

Análise da produtividade da soja irrigada em anos de La Niña e de El Niño em Cachoeira do Sul - RS

Analysis of irrigated soybean productivity in La Niña and El Niño years in Cachoeira do Sul - RS

Zanandra Boff de Oliveira^I , Juliano Arthur Drescher^I , Beatriz Mariana^I ,
Rafaela Richardt Piazza^I , Gustavo Bock Bernhard^I ,
Carlos Eduardo da Silva^I , Alberto Eduardo Knies^{II} 

^I Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

^{II} Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

RESUMO

A produtividade da soja, principal cultura de primavera-verão do RS, tem sua variabilidade anual explicada pela maior ou menor disponibilidade hídrica de cada ano agrícola, com associação direta ao ENOS (El Niño Oscilação Sul). Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar os componentes de rendimento, a produtividade e a eficiência do uso da água da soja (EUA), com e sem irrigação suplementar, em anos de La Niña e de El Niño, no período compreendido entre 2018 e 2024, em Cachoeira do Sul -RS. Para isso realizou-se experimentos de campo em cada ano agrícola, avaliando a produtividade da cultura com e sem irrigação suplementar. O componente de rendimento que teve maior incremento com a irrigação foi o número de vagens por plantas, sendo este de 25% para anos de El Niño e de 40% para anos de La Niña. A produtividade da soja de sequeiro, foi maior $> 4.150 \text{ kg ha}^{-1}$ nos anos agrícolas sob a influência de El Niño (2018-19 e 2023-24), nos quais a diferença de produtividade entre o regime hídrico irrigado (média de 4.572 kg ha^{-1}) e sequeiro (média de 4.171 kg ha^{-1}), foi pequena. A produtividade da soja irrigada foi maior nos anos agrícolas sob a influência da La Niña (2019/20 a 2022/23), sendo média de 4.937 kg ha^{-1} e chegando em até 6.883 kg ha^{-1} . A EUA foi maior em anos de La Niña (em média $9,3 \text{ kg mm}^{-1}$) em comparação anos de El Niño ($7,4 \text{ kg mm}^{-1}$) e, em relação aos dados médios, foi maior no regime hídrico de sequeiro ($8,9 \text{ kg mm}^{-1}$) em comparação ao irrigado ($8,6 \text{ kg mm}^{-1}$).

Palavras-chave: Irrigação; ENOS; Glycine max

ABSTRACT

Soybean productivity, the main spring-summer crop in RS, has its annual variability explained by the greater or lesser water availability of each agricultural year, with a direct association with ENSO (El



Niño Southern Oscillation). Thus, the present study aims to evaluate the yield components, productivity and water use efficiency of soybean (EUA), with and without supplemental irrigation, in La Niña and El Niño years, in the period between 2018 and 2024, in Cachoeira do Sul - RS. For this purpose, field experiments were carried out in each agricultural year, evaluating crop productivity with and without supplemental irrigation. The yield component that had the greatest increase with irrigation was the number of pods per plant, being 25% for El Niño years and 40% for La Niña years. The productivity of rainfed soybeans was higher $> 4,150 \text{ kg ha}^{-1}$ in agricultural years under the influence of El Niño (2018-19 and 2023-24), in which the difference in productivity between the irrigated (average of $4,572 \text{ kg ha}^{-1}$) and rainfed (average of $4,171 \text{ kg ha}^{-1}$) water regimes was small. The productivity of irrigated soybeans was higher in agricultural years under the influence of La Niña (2019/20 to 2022/23), averaging $4,937 \text{ kg ha}^{-1}$ and reaching up to $6,883 \text{ kg ha}^{-1}$. The EUA was higher in La Niña years (on average 9.3 kg mm^{-1}) compared to El Niño years (7.4 kg mm^{-1}) and, in relation to the average data, it was higher in the rainfed water regime (8.9 kg mm^{-1}) compared to the irrigated one (8.6 kg mm^{-1}).

Keywords: Irrigation; ENOS; Glycine max

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.), é uma cultura importante para a agricultura brasileira, mas sua produtividade é afetada em função da irregularidade e quantidade de chuvas [20]. Segundo a [6], a área plantada de soja no Brasil na safra 2020/21 foi de 39.531 mil hectares, seguindo com 41.492 mil hectares na safra 2021/22 e com 44.080 mil hectares na safra 2022/23. No estado do Rio Grande do Sul, foram 6.055 mil hectares implantados com a cultura na safra 2020/21, com produtividade média de 3.433 kg ha^{-1} . Na safra 2021/22 foram utilizados 6.358 mil hectares, com produtividade de 1.433 kg ha^{-1} e na safra 2022/23 foram 6.055 mil hectares semeados com a cultura e a produtividade foi de 1.986 kg ha^{-1} . Os resultados da produtividade média da cultura no RS demonstram a variabilidade anual da produtividade, que pode ser associada a variabilidade das chuvas para cada ano agrícola.

