos que ocorreu o fenômeno La Niña, trazendo consequências para as atividades agrícolas.

Em condições de El Niño (Tabela 4), os maiores valores de risco de deficiência hídrica no solo ocorrem entre 20 de julho a 10 de setembro, com exceção do primeiro decêndio de agosto que apresentou valor de PDH de 25%. Os resultados demonstram que, independente da data de semeadura da cevada, o estágio de antese e fecundação tenderá a ocorrer em período com PDH entre 60 e 75%, o que demonstra expressivo risco para a cultura em estágio crítico de sensibilidade de deficiência hídrica.

Tabela 4 - Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico no solo (PDH) e lâmina de depleção acumulada em período decendial, durante fases de desenvolvimento da cultura da cevada semeada entre 01 de junho e 10 de julho em Guarapuava-PR, em condições climáticas de El Niño.

Semeadura				Probabilidade de lâmina de depleção acumulada (mm)							
Estádios vegetativos				DECÊNDIO	PDH	0 - 5	5,1 - 10	10,1-15	15,1 - 20	20,1-25	>25
S1	S2	S3	S4								
A				JUN1	37,5	--	33,3	33,3	33,3	-	-
A	A			JUN2	12,5	-	-	100,0	-	-	-
A	A	A		JUN3	37,5	33,3	33,3	-	33,3	-	-
B	A	A	A	JUL1	12,5	-	-	-	100,0	-	-
C	B	A	A	JUL2	25,0	-	50,0	-	50,0	-	-
D	C	B	A	JUL3	62,5	-	20,0	40,0	40,0	-	-
E	D	C	B	AGO1	25,0	-	-	50,0	50,0	-	-
E	E	D	C	AGO2	75,0	33,3	16,7	16,7	-	16,7	16,7
F	E	E	D	AGO3	62,5	-	40,0	-	40,0	20,0	-
F	F	E	E	SET1	61,5	12,5	12,5	25,0	12,5	25,0	12,5
F	F	F	E	SET2	38,5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	-
F	F	F	F	SET3	38,5	-	20,0	40,0	40,0	-	-
G	F	F	F	OUT1	13,3	50,0	-	-	50,0	-	-
G	G	F	F	OUT2	13,3	-	-	100,0	-	-	-
	G	G	F	OUT3	20,0	-	33,3	33,3	-	33,3	-
		G	G	NOV1	12,5	-	-	100,0	-	-	-
			G	NOV2	31,3	20,0	20,0	40,0	-	-	20,0

(S) = Semeadura: (S1) 1 a 10/06, (S2) 11 a 20/06, (S3) 21 a 30/06 e (S4) 1 a 10/07. A: Desenvolvimento inicial; B: Perfilhamento; C: Alongamento do colmo; D: Pré floração; E: Florescimento - Antese fecundação; F: Enchimento do grão (grão leitoso); G: Grão pastoso e amadurecimento.

Por outro lado, evidencia-se positivamente que quanto mais tardio for realizado o plantio, ocorre sequencial redução do risco de deficiência hídrica no solo durante o enchimento de grãos (Tabela 4). Desta forma, assim como para o

cultivo em condições climáticas de La Niña e Neutralidade climática, parece ser esta a alternativa mais viável de cultivo considerando reduzir os riscos de deficiência hídrica no período de enchimento de grãos.

Os resultados demonstram ainda que em El Niño, apesar de os dados de risco de déficit hídrico no solo (PDH) apresentarem certa similaridade no tempo e probabilidade com La Niña, ocorrem diferenças expressivas no nível de probabilidade de lâmina de depleção acumulada, que tendem a ser menos prováveis de ocorrer com lâminas superiores a 20mm, indicando menores riscos de deficiência hídrica mais severa para a cultura. Estes resultados se ajustam a dados verificados em CPTEC (2019), onde observa-se que na região Sul do Brasil, períodos de El Niño em meses de inverno, estão menos associados eventos deficitários de água no solo em comparação a La Niña.

Quando as probabilidades de ocorrência de déficit hídrico no solo em condições estabelecidas dos fenômenos La Niña, El Niño e Neutralidade climática são visualizados conjuntamente, os resultados indicam que independente do fenômeno climático estabelecido, os períodos mais tardios de semeadura podem ser o melhor caminho de manejo para a cultura na região. Especialmente no primeiro decêndio do mês de julho, em que representam a melhor alternativa visando reduzir riscos de insuficiência de água disponível no solo, principalmente em períodos críticos de sensibilidade da cevada à deficiência hídrica.

