



Efeito do El Niño Oscilação Sul na produtividade da soja em Planaltina, DF

Alfredo José Barreto Luiz^{1(*)} e Fernando Antônio Macena da Silva²

¹Embrapa Meio Ambiente. Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13918-110 Jaguariúna, SP. E-mail: alfredo.l Luiz@embrapa.br

²Embrapa Cerrados. Rodovia BR 020, km 18, CEP 73310-970 Planaltina, DF. E-mail: fernando.macena@embrapa.br

(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 22 de janeiro de 2024

Aceito em 20 de agosto de 2024

Termos para indexação:

STICS

Índice Oceânico Niño

previsão de safras

RESUMO

O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) pode modificar as interações entre variáveis meteorológicas e produção das culturas agrícolas. Avaliar essas modificações por meio de modelos de simulação do crescimento das plantas permite realizar experimentos virtuais que representam diferentes condições de manejo das culturas em curto espaço de tempo. Esse trabalho objetivou investigar a existência de efeito do ENOS, medido pelo indicador Índice Oceânico Niño (ION), sobre a produtividade da soja (*Glycine max* L.). A produção foi estimada pelo modelo STICS (*Simulateur multidisciplinaire pour les Culture Standard*), que simula os processos no sistema solo-planta-atmosfera, calibrado para a cultura da soja nas condições de cultivo da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF. O STICS simulou a produtividade da soja semeada em cada um dos 12 decêndios entre o início de setembro e o final de dezembro, sob as condições de precipitação observadas na estação meteorológica da Embrapa Cerrados, durante 47 anos, de 1974 a 2021. Com base no ION, os mesmos 47 anos foram agrupados em 5 classes do fenômeno ENOS. Calculadas as médias de produtividade em cada decêndio, para cada classe, houve significativo efeito negativo dos anos de El Niño sobre a produtividade da soja nas semeaduras de setembro e outubro.

© 2024 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

A produção agrícola brasileira sofre impacto da variabilidade do clima, especialmente da precipitação pluvial e da temperatura do ar, ambas influenciadas pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), principalmente nas regiões Nordeste e Sul do país, onde os efeitos se manifestam de maneira particularmente mais intensa (Júnior & Sente-lhas, 2019; Cirino et al., 2015).

Alguns trabalhos já estudaram a influência do ENOS

sobre a produção de soja e os resultados mais significativos costumam ser observados nas regiões mais ao sul do Brasil, abaixo do Trópico de Capricórnio, onde os efeitos do fenômeno são historicamente reconhecidos (Marins & Massoquim, 2017; Arsego et al., 2018).

Para estudar o impacto do ENOS sobre a cultura do trigo, Hammer et al. (1996) utilizaram o indicador do fenômeno El Niño chamado Índice de Oscilação do Sul (IOS), medido pela diferença de anomalia de pressão de superfície no Pacífico entre Tahiti e Darwin, e classificaram os eventos

em cinco fases (com base nos valores IOS do mês atual e anterior). Essas cinco fases do IOS já haviam sido definidas por meio do agrupamento de todos os pares sequenciais de dois meses do IOS, usando análise de componentes principais e uma análise de agrupamento (Stone *et al.*, 1996). Segundo Zheng *et al.* (2018), o uso do IOS para investigar os efeitos nas culturas agrícolas, em especial na Austrália, demonstrou que a tática de adaptar genótipo e manejo às diferentes fases do IOS poderia resultar na obtenção de uma maior produtividade. Por outro lado, Coelho *et al.* (2017) afirmam que índices baseados na Temperatura da Superfície do Mar (SST: Sea Surface Temperature) são geralmente os primeiros candidatos a preditores em estudos de previsão climática porque as SST são reconhecidas como moduladores climáticos chave, com influência já comprovada nos regimes de chuva em várias regiões do planeta.

O fenômeno ENOS pode modificar as interações possíveis entre as variáveis meteorológicas e o condicionamento do crescimento, desenvolvimento e produção das diferentes culturas e materiais genéticos superiores, sendo, portanto, um desafio a ser enfrentado para o aprimoramento de ferramentas associadas ao zoneamento agrícola de risco climático. Uma das maneiras de avaliar essas modificações é investigar a produtividade das culturas associada às condições meteorológicas ocorridas em anos atípicos do ponto de vista climático. Porém, a condução desses experimentos demanda tempo e recursos e poucas instituições de pesquisa tem a infraestrutura necessária para estudos em larga escala e com várias culturas ao mesmo tempo. Uma das maneiras de contornar essa dificuldade é por meio da utilização associada de modelos biofísicos ou mecanicistas que simulam o crescimento, desenvolvimento e rendimento de culturas com estimativas numéricas dos fenômenos climáticos adversos e significativos que possam ocorrer em um determinado local.

Há uma diversidade de modelos biofísicos, como por exemplo: DSSAT (IBSNAT, 1989); APSIM (Keating *et al.*, 2003); STICS (Brisson *et al.*, 1998); e AquaCrop-FAO, que podem ser utilizados para esse fim. O modelo STICS (*Simulateur multidisciplinaire de Culture Standard*) é uma das opções para simular o crescimento e o rendimento de culturas em regiões tropicais (Affholder, 2001; Scopel *et al.*, 2004; Sierra *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2019). Trata-se de um modelo dinâmico que simula o funcionamento do sistema solo-planta-atmosfera com passo de tempo diário, descrito em detalhes por Brisson *et al.* (2002) e Bergez *et al.* (2014). Ele é um modelo genérico com as seguintes características: robustez; pouca exigência por dados de entrada; características de construção modular; e fácil adaptação a diversos tipos de culturas.