Conforme [4] uma das causas mais importantes de variabilidade climática é o fenômeno El Niño- Oscilação Sul (ENOS). Ele resulta da interação da atmosfera com o oceano, que se caracteriza pelas anomalias na temperatura na superfície do mar no Oceano Pacífico Equatorial [14]. Essa mudança na temperatura do oceano Pacífico



Equatorial traz efeitos globais na circulação atmosférica, transporte de umidade, precipitação e temperatura sendo que, o El Niño se caracteriza pelo aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial, e a La Niña representa o esfriamento das águas do oceano ^[21]. No Rio Grande do Sul, em anos sob a influência de El Niño, as chuvas tendem a ser acima da média e em anos sob a influência da La Niña, as chuvas tendem a ser abaixo da média climatológica.

Segundo a ^[18], as condições meteorológicas estiveram sobre a influência do El Niño no ano agrícola 2018-19, e após um período de neutralidade, estiveram sobre a influência da La Niña entre julho de 2020 a fevereiro de 2023, sob a influência de El Niño de julho de 2023 a maio de 2024 e posteriormente, houve um período de neutralidade do fenômeno ENOS, mais recentemente outra La Niña (janeiro a abril de 2025). A frequência maior na ocorrência de anos com La Niña, pode ser atribuída a um fenômeno maior denominado Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), que são oscilações de longo prazo que persistem por 20 a 30 anos. A ODP apresenta duas fases similar ao ENOS ^[7] e nos últimos cinco anos predomina a oscilação negativa ^[25], favorecendo a anomalia negativa das chuvas.

No Rio Grande do Sul, o déficit hídrico pode ocorrer em todos os anos agrícolas durante o ciclo de desenvolvimento da soja. Conforme ^[3], que simularam o balanço hídrico sequencial e da necessidade de irrigação para a cultura da soja em 20 anos agrícolas (2001 a 2022) em Cachoeira do Sul –RS, a irrigação suplementar foi necessária em todos os anos agrícolas, com lâminas acumuladas variando entre 75 e 345 mm. O déficit hídrico é causado pela distribuição irregular das chuvas e elevada demanda evaporativa da atmosfera ^[7], com maior agravamento em anos de La Niña ^[4].

Os prejuízos do déficit hídrico sobre o rendimento na cultura da soja dependem da intensidade, duração e época de ocorrência, além da sensibilidade da cultivar, destacando o período reprodutivo como o mais crítico ^[17]. Neste contexto, muitos prejuízos econômicos foram registrados nas últimas ocorrências de La Niña entre



janeiro de 2019 e novembro de 2021, no equivalente de indenizações de R\$ 9,5 bilhões ^[13]. Na safra 2020/2021 houve mais de 81 mil acionamentos de Seguro Rural e Proagro devido à seca nos estados do PR, RS, MS, SC e SP para soja e milho ^[13]. Confirmando que o clima é o principal fator responsável pelas oscilações de produtividade e frustrações da cultura da soja no estado ^[14] o que impacta na economia como um todo. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar os componentes de rendimento, a produtividade e a eficiência do uso da água da soja, com e sem irrigação suplementar, em anos de La Niña e de El Niño, no período compreendido entre 2018 e 2024, em Cachoeira do Sul -RS.

METODOLOGIA

Experimentos com a cultura da soja foram instalados nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23 e 2023/24, na área experimental da Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), localizada no distrito de Três Vendas no município de Cachoeira do Sul (29°53' S e 53° 00' W, altitude de 125 m), na depressão central do estado. O clima, segundo Köppen, é definido como subtropical úmido (Cfa). O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico ^[8].

A cultivar de soja analisada para esse estudo foi a BMX Garra IPRO (Garra), a qual possui o grupo de maturidade relativa (GMR) de 6,3, ou seja, ciclo médio para a região de estudo, cerca de 134 dias. A semeadura foi realizada, utilizando um conjunto trator (Massey Ferguson MF4275) – semeadora (Massey Ferguson MF 407, 7 linhas) em sistema de plantio direto, com as datas de semeadura, apresentadas na Tabela 1, dentro do período recomendado pelo zoneamento agrícola de risco climático (ZARC). O manejo da cultura e os devidos tratos culturais seguiram as recomendações agronômicas adequadas para a cultura da soja.