Mahalingam e Bregitzer (2019), descrevem que a deficiência hídrica no solo representa riscos para a produção de cevada, pois além de menor biomassa vegetativa e produtividade de grãos, sementes coletadas de plantas estressadas apresentaram também redução no extrato de malte e no percentual de proteína solúvel. Dawson et al. (2015) descrevem que a produção da cevada está em tendência de estagnação em países tradicionalmente produtores, e acrescentam que esta é uma situação parcialmente atribuível a ocorrência de deficiência hídrica durante o cultivo, e outros impactos emergentes de condições de clima, sendo atualmente derivadas também das mudanças climáticas.

Neste sentido, Teixeira et al. (2018) demonstram que o aumento de temperatura nos próximos anos pode acentuar períodos de deficiência hídrica para a cevada na região de Guarapuava-PR. Desta forma, considerando ainda DAWSON, et al., (2015) e SANTI et al., (2017), sugere-se que pesquisas analisando as características dos fenômenos climáticos ENOS e seus impactos sobre o cultivo de cereais de inverno na região Sul, devem ser contínuas, pois podem auxiliar na fuga de períodos de maior risco de impacto climático, e possibilitar, inclusive, sugestões de ajustes de zoneamento Agrícola, como estratégias de cultivo com adaptação de cultivares e de épocas de semeadura.

CONCLUSÕES

Avaliando-se as características climáticas inerentes aos riscos de déficit hídrico no solo durante o ciclo de cultivo da cevada na região de Guarapuava-PR, conclui-se que:

Em La Niña os riscos de déficit hídrico no solo são mais elevados, em comparação a El Niño e neutralidade. Em La Niña e El Niño as maiores probabilidades de déficit hídrico no solo ocorrem nos meses de agosto e setembro, e em Neutralidade em julho e agosto.

Período de Neutralidade atmosférica apresenta menores riscos de déficit hídrico no solo durante o ciclo de desenvolvimento da cevada, seguido por EL Niño, em comparação com La Niña.

Independente do fenômeno climático estabelecido e da data de semeadura da cevada no período recomendado para a região (01/06 a 10/07), o estágio de florescimento tende a ocorrer em períodos de máximos índices de riscos de déficit hídrico no solo. Devido a isso, a opção pela semeadura no primeiro decêndio do mês de julho, representa a via mais adequada visando reduzir riscos de deficiência hídrica durante períodos críticos da cultura.

Estes resultados foram obtidos a partir da análise da série climática temporal, entre 1976 e 2018. Evidenciam probabilidades de ocorrência de períodos progressivos de redução da água disponível, com potencial de ocasionar impactos negativos no desenvolvimento e produção da cevada. Também apontam que é possível utilizar estratégias de calendário de semeadura com vistas a fugir dos maiores riscos de déficit hídrico e que a utilização de sistemas de irrigação deve ser considerada como estratégia de produção de cereais de inverno na região. É pertinente também assinalar a importância de se considerar as evidências atuais de alterações climáticas, para nortear futuras investigações, buscando-se identificar e compreender possíveis tendências, que apontem para alterações nos índices de disponibilidade hídrica na região nos próximos anos, e possam servir para ajustar e definir estratégias para o cultivo de cevada no futuro.

REFERÊNCIAS

- AL-AJLOUNI, Z. I. AL-ABDALLAT, A. M.; AL-GHZAWI, A. L. A.; AYAD, J. Y.; ABU ELENEIN, J. M.; AL-QURAN, N. A.; BAENZIGER, P. S. Impact of pre-anthesis water deficit on yield and yield components in barley (*Hordeum vulgare* L.) plants grown under controlled conditions. *Agronomy*, v. 6, p.33-47, 2016.
- ALGHABARI, F.; IHSAN, M. Z. Effects of drought stress on growth, grain filling duration, yield and quality attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Bangladesh Journal Botany*, v.47, n.3, p. 421-428, 2018.
- ALGHABARI, F.; IHSAN, M. Z.; HUSSAIN, S.; AISHIA, G.; DAUR, I. Effect of Rht alleles on wheat grain yield and quality under high temperature and drought stress during booting and anthesis. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 1. P. 15506-15515, 2015.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, p. 300, 1998.
- ANDRÉS, F.; COUPLAND, G. Te genetic basis of flowering responses to seasonal cues. *Nature Reviews Genetics*, v. 13, p. 627-639, 2012.
- ANJUM, F.; YASEEN, M.; RASUL, E; WAHID, A.; ANJUM, S. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Effect on chemical composition and chlorophyll contents. *Pak. Journal Agricultural Science*, v.40, p.45-49, 2003.
- APARECIDO, L. E. de O.; ROLIM, G. de S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S. de; JOHANN, J. A. Classificações climáticas de Köppen, Thornthwaite e Camargo para o zoneamento climático do Estado do Paraná, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016

ARAYA, A.; HABTU, S.; HADGU, K. M.; KEBEDE, A.; DEJENE, T. Test of AquaCrop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley (*Hordeum vulgare*). *Agricultural Water Management*, v. 97, n. 11, p. 1838-1846, 2010.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, O.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. S.; CHAFFIN, C. E.; CARVALHO JUNIOR, W. Mapa de solos do Estado do Paraná. Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná. Rio de Janeiro, 2013, 74 p.

