

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM CINCO ANOS AGRÍCOLAS COM A UTILIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA REGIÃO CENTRAL DO RS

ZANANDRA BOFF DE OLIVEIRA¹; LUIS FELIPE BARANZELLI¹ E ALBERTO EDUARDO KNIES²

¹ Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul, Curso de Engenharia Agrícola, Rod. Taufik Germano, 3013, Passo D'Areia, 96503-205, Cachoeira do Sul/RS, zanandraboff@gmail.com; luis.baranzelli@acad.ufsm.br

² Universidade Estadual do Rio Grande do Sul unidade de Cachoeira do Sul, Curso de Agronomia, R. Sete de Setembro, 1040, Centro, 96508-010, Cachoeira do Sul/RS, albertoek@gmail.com

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da irrigação suplementar na produtividade da soja em cinco anos agrícolas com diferentes padrões metroológicos, na região central do estado do Rio Grande do Sul. Foram instalados experimentos a campo nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22 e 2022/23, 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-RS, Brasil. A cultivar analisada foi a BMX Garra com semeadura no mês de novembro em todos os anos agrícolas. A irrigação foi por aspersão convencional a partir da recomendação realizada pelo cálculo do balanço hídrico e monitoramento da umidade volumétrica do solo. As lâminas de irrigação acumuladas a longo do ciclo da soja variaram entre 70 e 244 mm, respectivamente, para os anos agrícolas 2018/19 (El Niño) e 2022/23 (La Niña), aumentando entre 334,8 e 2.238,3 kg ha⁻¹ a produtividade da soja. Na média dos cinco anos, a irrigação proporcionou aumento no número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de 29,8, 7,52 e 51,8%, respectivamente, demonstrando-se uma tecnologia de fundamental importância para a manutenção e elevação de tetos produtivos na região.

Palavras-chave: *Glycine max*, manejo agrícola, suprimento hídrico.

OLIVEIRA, Z.B.; BARANZELLI, L.F.; KNIES, A.E. ANALYSIS OF SOYBEAN PRODUCTIVITY IN FIVE AGRICULTURAL YEARS WITH THE USE OF SUPPLEMENTAL IRRIGATION IN THE CENTRAL REGION OF RS

2 ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of supplementary irrigation on soybean productivity over five agricultural years with different metrological standards in the central region of the state of Rio Grande do Sul. Field experiments were carried out in the agricultural years 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22 and 2022/23 in the experimental area of the Agricultural Station of the State University of Rio Grande do Sul (UERGS), located in the district of Três Vendas, in the municipality of Cachoeira do Sul-RS, Brazil. The cultivar analyzed was BMX Garra, which was sown in November of all the agricultural years. The

irrigation was performed via a conventional sprinkler on the basis of the recommendation made by calculating the water balance and monitoring the volumetric soil moisture. The irrigation depths accumulated throughout the soybean cycle varied between 70 and 244 mm for the agricultural years 2018/19 (El Niño) and 2022/23 (La Niña), increasing between 334.8 and 2238.3 kg ha⁻¹ soybean productivity. On average, over the five years, irrigation increased the number of pods per plant, the mass of one thousand grains and the productivity to be 29.8%, 7.52% and 51.8%, respectively, demonstrating that irrigation is a fundamentally important technology for maintaining and increasing production ceilings in the region.

Keywords: *Glycine max*, agricultural management, water supply.

3 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma cultura de grande importância mundial devido a sua composição e gama de aplicações industriais. Além disso, os avanços tecnológicos agrícolas aliados a modernos sistemas de produção potencializaram a produtividade e rentabilidade desta cultura tornando-a uma das principais commodities do mundo. De acordo com o USDA (2023), na safra de 2022/2023 a produção mundial desta oleaginosa foi de 369 bilhões de toneladas em uma área de cerca de 136 bilhões de hectares cultivados. O Brasil é, atualmente, o maior produtor mundial, com cerca de 154,6 bilhões de toneladas produzidas em 44,1 bilhões de hectares cultivados na safra 2022/2023 (CONAB, 2023).

Apesar das lavouras de soja brasileiras possuírem alto grau de tecnificação, a baixa disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura ainda representa a maior limitação para a obtenção do máximo potencial produtivo das lavouras. O impacto do déficit hídrico sobre a produtividade da soja depende da intensidade, duração e época de ocorrência, além da sensibilidade da cultivar (Neumaier *et al.*, 2020; Matzenauer; Barni; Maluf, 2003). A ausência de chuva na fase reprodutiva é um problema frequente na soja e causa redução da produtividade em nove a cada vinte safras no RS (Matzenauer; Barni; Maluf, 2003).