Tabela 1 – Data de semeadura e de colheita e duração do ciclo da soja em cada ano agrícola

Ano agrícola	Data da semeadura	Data da colheita	Duração do ciclo (dias)
2018-2019	21/11/2018	29/03/2019	128
2019-2020	19/11/2019	15/03/2020	117
2020-2021	05/11/2020	13/03/2021	128
2021-2022	29/11/2021	11/04/2022	133
2022-2023	26/11/2022	02/04/2023	127
2023-2024	29/11/2023	19/04/2024	142

Os experimentos foram conduzidos em regime hídrico irrigado, quando a reposição hídrica ocorreu por chuvas e por irrigações e sequeiro, quando a reposição hídrica foi apenas pelas chuvas. O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão convencional, composto por aspersores modelo Agropolo NY 25 espaçados em 12 x 12 m, operando a uma taxa de 12 mm h⁻¹. A estrutura de irrigação contou ainda com uma moto bomba de 7 CV, a tubulação principal com diâmetro de 75 mm e a tubulação lateral com diâmetro de 50 mm.

O manejo de irrigação foi realizado a partir do balanço hídrico do solo para manter o armazenamento de água no solo com uma fração de esgotamento próximo de 40% da capacidade de água disponível (CAD), na profundidade de 0 a 60 cm, onde está a camada de exploração do sistema radicular da soja. Considerou-se a camada variável de 10 a 60 cm conforme a evolução do ciclo de cultivo. A CAD (0-60 cm) é de 101,04 mm, pois, a umidade volumétrica da capacidade de campo (CC) é de 0,3184 cm³ cm⁻³ e ponto de murcha permanente (PMP) é de 0,15 cm³ cm⁻³.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada conforme ^[1], sendo a evapotranspiração de referência (ET_o), obtida da estação meteorológica instalada na UFSM Campus de Cachoeira do Sul. Desta mesma estação também foram obtidos os dados de temperatura apresentados neste estudo. O ajuste do valor de K_c (simples), utilizado para o cálculo da ET_c, foi realizado utilizando fração de cobertura do dossel



(Fc) como indicativo da inflexão da curva do Kc. Para obter o valor do Fc foi utilizado o aplicativo Canopeo.

A colheita das plantas foi realizada de forma manual, conforme as datas apresentadas na Tabela 1, na região central de cada parcela, com três a quatro repetições (dependendo do ano agrícola), totalizando área colhida de 3 m² por parcela. Após a colheita, procedeu-se a trilha, a limpeza, a determinação da umidade e a pesagem dos grãos. A massa dos grãos foi corrigida para umidade de 13% e então estimada para hectare (kg ha⁻¹), destas mesmas amostras foi determinada a massa de mil grãos (MMG) (g), a partir da contagem de 1000 grãos, os quais foram pesados e corrigidos para umidade de 13%. Para análise dos componentes de rendimento, foram colhidas aleatoriamente quatro plantas de cada parcela para serem processadas a mão, com o intuito de determinar o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem. A eficiência do uso da água (EUA) em kg mm⁻¹ foi calculada pela razão entre a produtividade da cultura (kg ha⁻¹) e o total de água utilizado pela cultura (irrigada: chuva + irrigação e sequeiro: chuva).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do total de seis anos agrícolas avaliados, o primeiro (2018-19) e o último (2023-24) estiveram sob a influência do El Niño, com valores de chuva acumulada no ciclo praticamente idênticos. Porém, no último El Niño, a temperatura máxima registrada foi bastante elevada (40,5°C), em comparação ao primeiro EL Niño, dentre os anos avaliados (Tabela 2). Dentre os anos sob a influência da La Niña, que foram a maioria, os acumulados de chuva no ciclo da soja variaram entre 152 e 426 mm e as temperaturas registradas foram bastante elevadas, com máximas superiores a 38°C (Tabela 2). De acordo com ^[9], a demanda hídrica da soja varia conforme o clima, manejo e duração do ciclo, com uma média de 450 a 800 mm por ciclo para alcançar o máximo rendimento. Dessa forma, evidencia-se que o acumulado de chuvas nos anos de La



Niña é aquém do necessário para atender o suprimento hídrico da cultura. Além disso, os valores de temperatura também extrapolam os ideais para o desenvolvimento da cultura. A temperatura ideal é entre 20 e 30°C para a germinação, estabelecimento e desenvolvimento da cultura, onde temperaturas superiores ou inferiores afetam significativamente esses parâmetros ^[23]. Temperaturas acima de 40°C têm efeito adverso na taxa de crescimento, provocam danos à floração e diminuem a capacidade de retenção de vagens, isso é acentuado com a ocorrência da falta de chuvas ^[28].