Objetivos do trabalho

O principal objetivo desse trabalho foi investigar a in-

fluência de fases do ENSO, eventualmente associadas ao que se acostumou a chamar de períodos de El Niño ou de La Niña, classificadas pelo indicador ION, sobre a produtividade da soja em Planaltina, DF, a partir de diferentes datas de semeadura, estimada por meio de simulação usando o modelo STICS.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina, DF (15°35'33,99" S e 47°44'12,32" W), altitude de 1.035 m, com clima tropical estacional (Aw) conforme Köppen-Geiger. A precipitação média anual é de 1383,7 mm e média das temperaturas mínima e máxima de 16,5°C e 27,8°C, respectivamente (Silva *et al.*, 2017). O solo é classificado como um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (Embrapa, 2011).

De forma totalmente independente da obtenção e tratamento dos dados relativos ao fenômeno ENOS, foram coletados os dados diários de precipitação, temperaturas máxima e mínima, radiação global e estimada a evapotranspiração de referência, entre 1974 a 2021, a partir da estação meteorológica da Embrapa Cerrados, localizada na área de estudo e registrada no sistema de dados HIDRO da Agência Nacional de Águas - ANA - (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>) como: CPAC-Estação principal, Código: 01547016). Esses dados foram utilizados como dados de entrada para o modelo de simulação de crescimento de plantas STICS, o qual foi previamente calibrado para as cultivares de soja BRS-7482RR e a BRS-8383IPRO e validado para as condições de genótipo, manejo e solos (Silva *et al.*, 2023) a partir dos ensaios de VCU - Valor de Cultivo e Uso conduzidos pelo Programa de melhoramento da cultura da soja da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, em parceria a Fundação Cerrados e a Fundação Bahia (Landgraf, 2021). As cultivares utilizadas, BRS-7482RR e BRS-8383IPRO, são dos grupos de maturidade 7.4 e 8.3, respectivamente (Alli-prandini *et al.*, 2009), e foram semeadas em duas diferentes épocas de semeadura entre os anos 2019 e 2021, em blocos inteiramente casualizados com quatro repetições.

Foram realizadas simulações com o uso do modelo STICS para 12 períodos de semeadura, espaçados de 10 dias, entre os meses de setembro a dezembro (S1, S2, S3, O1, O2, O3, N1, N2, N3, D1, D2, D3), para avaliar os possíveis efeitos das fases dos fenômenos El Niño e La Niña sobre o desempenho em produtividade de grãos das cultivares de soja, sob plantio convencional.

Ao considerar que alguns estudos mostram a possibilidade e utilidade de classificar períodos de tempo em grupos segundo indicadores associados ao ENSO (Hammer *et al.*, 1996; Stone *et al.*, 1996; Bertrand *et al.*, 2020), foi escolhido um índice para utilização na análise de agrupamento. Foi adotado o Índice Oceânico Niño - ION (Oceanic Niño In-

dex - ONI) por ser baseado nas anomalias de temperatura da superfície do mar e já ser utilizado para a classificação de eventos 'quentes' e 'frios' do ENSO (Berlato, 2024).

A Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA*), instituição ligada ao Departamento de Comércio dos Estados Unidos, mantém um centro de previsão climática (*Climate Prediction Center*) que atualiza mensalmente uma página na internet com os dados do ION, chamada de episódios frios e quentes por estação (*Cold & Warm Episodes by Season*). Nessa página são apresentados, a cada mês, dados do índice ION desde o ano de 1950.

A página é atualizada automaticamente na primeira quinta-feira de cada mês. Como é utilizado um filtro de alta frequência aos dados, os valores do índice ION podem variar até dois meses após o valor inicial 'em tempo real' ter sido publicado. Portanto, os valores mais recentes do ION devem ser considerados como estimativas (Huang *et al.*, 2017a).

O índice ION é formado por uma média móvel de três meses das anomalias estendidas e reconstruídas da temperatura da superfície do mar (*Extended Reconstructed Sea Surface Temperature - ERSST*) sobre a região 3.4 do El Niño, que fica localizada entre 5° N e 5° S e entre 120° e 170° O, sobre o Oceano Pacífico. As anomalias são baseadas em períodos de 30 anos, atualizados a cada cinco anos (Huang *et al.*, 2017b).

Na série, valores ION que ultrapassam os limiares de +/- 0,5° C, são considerados indicadores de calor (os positivos maiores que 0,5) ou de frio (os negativos menores que -0,5), sendo associados à ocorrência dos fenômenos La Niña (os valores frios) e El Niño (os valores quentes). É importante lembrar que o índice ION é apenas um dos indicadores de ocorrência desses fenômenos, e outros índices são sempre consultados para analisar a consistência da previsão indicada por ele.