CALDERON, G.; BORSATO, V. A. O fenômeno La Niña e sua influência na disponibilidade hídrica no município de Campo Mourão-PR. *Geosp – Espaço e Tempo*, v. 21, n. 1, p. 177-197, 2017.

CARVALHO, L. G. C.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO P. Reference evapotranspiration: current analysis of different estimating methods. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. v. 41, p.456-465, 2011.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). El Niño e La Niña. Brasil, 2019. Disponível em: < <http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

CHEN, D.; NEUMANN, K.; FRIEDEL, S.; KILIAN, B.; CHEN, M.; ALTMANN, T.; KLUKAS, C. Dissecting the phenotypic components of crop plant growth and drought responses based on high-throughput image analysis. *Plant Cell*, v. 26, n. 12, p. 4636-4655, 2014.

CHO, L.-H.; YOON, J.; AN, G. The control of flowering time by environmental factors. *The Plant Journal*, v. 90, p. 708-719, 2017.

COCKRAM, J.; JONES, H.; LEIGH, F. J.; SULLIVAN, D. O.; POWELL, W.; LAURIE, D. A.; GREENLAND, A. J. Control of flowering time in temperate cereals: genes, domestication, and sustainable productivity. *Journal of Experimental Botany*, v. 58, p. 1231-1244, 2007.

COSTA, C.; ANDRADE, A. R. Dinâmica da precipitação pluviométrica na cidade de Guarapuava, PR: Condicionantes locais e regionais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, p. 205-224, 2017.

DANICIC, M.; ZEKIC, V.; MIROSAVLJEVIC, M.; LALIC, B.; PUTNIK-DELIC, M.; MAKSIMOVIC, I.; DALLA MARTA, A. The response of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) to climate change in northern Serbia. *Atmosphere*, v. 10, n. 1, p.1-14, 2019.

DAWSON, I. K., RUSSEL, J., POWELL, W., STEFFENSON, B., THOMAS, W. T. B., WAUGH, R. Barley: a translational model for adaptation to climate change. *New Phytologist*, v. 206, p.913 – 931, 2015.

De MORI, C.; MINELLA, E. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 28 p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139, 2012). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.htm>. Acesso em 25/05/2020.

DENSKI, A. P. N.; BACK, A. J. Aderência de distribuições de probabilidades aos dados de evapotranspiração de referência decenal. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.17, n.1, p. 27-40, 2015.

DUGDALE, H.; HARRIS, G.; NEILSEN, J.; RICHARDS, D.; WIGGINTON, D.; WILLIAMS, D. WATERpak – A guide for irrigation management in cotton and grain farming systems: 3 ed. Sidney: Cotton Research and Development Corporation, 2012.

FAO—FAOSTAT. Food and agriculture organization of the United Nations. Crops. 2019. Disponível em: www.fao.org/faostat/en/#data/QC. Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

FENTA, B. A.; BEEBE, S. E.; KUNERT, K. J.; BURRIDGE, J. D.; BARLOW, K. M.; LYNCH, J. P.; FOYER, C. H. Field phenotyping of soybean roots for drought stress tolerance. *Agronomy*, v. 4, p. 418-435, 2014.

GHOTBI-RAVANDI, A. A.; SHAHBAZI, M.; SHARIATI, M.; MULO, P. Effects of mild and severe drought stress on photosynthetic efficiency in tolerant and susceptible barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. *Journal Agronomy Crop Science*, v. 200, p. 403-415, 2014.

HARRIS, G. Irrigated barley – best practice guide. In: Dugdale, H.; Harris, G.; Nielsen, J.; Richards, D.; Wigginton, D.; Williams, D. WATERpak — a guide for irrigation management in cotton and grain farming systems. Cotton Research and Development Corporation. Austrália, p. 333-339, 2012.

IHSAN, M. Z.; EL-NAKHLAWY, F. S.; ISMAIL, S. M.; FAHAD, S. Wheat phenological development and growth studies as affected by drought and late season high temperature stress under arid environment. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, n. 795, 2016.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Zoneamento da cultura da cevada. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1080>. Acesso em: 10 de março de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Séries históricas. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 09 de novembro de 2019.

JALATA, Z.; AYANA, A.; ZELEKE, H. Variability, Heritability and Genetic Advance for Some Yield Related Traits in Ethiopian Barley (*Hordeum vulgare* L.) Landraces and Crosses. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, v. 5, n. 1, p. 44-52, 2011.