Tabela 2 – Condições meteorológicas dos anos agrícolas avaliados

Condição do ENOS	Ano agrícola	Temperatura do ar (°C)			Chuva acumulada (mm)
		Tmin	Tmax	Tméd	
El Niño	2018-19	7,8	33,5	20,7	686
Neutro/La Niña	2019-20	10,3	38,8	25,2	313
La Niña	2020-21	8,6	38,6	23,8	426
La Niña	2021-22	7	41,8	24,2	394
La Niña	2022-23	9,7	39,6	25,3	152
El Niño	2023-24	11	40,5	24,6	687

As variações nos acumulados de chuvas entre os anos agrícolas (Tabela 2) e na distribuição destas no ciclo de desenvolvimento da cultura, resultaram em diferentes lâminas de irrigação para atender a demanda hídrica da cultura (Tabela 3). Independentemente das condições do ENOS, sempre houve a necessidade de suplementação hídrica, com maior demanda nos anos sob a influência da La Niña. A maior necessidade de irrigação ocorre, para a maioria dos anos, na fase reprodutiva (médio), quando a ETc é bastante elevada e o déficit hídrico pode trazer prejuízos direto à produtividade da cultura. ^[24, 2] afirmam que, a fase inicial de estabelecimento das plantas, juntamente com a fase reprodutiva, representa os momentos mais críticos ao déficit hídrico para o cultivo da soja. Déficits hídricos expressivos provocam alterações fisiológicas na planta de soja que em fase de floração podem gerar como consequência a queda prematura de flores ocasionando abortamento de vagens ^{[9] [22]}.

**Tabela 3** – Quantidade de irrigação aplicada por fase e total no ciclo, chuvas acumuladas, total de água para o regime hídrico irrigado e evapotranspiração da cultura (ETc) acumulada

Ano agrícola	Irrigação (mm) por Fase do Ciclo				Irrigação total (mm)	Chuva acumulada (mm)	Σ Chuva e Irrigação (mm)	ETc acumulada (mm)
	inicial	rápido cres. vegetativo	médio	final				
2018-19	14	14	42	0	70	686	756	501,12
2019-20	12	60	45	12	129	313	442	485,23
2020-21	27	56	60	25	168	426	594	502,30
2021-22	27	73	90	0	190	394	584	503,71
2022-23	12	72	139	21	244	152	396	496,00
2023-24	10	0	111	0	121	687	808,4	518,97

Dessa forma, os impactos da utilização da irrigação suplementar nos componentes de rendimento da soja, são diferentes para cada ano agrícola (Tabela 4). O componente de rendimento que teve maior incremento com a irrigação foi o número de vagens por plantas, sendo 34% superior no regime hídrico irrigado em comparação ao sequeiro (média para os seis anos). Sendo este, de 25% para anos de El Niño e de 40% para anos de La Niña, quando a restrição hídrica é maior. O incremento na MMG foi de 7,1% em anos de El Niño e de 7,6% para anos de La Niña e o número de grãos por vagem, praticamente, não foi influenciado pelo regime hídrico. Conforme ^[16], o número de grãos por vagem, dentre os demais componentes diretos, é o que apresenta menor variação.

Tabela 4 – Resultado dos componentes de rendimento da soja em função do regime hídrico adotado (irrigado e sequeiro) para os diferentes anos agrícolas

Ano agrícola	Irrigado			Sequeiro		
	Vagens planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹	MMG	Vagens planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹	MMG
2018-19	62,8	2,28	166,6	51,9	2,04	156,3
2019-20	65,1	2,30	180,0	52,6	2,43	162,1
2020-21	86,4	2,19	207,1	61,1	2,22	196,0
2021-22	30,9	2,10	222,0	27,8	2,10	247,7
2022-23	68,3	2,20	231,8	37,7	2,24	175,1
2023-24	84,3	2,50	170,5	65,7	2,50	158,4