Por esse motivo, optou-se por fazer uma análise de agrupamento dos dados do indicador ION. A série de dados utilizada vai do primeiro valor mensal de 1950 até o último de 2022, totalizando 876 valores, associados cada um ao ano civil correspondente. Assim, os 73 anos disponíveis, com seus 12 valores mensais (de médias móveis de três meses), foi considerado como o conjunto a ser classificado. Embora o ano civil não represente exatamente as condições que afetam as atividades agrícolas em geral, ou da soja em especial, nenhuma outra opção (ano safra ou semelhante) foi definitivamente adotada na literatura, além disso, o ano civil tem a qualidade de ser utilizado em diversas áreas de estudo e na maioria dos países do mundo. Portanto, sobre esse conjunto de dados, uma análise de agrupamento foi realizada com o emprego da rotina FASTCLUS do programa SAS (SAS, 2013). A FASTCLUS é usada quando se quer ajustar uma análise de agrupamento para que cada

classe tenha um número mínimo de observações (Santana Jr. *et al.*, 2014) ou para fixar o número de grupos, como no presente caso, em que foram utilizadas cinco classes. Cada uma das doze médias (móvel de três meses) do índice ION de um ano foi tratada como uma variável independente a ser usada na análise de agrupamento. Cada um dos 73 anos foi considerado uma observação a ser classificada. Os grupos constituíram os tratamentos e os anos de cada um deles foram considerados repetições.

Para a análise subsequente da relação entre produtividade e prevalência dos tipos de manifestação do fenômeno (fases de ENOS), somente os anos de 1974 em diante foram estudados, pois a coleta de dados na estação meteorológica da Embrapa Cerrados foi iniciada nesse ano. A partir dos dados climáticos diários de 47 anos da Embrapa Cerrados, foi simulada a produtividade, pelo modelo STICS, das duas cultivares de soja, semeadas sob o sistema de manejo plantio convencional, a cada decêndio, desde o início de setembro até o final de dezembro, e realizou-se classificação dos resultados. Por fim, também foram analisados os totais de precipitação para o período outubro, novembro e dezembro (OND), comparando a média em cada um dos grupos classificados segundo o ION.

Resultados e discussão

As principais variáveis meteorológicas do clima, que foram dados de entrada do modelo STICS, entre 1974 e 2021 estão apresentadas na Figura 1. A média anual de precipitação em Planaltina no período estudado é 1.323 mm, concentrada de outubro a março. O período seco, definido em termos de déficit hídrico é de cinco a seis meses (abril a setembro), enquanto as médias anuais das temperaturas máximas variaram entre 30,2 °C e 26,7 °C e as mínimas entre 17,8 °C e 13,1 °C, para os meses mais quentes e frios, respectivamente.

A análise de agrupamento dos dados do índice ION de 1950 a 2022, resultou na classificação dos anos em 5 grupos. Pelos valores desse índice nos anos de cada grupo, tanto pela sua média como pela frequência percentual em cada faixa de valores (menor que -0,5; entre -0,5 e 0,5; e maior que 0,5), foi possível associar claramente cada grupo a um tipo de ocorrência em relação aos fenômenos El Niño e La Niña (Tabela 1).

Apesar dos dados da estação da Embrapa Cerrados não estarem disponíveis para os anos anteriores a 1974, esses anos foram usados na análise de agrupamento com o intuito de fornecer o maior conjunto de dados disponíveis para a classificação pois, numa série de dados mais curta, a probabilidade de ocorrência de eventos significativos seria reduzida.

Para a semeadura em cada decêndio, na análise de variância, o experimento foi tratado como inteiramente ca-

Figura 1. Médias decendiais da precipitação e das temperaturas do ar máxima e mínima, registradas na estação meteorológica da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF, Brasil, durante o período de 01/01/1974 a 31/12/2021.