KAMRAN, A.; IQBAL, M.; SPANER, D. Flowering time in wheat (*Triticum aestivum* L.). A key factor for global adaptability. *Euphytica*, v. 197, p. 1-26, 2014.

KAZAN, K.; LYONS, R. The link between flowering time and stress tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v. 67, p. 47-60, 2016.

KRUSE, J. Estimating demand for agricultural commodities to 2050. Global HARVEST Initiative Report N°. 3-16-10, Washington, DC, USA, 2011. Disponível em: <https://www.globalharvestinitiative.org/Documents/Kruse%20-%20Demand%20for%20Agricultural%20Commodities.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

LOOMIS, R. S. Crop manipulations for efficient use of water: An overview, p. 345-374. In H. M. Taylor et al., (ed.) Limitations to efficient water use in crop production. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.

MAHALINGAM, R.; BREGITZER, P. Impact on physiology and malting quality of barley exposed to heat, drought and their combination during different growth stages under controlled environment. *Physiologia Plantarum*, v.165, n.2, p. 277-289, 2019.

MARQUES, R. F. C.; RAO, V. B. A Diagnosis of a Long-Lasting Blocking Event over the Southeast Pacific Ocean. *Monthly Weather Review*, v. 127, p. 1761-1776, 1999.

MEDEIROS, R. M.; TAVARES, A. L.; KASSAR, C. B.; SILVA, J. A. S.; SILVA, V. P. R. Metodologias de cálculo da temperatura média diária do ar: Aplicação para os municípios de Parnaíba, Picos e Gilbués, PI. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.6, nº. 4, p. 283-295, 2012.

MOHAMMADI, K.; GOUDARZI, N. Study of inter-correlations of solar radiation, wind speed and precipitation under the influence of El Nino Southern Oscillation (ENOS) in California. *Renewable Energy*, n. 120, v. 1, p. 19-200, 2018.

MOLLAH, M. S. I.; PAUL, N. K. Responses of irrigation and fertilizers on the growth and yield of *Hordeum vulgare* L. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, Bangladesh, v. 46, n. 3, p. 369-374, 2011.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Climate Prediction Center. U. S. A., 2019. Disponível em: < <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml> >. Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

NEZHADAHMADI, A.; PRODHAN, Z. H.; FARUQ, G. Drought tolerance in wheat. *The Science World Journal*, v. 11, p. 1-14, 2013.

OLIVEIRA, D.; BORROZZINO, E. Sazonalidade das tendências de temperatura do ar e precipitação pluvial no estado do Paraná. *Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia*, v.26, n.1, p.139-144, 2018.

REN, H.L.; JIN, F.F.; TIAN, B.; SCAIFE, A.A. Distinct persistence barriers in two types of ENOS. *Geophysical Research Letters*, v. 43, n. 20, p.10973-10979, 2016.

SALLAM, A.; ALQUDAH, A. M.; DAWOOD, M. F. A.; BAENZIGER, P.S.; BÖRNER, A. Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 20, n. 13, p. 31-37, 2019.

SALTON, F. G.; MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; BORROZZINO, E. Climatologia dos Episódios de Precipitação em Três Localidades no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 4, p. 626-638, 2016.

SAMARAH, N. H. Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 25, v. 1, p.145-149, 2005.

SANTI, A., VICARI, M. B., PANDOLFO, C., DALMAGO, G. A., MASSIGNAM, A. M., PASINATO, A. Impacto de cenários futuros de clima no zoneamento agroclimático do trigo na região Sul do Brasil. *Agrometeoros*, v.25, n.2, p.303-311, 2017.

SANTOS, D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 16, n. 8, p. 836-842, 2012.

SHAFFI, M.; BAKHT, J. E.; JALAL, F.; KHAN, M. A.; KHATTAK, S. G. Effect of nitrogen application on yield and yield components of barley (*Hordeum Vulgare L.*). *Pak Journal Botany*, v. 43, n. 1, p. 1471-1475, 2011.

TEIXEIRA, L. A. R.; JADOSKI, S. O.; FAGGIAN, R.; SPOSITO, V.; MRÁZOVÁ, J. Estimativa das alterações de temperatura no ciclo de cultivo de trigo e cevada para o ano de 2050 em Guarapuava, Paraná-Brasil. *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia*, v.11, n.3, p.41-49, 2018.

XIE, W.; XIONG, W.; PAN, J.; ALI, T.; CUI, Q.; GUAN, D.; MENG, J.; MUELLER, N. D.; LIN, E.; DAVIS, S. J. Decreases in global beer supply due to extreme drought and heat. *Nature Plants*, v. 4, n. 1, p. 964-973, 2018.