A produtividade média da soja irrigada é maior em anos de La Niña, o que está associado a maior disponibilidade de radiação solar nesses anos. Em não havendo restrição hídrica, a produtividade da cultura é maximizada (Figura 1). Já, a produtividade da soja de sequeiro, é maior em anos de El Niño (Figura 1). Pois, a falta de água no solo pode impedir a absorção da quantidade de água e nutrientes necessária para o bom desenvolvimento da planta, afetando a formação de flores, legumes e, consequentemente, o rendimento da soja. Portanto, a água é o principal fator limitante as altas produtividades^{[22][29]}. Dessa forma, em anos de sob a influência do El Niño, com o suprimento hídrico maior, o incremento em produtividade com a irrigação é menor, sendo este médio de 10%, enquanto nos anos de La Niña variou entre 45 e 85%, sendo médio para os quatro anos de 70% (Figura 1). [10], afirmam que a irrigação é necessária para o cultivo da soja em anos semissecos e secos, quando as chuvas sazonais são inferiores a 300 mm. Em anos úmidos, com quantidade e distribuição de chuvas favorável durante a estação de crescimento, os rendimentos são semelhantes aos obtidos com irrigação.

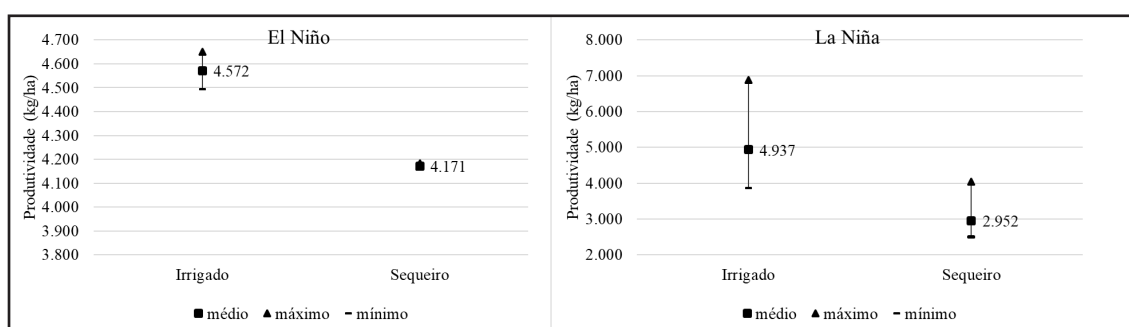


Figura 1 – Produtividade máxima, mínima e média da soja para os anos de El Niño e de La Niña

Os anos agrícolas sob a influência de El Niño (2018-19 e 2023-24) tiveram a maior produtividade no regime hídrico sequeiro, em função do maior suprimento hídrico (Figura 2). Já, a maior produtividade da soja com a irrigação suplementar foi no ano agrícola 2020/21 (Figura 2), que pode estar relacionado a uma melhor distribuição das chuvas ao longo do ciclo de desenvolvimento e a temperaturas menos extremas.



O desenvolvimento e a floração da soja são influenciados principalmente por fatores ambientais, como fotoperíodo e temperatura ^{[26] [11]}. A menor produtividade no ano agrícola 2019-20 é atribuída a uma maior soma térmica no subperíodo vegetativo, que ocasionou em uma menor acumulo de biomassa na fase vegetativa, notável pela menor duração do ciclo (Tabela 1). Dessa forma, evidencia-se que a relação entre a disponibilidade hídrica adequada, a boa disponibilidade de radiação solar (dias de céu límpido) e de temperaturas dentro da faixa adequada para o desenvolvimento da cultura, irão definir a potencial de produtividade da soja em cada ano agrícola. Segundo [9], o excesso de chuvas e dias nublados prejudicam a fotossíntese, o arejamento do solo, o desenvolvimento das raízes e a fixação biológica de nitrogênio, além de interferir em outros processos que diminuem o a produtividade da soja.