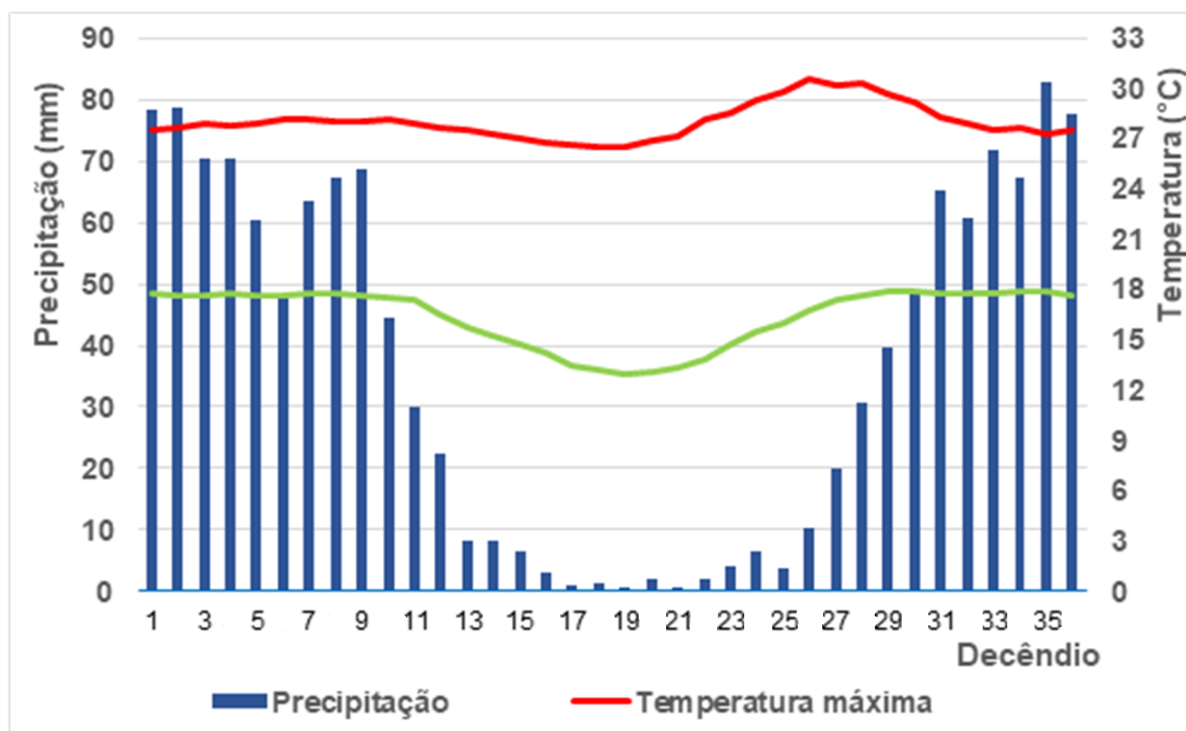


Tabela 1. Classificação de 73 anos recentes segundo o Índice Oceânico Niño (ION)

Grupo	Média	N	Anos	Valores ION (%)		
				< -0,5	-0,5 a 0,5	> 0,5
La Niña	-0,80	16	1950, 1955, 1956, 1971, 1974, 1975, 1984, 1985, 1989, 1996, 1999, 2000, 2008, 2011, 2021, 2022	70,3	29,7	0
Início de La Niña	-0,42	10	1954, 1964, 1970, 1973, 1988, 1995, 1998, 2007, 2010, 2020	52,5	34,2	13,3
Neutro	0,13	30	1951, 1952, 1953, 1959, 1960, 1961, 1962, 1967, 1968, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1986, 1990, 1991, 1993, 1994, 2001, 2003, 2004, 2006, 2009, 2012, 2013, 2014, 2017, 2018	6,4	73,1	20,6
Fim de El Niño	0,49	8	1958, 1966, 1969, 1983, 1992, 2005, 2016, 2019	9,4	45,8	44,8
El Niño	1,00	9	1957, 1963, 1965, 1972, 1982, 1987, 1997, 2002, 2015	1,9	29,6	68,5

sualizado com os tratamentos sendo as fases de ENOS classificadas segundo a análise de agrupamento dos índices ION. Isso porque os dados do índice ION, medidos sobre o Oceano Pacífico, milhares de quilômetros distantes da área da Embrapa Cerrados, por equipes e com instrumentos diferentes e em escala de tempo e forma de cálculo próprias, podem ser considerados totalmente independentes dos valores gerados por um modelo de simulação. Os resultados da análise são apresentados na Tabela 2.

Após a análise de variância, para aqueles decêndios em

que o efeito da fase de ENOS sobre a produtividade foi significativo ao nível de 10%, foi realizado o teste Duncan de comparação de múltiplas médias no mesmo nível de significância. Na tabela 3 estão expostos os valores médios de produtividade nos meses de setembro e outubro.

Da mesma forma, na Tabela 4 estão os valores médios de produtividade para os meses de novembro e dezembro.

A Tabela 3 permitiu notar que nenhuma das duas cultivares estudadas deve ser semeada no primeiro decêndio de setembro (S1), independente da fase do ENOS, pois a

Tabela 2. Análise de variância da produtividade simulada de duas cultivares de soja (BRS-7482RR e a BRS-8383IPRO), por decêndio de semeadura entre os meses de setembro e dezembro (S1, S2, S3, O1, O2, O3, N1, N2, N3, D1, D2, D3), com as fases do fenômeno ENOS como tratamentos (n=47).

Decêndios	BRS-8383IPRO		BRS-7482RR	
	F	Prob > F	F	Prob > F
S1	2,07	0,10*	1,41	0,25
S2	2,99	0,03**	2,33	0,07*
S3	2,83	0,04**	2,69	0,04**
O1	1,92	0,12	3,18	0,02**
O2	2,19	0,09*	2,37	0,07*
O3	2,38	0,07*	3,19	0,02**
N1	3,80	0,01***	2,86	0,04**
N2	3,04	0,03**	2,23	0,08*
N3	2,15	0,09*	1,29	0,29
D1	1,96	0,12	0,96	0,44
D2	1,29	0,29	1,62	0,19
D3	2,23	0,08*	1,77	0,15

Valores de F significativos a 10% (*); 5% (**); e a 1% (***).

Tabela 3. Produtividade média simulada pelo modelo STICS, em kg ha⁻¹, de duas cultivares de soja (BRS-7482RR e a BRS-8383IPRO), segundo o decêndio de semeadura, nos meses de setembro e outubro, e o ano agrupado segundo a fase do fenômeno ENOS, em Planaltina, DF.