No Rio Grande do Sul, o regime hídrico é influenciado pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) (Matzenauer; Radin; Maluf, 2018). Segundo Berlatto e Fontana (2003) e Montecinos, Díaz e Aceituno (2000), o ENOS é a principal causa da variabilidade interanual de precipitações pluviais no estado. O ENOS apresenta duas fases, a fase quente chamada de El Niño, que apresenta chuvas acima da média climatológica para a região sul do Brasil, e a fase fria chamada de La Niña, caracterizada por chuvas abaixo da média climatológica, especialmente na primavera-verão do ano de início do fenômeno (Fontana; Berlatto, 1996; Puchalski, 2000). Conforme Fontana e Berlatto (1996), é possível então relacionar a variabilidade na produtividade da soja com a presença do fenômeno ENOS no RS.

Segundo Oliveira, Knies e Gomes (2020), na região central do RS, a necessidade de irrigação suplementar na soja varia de acordo com a época de semeadura, a distribuição das chuvas e o manejo de irrigação previsto, de maior ou menor esgotamento da água no solo. Neste contexto, observaram em seu estudo, que as lâminas totais de irrigação variaram entre 60 e 135 mm. Assman e Oliveira (2023), simulando a necessidade de irrigação para a cultura da soja em vinte anos agrícolas (2001-02 e 2021-22) em Cachoeira do Sul – RS, observaram que a demanda variou entre 75 e 345 mm, influenciada pela distribuição regular, intensidade e quantidade das chuvas ao longo do ciclo de desenvolvimento da

cultura. Machado *et al.* (2023), obtiveram incremento médio de produtividade da soja de 198% (cultivar Raio), 72 % (cultivar Garra) e de 51 % (cultivar Zeus), utilizando a irrigação suplementar na região central do RS.

Ainda assim, a maioria das áreas cultivadas com soja no RS são no regime de sequeiro (Sentelhas *et al.*, 2015), com poucas lavouras que utilizam a irrigação em áreas de coxilha. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da irrigação suplementar na produtividade da soja em cinco anos agrícolas com diferentes padrões meteorológicos, na região central do estado do Rio Grande do Sul.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados a campo, experimentos com a cultura da soja nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22 e 2022/23, 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 (Embrapa, 2013).

Os experimentos foram realizados no esquema fatorial (4 x 2), sendo quatro cultivares de soja em dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro, no delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Mas, neste estudo, a cultivar analisada foi a BMX Garra IPRO (Garra), pois foi a única que se repetiu nestes cinco anos agrícolas. A cultivar possui GMR de 6,3, ou seja, ciclo médio para a região de estudo, de 134 dias. A semeadura foi realizada, para cada ano, 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. A adubação seguiu a análise de solo e as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para o RS e Santa Catarina (CQFS, 2016).

Tabela 1. Datas de semeadura, colheita e duração do ciclo da soja para cada ano agrícola

Ano Agrícola	Data de Semeadura	Data de Colheita	Dias de Ciclo
2018-19	21/11/2018	29/03/2019	128
2019-20	19/11/2019	15/03/2020	126
2020-21	05/11/2020	13/03/2021	128
2021-22	29/11/2021	11/04/2022	133
2022-23	26/11/2022	02/04/2023	127

Fonte: Autores.

Para todos os anos agrícolas, parte do experimento foi irrigado (regime hídrico irrigado), e parte do experimento foi sem irrigação (regime hídrico de sequeiro). 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, onde a lâmina de irrigação variou em função do

estádio fenológico da cultura. Buscou-se 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 $0,3184 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e ponto de murcha permanente (PMP) é de $0,15 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi estimada conforme Allen *et al.* (1998), sendo a evapotranspiração de referência (ETo), 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 Kc (simples), utilizado para o cálculo da ETc, 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 aferição do balanço hídrico foi realizada por meio do monitoramento da CAD, a partir da determinação da umidade volumétrica do solo, mensurada por um conjunto FDR (Reflectometria no domínio de frequência, Campbell Scientific). O monitoramento foi realizado de forma pontual em alguns dias antes das irrigações, pois o sistema não realizava o envio automático dos dados.