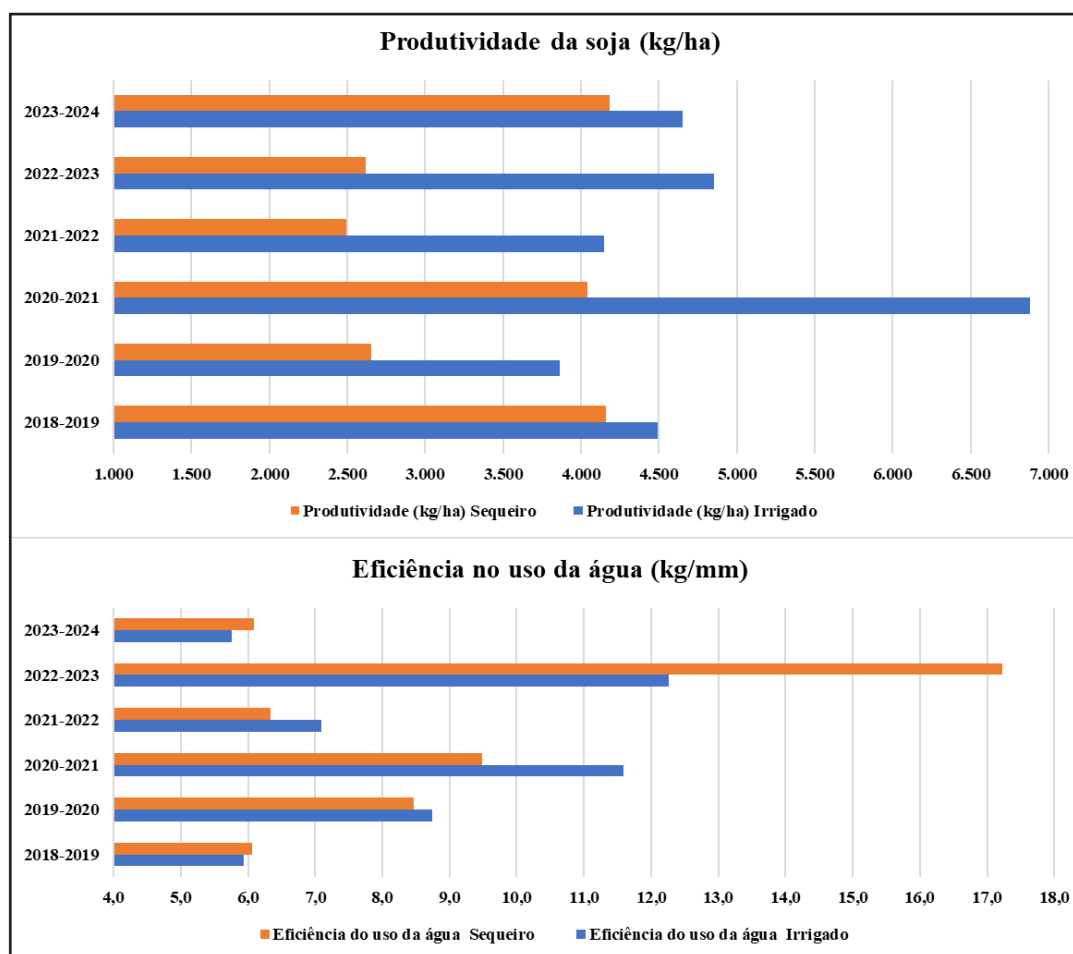


Figura 2 – Produtividade das soja e eficiência do uso da água para os anos agrícolas avaliados



A EUA foi maior em anos de La Niña (em média $9,3 \text{ kg mm}^{-1}$) em comparação anos de El Niño ($7,4 \text{ kg mm}^{-1}$) e, em relação aos dados médios, foi maior no regime hídrico de sequeiro ($8,9 \text{ kg mm}^{-1}$) em comparação ao irrigado ($8,6 \text{ kg mm}^{-1}$).^[2] observou maior EUA da soja à medida que a disponibilidade hídrica no solo é reduzida. A grande diferença na EUA entre os regimes hídricos foi no ano agrícola 2022-23, o mais seco dentre os avaliados (Tabela 3). Conforme^[27], a resposta ao déficit hídrico nas plantas é expressa através de mecanismos biofísicos ou químicos, como parte destas respostas podem incrementar a resistência estomática^[19], aumentar a área de exploração de sistema radicular^[15] e aumentar a EUA^[5]. Portanto, todos os fatores relacionados ao ambiente e ao manejo que contribuam para a absorção da água e nutrientes, favorecendo o aumento da produtividade de grãos, contribuem para uma maior EUA da soja, que foi variável para os regimes hídricos (irrigado e sequeiro) em cada ano agrícola.

CONCLUSÃO

O componente de rendimento da soja que teve maior incremento com a irrigação foi o número de vagens por plantas, sendo este de 25% para anos de El Niño e de 40% para anos de La Niña.