Grupo de anos	Cultivar	Decêndios					
		S1	S2	S3	O1	O2	O3
La Niña	BRS-8383IPRO	2.418 a	2.762 a	3.061 ab	3.352 a	3.554 a	3.868 a
Início de La Niña		1.587 ab	2.804 a	3.250 a	3.738 a	3.823 a	3.962 a
Neutro		1.525 ab	1.881 ab	2.318 abc	2.880 ab	3.315 ab	3.557 ab
Fim de El Niño		1.425 ab	1.704 ab	2.090 bc	3.318 a	3.798 a	3.985 a
El Niño		493 b	818 b	1.507 c	2.438 b	2.697 b	3.087 b
La Niña	BRS-7482RR	2.089	2.582 a	2.889 ab	3.181 a	3.417 abc	3.619 a
Início de La Niña		1.319	2.392 a	3.112 a	3.435 a	3.906 a	3.900 a
Neutro		1.475	1.735 ab	2.084 abc	2.569 ab	3.039 bc	3.418 a
Fim de El Niño		1.322	1.687 ab	1.851 bc	3.053 a	3.593 ab	3.899 a
El Niño		508	829 b	1.349 c	1.735 b	2.668 c	2.743 b

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 10%.

Tabela 4. Produtividade média simulada pelo modelo STICS, em kg ha⁻¹, de duas cultivares de soja (BRS-7482RR e a BRS-8383IPRO), segundo o decêndio de semeadura, nos meses de novembro e dezembro, e o ano agrupado segundo a fase do fenômeno ENOS, em Planaltina, DF.

Grupo de anos	Cultivar	Decêndios					
		N1	N2	N3	D1	D2	D3
La Niña	BRS-8383IPRO	4.020 a	4.169 ab	4.203	4.249	4.243	4.233 ab
Início de La Niña		4.260 a	4.419 a	4.214	4.069	3.987	3.981 b
Neutro		3.623 bc	3.695 b	3.778	3.899	3.961	3.926 b
Fim de El Niño		4.293 ab	4.283 a	4.234	4.314	4.345	4.427 a
El Niño		3.185 c	3.718 b	4.099	4.331	4.273	3.905 b
La Niña	BRS-7482RR	3.857 a	3.874 abc	3.963	4.082	4.063	4.056
Início de La Niña		3.970 a	4.244 a	4.003	3.721	3.689	3.770
Neutro		3.475 ab	3.583 bc	3.617	3.692	3.760	3.759
Fim de El Niño		4.002 a	4.168 ab	4.129	4.007	4.357	4.463
El Niño		3.043 b	3.324 c	3.777	3.942	4.095	3.913

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 10%.

produtividade esperada, mesmo nos melhores anos, dificilmente atinge 40 sacos por hectare (2.400 kg ha⁻¹). Dito isso, é visível o efeito negativo sobre a produtividade nos anos em que a fase foi de El Niño, tanto para a cultivar BRS-8383IPRO, na qual a média desse grupo é significativamente menor que dos demais. É também o caso da cultivar BRS-7482RR, no qual a diferença entre as médias não é significativa, provavelmente pela alta variabilidade percebida entre as produções nesses anos, embora a produtividade esperada seja quase 4 vezes menor em anos classificados como de El Niño que nos anos mais produtivos (de La Niña).

Ainda pela análise dos dados da Tabela 3, podemos afirmar que em todos os decêndios, de setembro e outubro, o efeito negativo da fase de El Niño sobre a produtividade das duas cultivares de soja foi significativo e considerável, especialmente da BRS-7482RR. Mesmo para a cultivar BRS-8383IPRO, com a qual foram atingidos valores acima dos 40 sacos por hectare em outubro, quando o ano se classi-

fica nessa fase é maior a chance de baixa produtividade. Sugere-se, portanto, que a semeadura seja feita com muito critério e, se possível, com redução de custos, visto que há alta probabilidade de obtenção de uma colheita de patamar produtivo inferior ao obtido em anos de outras fases.

Ao dedicar nossa atenção aos resultados apresentados na tabela 4, é possível verificar uma tendência muito mais fraca de redução na produtividade quando os anos são classificados como de El Niño. E, mesmo quando foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, as produtividades esperadas superaram a marca de 50 sacos por hectare (3.000 kg ha⁻¹), o que já é uma quantidade razoável para cobrir os custos do produtor com maior segurança. Os dados indicam que, nos meses de novembro e dezembro, as boas condições de clima, principalmente precipitação e temperatura, se apresentaram favoráveis à cultura da soja e pouco afetadas pela fase de El Niño. Isso fica ainda mais evidente ao observarmos a Figura 2, na qual a produtividade das duas cultivares, independente da fase do fenômeno ENOS e do decêndio de semeadura, sempre esteve acima do patamar de 3.000 kg ha⁻¹. O que é confirmado pela observação de que, a partir do início de novembro, as produtividades médias de todas as fases do ENOS estão localizadas no quadrante superior direito dos gráficos (A) e (B) da Figura 2, definido pelas linhas vermelhas que cruzam o eixo X no primeiro decêndio de novembro (N1) e o eixo Y em 3.000 kg ha⁻¹.

Para auxiliar na interpretação do comportamento da produtividade ao longo das diferentes datas de semeadura de cada cultivar, conforme cada fase do fenômeno ENOS, os valores médios foram expressos nos gráficos da Figura 2.