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 m^2 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os anos agrícolas avaliados, o ano agrícola 2018/19 foi marcado pela atuação do fenômeno El Niño e os demais pela ocorrência do fenômeno La Niña, classificando-o como moderado entre 2019/20 e 2021/22 e fraco em 2022/23 (GGWEATHER, 2022). Assim, o ano agrícola 2018/19 teve maior disponibilidade hídrica e a menor necessidade de irrigação e, o ano agrícola 2022/23, mesmo com a La Niña classificada como fraca, foi o de maior restrição hídrica, demandando maior necessidade de irrigações suplementares (Tabela 1). Em todos os anos agrícolas, maiores lâminas de irrigação (Tabela 2) foram aplicadas no período de maior demanda evapotranspirométrica da cultura (fase de rápido crescimento e fase reprodutiva).

Tabela 2. Coeficiente de cultivo (Kc) e lâminas de irrigação por subperíodo do ciclo de desenvolvimento da soja e chuvas acumuladas no ciclo para os cinco anos agrícolas avaliados

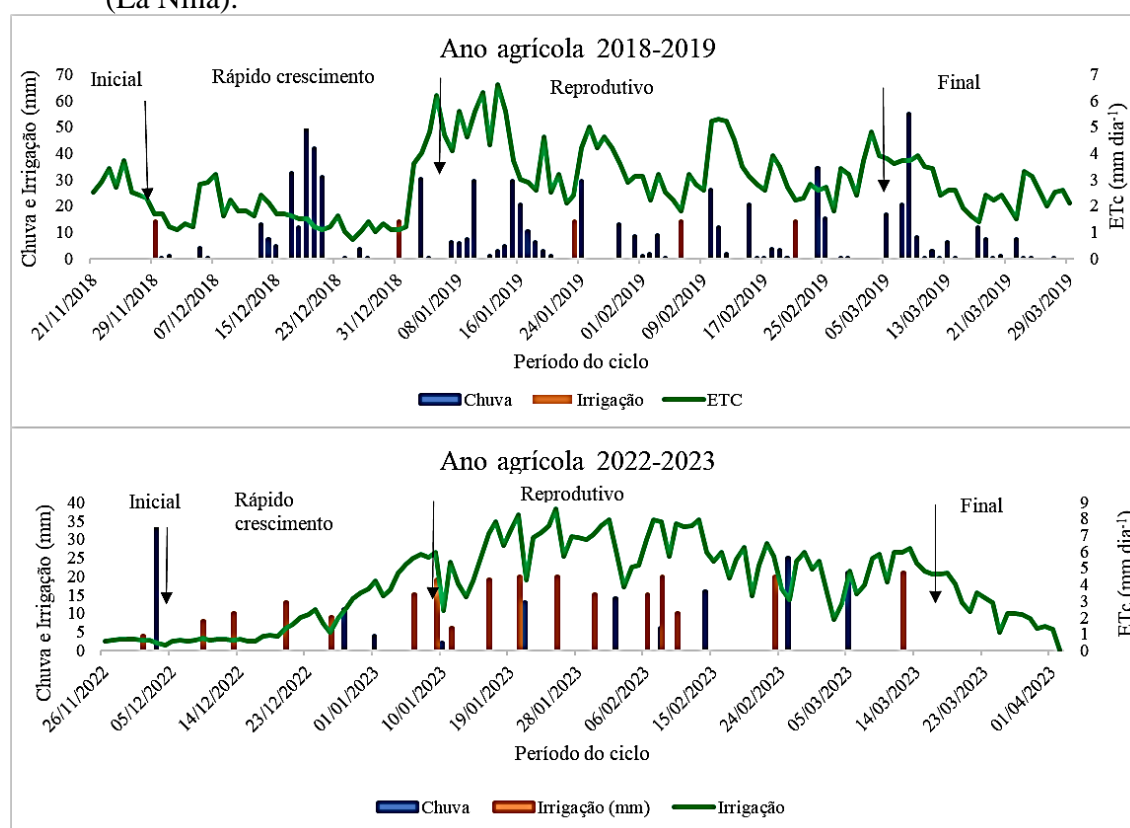
Período	Kc	Lâmina de irrigação (mm)				
		2018 / 2019	2019 / 2020	2020 / 2021	2021 / 2022	2022 / 2023
Inicial	0,1	14	12	27	27	12
Rápido cresc./vegetativa	interpolado 0,1 a 1,15	14	60	56	73	72
Média/reprodutiva	1,15	42	45	60	90	139
Final	interpolado de 1,15 a 0,3	0	12	25	0	21
Irrigação total (mm)		70	129	168	190	244
Chuva total (mm)		686	313	426	394	152
Lâmina total acumulada (mm)		756	442	594	584	396

Fonte: Autores.