A produtividade da soja de sequeiro, foi maior $> 4.150 \text{ kg ha}^{-1}$ nos anos agrícolas sob a influência de El Niño (2018-19 e 2023-24), nos quais a diferença de produtividade entre o regime hídrico irrigado (média de 4.572 kg ha^{-1}) e sequeiro (média de 4.171 kg ha^{-1}), foi pequena.

A produtividade da soja irrigada foi maior nos anos agrícolas sob a influência da La Niña (2019/2 a 2022/23), sendo média de 4.937 kg ha^{-1} e chegando em até 6.883 kg ha^{-1} .

O incremento médio na produtividade da soja pela irrigação suplementar foi de 10% para os anos de El Niño e de 70% para os anos de La Niña.



A EUA foi maior em anos de La Niña (em média 9,3 kg mm⁻¹) em comparação anos de El Niño (7,4 kg mm⁻¹) e, em relação aos dados médios, foi maior no regime hídrico de sequeiro (8,9 kg mm⁻¹) em comparação ao irrigado (8,6 kg mm⁻¹).

O potencial de produtividade da soja em cada ano agrícola é influenciado pela disponibilidade hídrica adequada, pela boa disponibilidade de radiação solar (dias de céu límpido) e pela temperatura do ar, dentro da faixa adequada para o desenvolvimento da cultura, condições estas com associação direta ao ENOS.

REFERENCES

- [1] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M (2018). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300. (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 06 set. 2024.
- [2] Almeida, A. M. de (2021). Eficiência do uso da água e resposta termal da cultura da soja submetida a diferentes níveis de reposição hídrica. 2021. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-11022022-150829/>. Acesso em: 29 abr. 2025.
- [3] Assman, J., & Oliveira, Z. B (2023). Simulação do balanço hídrico sequencial e da necessidade de irrigação para a cultura da soja em vinte anos agrícolas. Irriga, [S. l.]. Botucatu, 28, 1, 164–175, DOI: 10.15809/irriga.2023v28n1p164-175. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4678>. Acesso em: 8 mai. 2024.
- [4] Berlato, M.A., & Fontana, D.C (2003). El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: UFRGS, 110p.
- [5] Blum, A (2009). O uso efetivo da água (EUW) e não a eficiência do uso da água (WUE) é o objetivo da melhoria da produtividade agrícola sob estresse hídrico. Field Crops Res. 112, 1, 119–123.
- [6] Conab. Companhia Nacional de Abastecimento (2024). Acompanhamento de safra brasileira – grãos. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- [7] Delworth, T. L, & Zeng, F (2016). The Impact of the North Atlantic Oscillation on Climate through Its Influence on the Atlantic Meridional Overturning Circulation. Journal of climate. 29, 3 ed.
- [8] Embrapa (2013). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília, DF: Editora Embrapa.
- [9] Farias, J. R. B., Nepomuceno, A. L., & Neumaier, N (2007). Ecofisiologia da soja. Londrina: Embrapa Soja (Circular técnica, 48). 8.
- [10] Gajic, B., Kresovic, B., Tapanarova, A., Zivotic, L, & Todorovic, M (2018). Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation conditions in a temperate environment. Agricultural Water Management, Elsevier, 210, 224–23.