Numa análise preliminar na busca de uma relação mais específica entre uma variável climática afetada pelo ENOS e a produtividade, foi calculada a média de precipitação acumulada nos meses de outubro, novembro e dezembro (OND), considerando um delineamento totalmente casualizado com as cinco fases como tratamentos. A análise de variância revelou que houve efeito significativo das fases sobre a precipitação nesse período (n=47; F= 3,24; Prob>F = 0,0210). Na tabela 5 são apresentadas as médias das precipitações acumuladas no período OND. É possível observar que o valor nos anos classificados como de El Niño é quase que metade do observado em anos classificados como La Niña e que nesses anos a precipitação é significativamente inferior à das demais fases do ENSO. Essa pode ser a principal relação que vincula as fases do fenômeno ENOS, o clima na região de Planaltina, DF e a produtividade da soja semeada naquela região, entretanto, outras métricas devem ser investigadas na busca de uma relação mais específica e, se possível, que possa ser defasada no tempo, de forma a permitir a antecipação dos efeitos do fenômeno a tempo de se tomar decisão sobre a época de início da semeadura.

Figura 2. Produtividade média das cultivares de soja BRS-8383IP-RO (A) e BRS-7482RR (B), em kg ha⁻¹, por decêndio, nos anos classificados por fase do fenômeno ENOS.

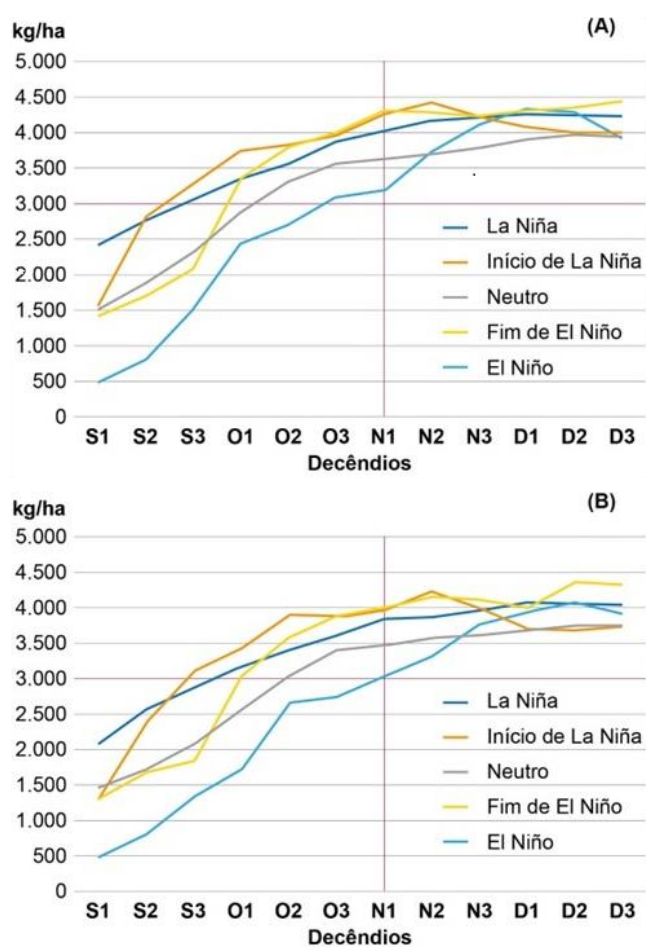


Tabela 5. Precipitação média acumulada (mm) nos meses de outubro, novembro e dezembro, segundo a fase do fenômeno ENOS, em Planaltina, DF.

Grupo de anos	N	Média acumulada
La Niña	10	623 a
Início de La Niña	6	598 a
Neutro	21	511 ab
Fim de El Niño	5	616 a
El Niño	5	372 b

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

Conclusões

A produtividade da soja semeada nas condições dos Cerrados em Planaltina, DF, é afetada pelas fases do fenômeno ENOS. Deve ser evitada semeadura no mês de setembro independente da fase do ENOS e, caso seja realizada, deve ser levada em consideração a maior probabilidade de que a produtividade fique abaixo dos 50 sacos por hectare. Nos meses de setembro e outubro, em anos classificados na fase de El Niño, foi constatado um efeito negativo significativo sobre a produtividade da soja. Nos meses de novembro

e dezembro as fases de ENOS tiveram pouca ou nenhuma influência na produtividade das cultivares de soja estudadas, mostrando ser a melhor época para sua semeadura na área da Embrapa Cerrados.

É necessário aprofundar as investigações sobre o efeito das fases de ENOS e do próprio indicador ION sobre a produtividade da soja. Uma das possibilidades é analisar mais detalhadamente as séries de dados de precipitação dos anos de baixas produtividades para identificar as causas locais da quebra de produção. Outra linha de pesquisa indicada é buscar relacionar essas causas locais com o indicador ION, de preferência com antecedência temporal suficiente para permitir a tomada de decisão pelos produtores.

Contribuição dos autores

A. J. B. LUIZ concepção do trabalho, análise dos dados, redação e revisão do artigo; F. A. M. DA SILVA, concepção do trabalho, aquisição e análise dos dados e redação do artigo.

Agradecimento institucional

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) que financiou os autores e a execução dos trabalhos de campo necessários para a pesquisa.

Referências

AFFHOLDER, F. **Modélisation de culture et diagnostic agronomique régional - mise au point d'une méthode et application au cas du maïs chez les petits producteurs du Brésil Central**. Paris, 2001, 246p. Thèse de doctorat - Institut National Agronomique Paris - Grignon. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/487447/>

ALLIPRANDINI, L. F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P. F.; CAVASSIM, J. E.; GABE, H. L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M. N.; OLIVEIRA, M. A. R. DE; PITOL, C.; PRADO, L. C.; STECKLING, C. Understanding soybean Maturity Groups in Brazil: Environment, Cultivar Classification, and Stability. **Crop Science**, v. 49, p. 801-808, 2009. DOI: 10.2135/cropsci2008.07.0390

ARSEGO, D. A.; FERRAZ, S. E. T.; STRECK, N. A.; CARDOSO, A. O.; ZANON, A. J. Estudo do impacto de diferentes índices associados ao El Niño Oscilação Sul na produtividade de soja no Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, v.40, Edição Especial: X Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, p. 82-87, 2018. DOI: 10.5902/2179460X30684

BERGEZ, J. E.; RAYNAL, H.; LAUNAY, M.; BEAUDOIN, N.; CASELLAS, E.; CAUBEL, J.; CHABRIER, P.; COUCHENEY, E.; DURY, J.; GARCIA DE CORTAZAR-ATAURI, I.; JUSTES, E.; MARY, B.; RIPOCHE, D.; RUGET, F. Evolution of the STICS crop model to tackle new environmental issues: new formalisms and integration in the modelling and simulation platform RECORD. **Environmental Modelling & Software**, v. 62, p. 370-384, 2014. DOI: 10.1016/j.envsoft.2014.07.010

BERLATO, M. A. El Niño Oscilação Sul. In: BERLATO, M. A.; CUNHA, G. R. DA; FONTANA, D. C. (Orgs.) **El Niño oscilação Sul: clima, vegetação e agricultura**. Passo Fundo, RS: Ed. dos Autores, 2024. Cap. 1, p. 17-159. [livro eletrônico]

BERTRAND, A.; LENGAINNE, M.; TAKAHASHI, K.; AVADÍ, A.; POULAIN, F.; HARROD, C. **El Niño Southern Oscillation effects on fisheries and aquaculture**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 660. Rome, FAO. 2020. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca8348en>

BRISSON, N.; MARY, B.; RIPOCHE, D.; JEUFFROY, M.H.; RUGET, F.; NICOUILLAUD, B.; GATE, P.; DEVIENNE-BARRET, F.; ANTONIOLETTI, R.; DURR, C.; RICHARD, G.; BEAUDOIN, N.; RECOUS, S.; TAYOT, X.; PLENET, D.; CELLIER, P.; MACHET, J.M.; MEYNARD, J.M.; DELECOLLE, R. STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances: I. Theory and parameterization applied to wheat and corn. **Agronomie**, v. 18, p. 311-346, 1998.

BRISSON, N.; RUGET, F.; GATE, P.; LORGEAU, J.; NICOUILLAUD, B.; TAYOT, X.; PLENET, D.; JEUFFROY, M. H.; BOUTHIER, A.; RIPOCHE, D.; MARY, B.; JUSTES, E. STICS: a generic model for simulating crops and their water and nitrogen balances: II. Model validation for wheat and maize. **Agronomie**, v. 22, p. 69-92, 2002.

CIRINO, P. H.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J.; REIS, E. Assessing the Impacts of ENSO-related weather effects on the Brazilian Agriculture. **Procedia Economics and Finance**, v. 24, p. 146-155, 2015.

COELHO, C. A. S.; FIRPO, M. A. F.; MAIA, A. H. N.; MACLACHLAN, C. Exploring the feasibility of empirical, dynamical and combined probabilistic rainy season onset forecasts for São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 37 (Suppl.1), p. 398-411, 2017. DOI: 10.1002/joc.5010

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

HAMMER, G. L.; HOLZWORTH, D. P.; STONE, R. The value of skill in seasonal climate forecasting to wheat crop management in a region with high climatic variability. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 5, p. 717-737, 1996. DOI: 10.1071/AR9960717

HUANG, B.; THORNE, P. W.; BANZON, V. F.; BOYER, T.; CHEPURIN, G.; LAWRIEMORE, J. H.; MENNE, M. J.; SMITH, T. M.; VOSE, R. S.; ZHANG, H.-M. **NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST)**, Version 5. NOAA National Centers for Environmental Information. 2017a. DOI:10.7289/V5T72FNM.

HUANG, B.; THORNE, P. W.; BANZON, V. F.; BOYER, T.; CHEPURIN, G.; LAWRIEMORE, J. H.; MENNE, M. J.; SMITH, T. M.; VOSE, R. S.; ZHANG, H.-M. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. **Journal of Climate**, v. 30, n. 20, p. 8179-8205, 2017b. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1

IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer). Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii; Honolulu. Decision support system for agrotechnology transfer 2.1 (DSSAT V2.1). 1989. Disponível em: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABU276.pdf

JÚNIOR, R. S. N.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize off-season double crop system in Brazil as affected by El Niño Southern Oscillation phases. **Agricultural Systems**, v. 173, p. 254-267, 2019. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.03.012.