- [11] Kantolic, A. G., & Slafer, G. A (2005). Reproductive development and yield components in indeterminate soybean as affected by post-flowering photoperiod. *Field Crops Research*, 93, 212-222. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.10.001>. Acesso em 03 mai. 2025.
- [12] Kayano, M.T., & Andreoli, R.V (2007). Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. *International Journal of Climatology*, 27, 531-540.
- [13] Mapa. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2023). Histórico de perdas na Agricultura brasileira. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/risco-seguro/seguro-rural/publicacoes-seguro-rural/pdf>.
- [14] Matzenauer, R.; Radin, B., & Filho, C. A (2018). Rendimento de grãos de soja e de milho, no Rio Grande do Sul, não difere entre eventos El Niño Oscilação Sul. *Revista Agrometeoros*, 26, 1, 123-129.
- [15] Miyazaki, Akira, & Arita, Naoya. (2020). Deep rooting development and growth in upland rice NERICA induced by subsurface irrigation. *Plant Production Science*. 23. 1-9. 10.1080/1343943X.2020.1732829.
- [16] Mundstock, C.M., & Thomas, A.L (2005). Soja: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 31p.
- [17] Neumaier, N., Farias, J. R. B., Nepomuceno, A. L., Mertz-Henning, L. M., Foloni, J., Moraes, L. A. C., & Gonçalves, S. (2020). *Ecofisiologia da soja*. Londrina: Embrapa Soja.
- [18] Noaa- National Weather Service. Climate Prediction Center (2025). Disponível em < https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>.
- [19] Oshumi, A., Kanemura, T., Homma, K. Horie, T., & Shiraiwa, T (2007). Genotypic variation of stomatal conductance in relation to stomatal density and length in rice (*Oryza sativa*. L). *Plant Production*, 10, 322-328.
- [20] Redin, B., Schönhofen, A., & Tazzo, I, F (2017). Impacto da quantidade e frequência de chuva no rendimento da soja. *Agrometeoros*, Passo Fundo, 25, 1, 19-26.
- [21] Santos, E. P., Matias Filho, I., & Brito J. I (2010). Influência do Índice de Oscilação Sul (IOS) e Anomalia do Niños sobre as chuvas no Nordeste Brasileiro. In: SBMET, 16. Belém. Anais. Belém. 1-4.
- [22] Taiz, L., & Zeiger, E (2013). *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 954.
- [23] Talhaferro, J. et al. (2020). Comportamento inicial de cultivares de soja em diferentes temperaturas. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 6, 2.
- [24] Thomas, A. L., & Costa, J. A (2010). Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. (Ed.) *Soja: manejo para alta produtividade de grãos*. Porto Alegre: Evangraf, 13-33, 248.
- [25] Unifei. Ciências Atmosféricas (2024). Tripole index for the interdecadal pacific oscillation (tpi(ipo)). Pinheirinho, Itajubá - MG: CEPReMG, Disponível em: <https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/indice?id=tpi>.
- [26] Wu, T. T., Li, J. Y., Wu, C. X., Sun, S., Mao, T. T., Jiang, B. J., Hou, W. S., & Han, T. F (2015). Analysis of the independent- and interactive-photo-thermal effects on soybean flowering. *Journal of Integrative Plant Biology*. 14, 4, 622-632.



- [27] Xiong, Y., Chen, X., Tang, L., & Wang, H (2022). Comparison of surface renewal and Bowen ratio derived evapotranspiration measurements in an arid Vineyard. *Journal of Hydrology*, 613, 1288474.
- [28] Yamasaki, T., Yamakawa, T., Koike, Y., & Katoh, K (2002). Temperature Acclimation of Photosynthesis and Related Changes in Photosystem II Electron Transport in Winter Wheat. *Plant Physiology, Miyama*, 128, 3, 1087–1097.
- [29] ZANON, A.J. et al (2018). *Ecofisiologia da soja - Visando altas produtividades*. 1. ed. Santa Maria: Palloti/ SM.
- [30] Zipper, S. C., Qiu, J., & Kucharik, C. J (2016). Drought effects on US maize and soybean production: spatiotemporal patterns and historical changes. *Environmental Research Letters, United Kingdom*, 11, 9, 1-12.

Sobre os autores:

Zanandra Boff de Oliveira

Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Brasil
E-mail: zanandraboff@gmail.com - <https://orcid.org/0000-0003-3422-8452>

Juliano Arthur Drescher

Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Brasil
E-mail: julianodrescher3@gmail.com - <https://orcid.org/0009-0009-4530-4706>

Beatriz Mariana

Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Brasil
E-mail: beatriz.mariana@acad.ufsm.br - <https://orcid.org/0009-0007-8207-0916>

Rafaela Richardt Piazza

Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Brasil
E-mail: rafaela.piazza@acad.ufsm.br - <https://orcid.org/0009-0004-5043-5106>

Gustavo Bock Bernhard

Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Brasil
E-mail: gustavo.bernhard@acad.ufsm.br - <https://orcid.org/0009-0005-4451-9140>

Carlos Eduardo da Silva

Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Brasil
E-mail: dasilvakadu03@gmail.com - <https://orcid.org/0009-0008-4317-6731>

Alberto Eduardo Knies

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, Brasil
E-mail: albertoek@gmail.com - <https://orcid.org/0000-0003-4895-8624>



Como citar este artigo

Oliveira, Z. B. de, Drescher, J. A., Mariana, B., Piazza, R. R., Bernhard, G. B., Silva, C. E. da, & Knies, A. E. (2025). Análise da produtividade da soja irrigada em anos de La Niña e de El Niño em Cachoeira do Sul – RS. *JESTA*, Cachoeira do Sul, (3) e91995. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/JESTA/article/view/91995/version/82740>.