KEATING, B.A.; CARBERRY, P.S.; HAMMER, G.L.; PROBERT, M.E.; ROBERTSON, M.J.; HOLZWORTH, D.; HUTH, N.I.; HARGREAVES, J.N.G.; MEINKE, H.; HOCHMAN, Z.; MCLEAN, G.; VERBURG, K.; SNOW, V.; DIMES, J.P.; SILBURN, M.; WANG, E.; BROWN, S.; BRISTOW, K.L.; ASSENG, S.; CHAPMAN, S.; MCCOWN, R.L.; FREEBAIRN, D.M. & SMITH, C.J. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. **European Journal of Agronomy**, v. 18, p. 267-288, 2003. DOI: 10.1016/S1161-0301(02)00108-9

LANDGRAF, L. **Embrapa lança quatro cultivares de soja mais produtivas para o Centro-Norte do Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/65867239/embrapa-lanca-quatro-cultivares-de-soja-mais-produtivas-para-o-centro-norte-do-brasil>

MARINS, J. A. L.; MASSOQUIM, N. G. A influência do fenômeno El Niño na produção da soja no município de Campo Mourão. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física. **Anais...** UNICAMP, Campinas, 2017. DOI: 10.20396/sbgfa.v1i2017.2424

SANTANA JR., M. L.; ELER, J. P.; CARDOSO, F. F.; ALBUQUERQUE, L. G.; BALIEIRO, J. C. C.; PEREIRA, R. J.; FERRAZ, J. B. S. Genotype by environment interaction for post-weaning weight gain, scrotal circumference, and muscling score of composite beef cattle in different regions of Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 2, p. 3048-3059, 2014. DOI: 10.4238/2014.April.17.1

SAS Institute Inc. **SAS/STAT® 9.4 Users Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013.

SCOPEL, E.; SILVA, F. A. M. DA; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F.; MARAUX, F. Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid in humid tropical conditions. **Agronomie**, v. 24, p. 1-13, 2004. DOI: 10.1051/agro:2004029

SIERRA, J.; BRISSON, N.; RIPOCHE, D.; NOËL, C. Application of the STICS crop model to predict nitrogen availability and nitrate transport in a tropical acid soil cropped with maize. **Plant Soil**, v. 256, p. 333-345, 2000. DOI: 10.1023/A:1026106208320

SILVA, F. A. M. DA; LUIZ, A. J. B.; BORGES, M. E.; MULLER, A. G.; OLIVEIRA, A. D.; RIBEIRO, F. P. Parametrização do modelo STICS para estimativa de produtividade de duas cultivares de soja em Planaltina, Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 22, 2023, Natal, RN. Anais... Serra Talhada, PE: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 1-12, 2023.

SILVA, F. A. M. DA; EVANGELISTA, B. A.; MALAQUIAS, J. V.; OLIVEIRA, A. D.; MULLER, A. G. **Análise temporal de variáveis climáticas monitoradas entre 1974 e 2013 na estação principal da Embrapa Cerrados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2017. 121 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 340).

SILVA, F. A. M. DA; NAUDIN, K.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; AFFHOLDER, F. Impact of conservation agriculture on the agronomic and environmental performances of maize cropping under contrasting climatic conditions of the Brazilian Cerrado. **Field Crops Research**, v. 230, p. 72-83, 2019. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.10.009

STONE, R.; HAMMER, G. L.; MARCUSSEN, T. Prediction of global rainfall probabilities using phases of the Southern Oscillation Index. **Nature**, v. 384, p. 252-255, 1996. DOI: 10.1038/384252a0

ZHENG, B.; CHAPMAN, S.; CHENU, K. The Value of Tactical Adaptation to El Niño–Southern Oscillation for East Australian Wheat. **Climate**, v. 6, n. 3, (article number: 77) 2018. DOI: 10.3390/cli6030077

REFERENCIAÇÃO

LUIZ, A. J. B.; SILVA, F. A. M. Efeito do El Niño Oscilação Sul na produtividade da soja em Planaltina, DF. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.32, e027577, 2024.



Effects of the El Niño Southern Oscillation phenomenon on soybean yield in Planaltina, DF, Brazil

Alfredo José Barreto Luiz^{1(*)} and Fernando Antônio Macena da Silva²

¹Embrapa Meio Ambiente. Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13918-110 Jaguariúna, SP, Brazil. E-mail: alfredo.luiz@embrapa.br

²Embrapa Cerrados. Rodovia BR 020, km 18, CEP 73310-970 Planaltina, DF, Brazil. E-mail: fernando.macena@embrapa.br

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 22 January 2024

Accepted 20 August 2024

Index terms:

STICS

Oceanic Niño Index

crop forecasting

ABSTRACT

El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomena can modify the interactions between meteorological variables and agricultural crop production. Evaluating these modifications through plant growth simulation models allows virtual experiments to be carried out that represent different crop management conditions in a short space of time. This work aimed to investigate the existence of an effect of ENSO, measured by the Oceanic Niño Index (ONI) indicator, on soybean (*Glycine max L.*) productivity. Production was estimated using the STICS model (*Simulateur multidisciplinaire pour les Culture Standard*), which simulates the operation of the soil-plant-atmosphere system, calibrated for soybean cultivation under the cultivation conditions of Embrapa Cerrados, in Planaltina, DF, Brazil. STICS simulated the productivity of soybean sown in each of the 12 ten-day periods between the beginning of September and the end of December, under the precipitation conditions observed at the Embrapa Cerrados meteorological station, for 47 years, from 1974 to 2021. Based in ONI, the same 47 years were grouped into 5 classes of the ENSO phenomena. Calculating the productivity averages in each ten-day period, for each class, there was a significant negative effect of El Niño years on soybean productivity in September and October sowings.

© 2024 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

LUIZ, A. J. B.; SILVA, F. A. M. Efeito do El Niño Oscilação Sul na produtividade da soja em Planaltina, DF. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.32, e027577, 2024.