Na figura 1 é possível observar a distribuição das chuvas ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja para os anos

agrícolas 2018/19 (El Niño) e 2022/23 (La Niña).

Figura 1. Parâmetros do balanço hídrico para os anos agrícolas 2018/19 (El Niño) e 2022/23 (La Niña).



Fonte: Autores.

No ano agrícola 2018/19, os eventos frequentes de chuvas excedem a capacidade de armazenamento de água no solo, fazendo com que em alguns intervalos maiores entre chuvas, associados a alta evapotranspiração da cultura (entre 6 e 7 mm dia⁻¹), a irrigação faça-se necessária. Por outro lado, no ano agrícola 2022/23, as chuvas são insuficientes para suprir a demanda hídrica da cultura em praticamente todo o ciclo, sendo a irrigação a principal forma de suprimento hídrico para a cultura.

A irrigação suplementar foi necessária em todos os anos agrícolas, com lâminas acumuladas no ciclo variando entre 70 (ano de El Niño) e 244 mm (ano da La Niña), sendo a média da lâmina de irrigação acumulada para os quatro anos de La Niñas de 183 mm (Tabela 2). Em estudo analisando dados meteorológicos de 1976 a 2008 para o RS Farias, Neumaier e Nepomuceno (2024), identificaram que apesar da quantidade total de chuvas durante todo o ciclo de desenvolvimento da soja ter atingido valores próximos a 700 mm, os rendimentos alcançados não foram tão altos em função da má distribuição das chuvas, principalmente durante o período reprodutivo da cultura, limitando a obtenção de altas produtividades.

Além das chuvas, é importante analisar a temperatura do ar (Tabela 3), que exerce influência na soma térmica, a qual a soja é responsiva (duração do ciclo) e no estresse calórico, que pode trazer prejuízos a produtividade da soja. Segundo Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007), a soja se adapta melhor as regiões onde as temperaturas oscilam entre 20°C e 30°C, sendo que a temperatura ideal para seu desenvolvimento está em torno de 30°C. Por outro lado, temperaturas inferiores a 13°C, têm um efeito inibidor no florescimento (Rodrigues *et al.*, 2001). Verifica-se que em todos os anos agrícolas, a amplitude térmica foi elevada, com temperaturas mínimas inferiores e máximas superiores às ideias para um bom desenvolvimento da cultura. O ano agrícola 2018/19 apresentou temperatura mais amena, em função do maior número de dias de chuva, o que também refletiu em menor evapotranspiração da cultura (Figura 1). Por outro lado, os anos agrícolas 2021/22 e 2022/23 apresentaram valores bem elevados de temperatura máxima do ar, que coincidiram com a fase reprodutiva da cultura, sendo que no ano agrícola de 2021/22, este pico de temperatura ocorreu no período de floração (R1).

Tabela 3. Resultados da temperatura do ar (máxima, mínima e média) observados durante o ciclo de desenvolvimento da soja, nos cinco anos agrícolas avaliados.

Anos agrícolas	Temperatura do ar (°C)		
	Tmin	Tmax	Tméd
2018-19	7,8	33,5	20,7
2019-20	10,3	38,8	25,2
2020-21	8,6	38,6	23,8
2021-22	7,0	41,8	24,2
2022-23	9,7	39,6	25,3

Fonte: Autores.

Os componentes de produtividade da soja avaliados para cada ano agrícola (Tabela 4), refletem as condições ambientais relatadas. Nota-se que a irrigação suplementar proporcionou incrementos positivos no número de vagens por planta,

com exceção ao ano agrícola 2021/22, em que este componente de produtividade foi reduzido em ambos os regimes hídricos (irrigado e sequeiro) e que pode ser atribuído ao abortamento de flores e legumes pelo estresse térmico (Tabela 3).

O componente número de grãos por vagem foi muito similar entre os regimes hídricos (irrigado e sequeiro), mas com variações entre os anos agrícolas. Segundo Mundstock e Thomas (2005), grãos por vagem é um componente de rendimento ligado diretamente a genética da cultivar. Navarro Junior e Costa (2002), constataram

que a redução no número de vagens por planta, sem redução da área foliar, provoca pequeno aumento no número de grãos por vagem e na MMG, o que pode explicar a maior MMG no ano agrícola 2021/22, no qual houve a exceção de a MMG ser maior nas plantas de sequeiro.

Tabela 4. Resultado dos componentes de produtividade da soja para os cinco anos agrícolas avaliados.

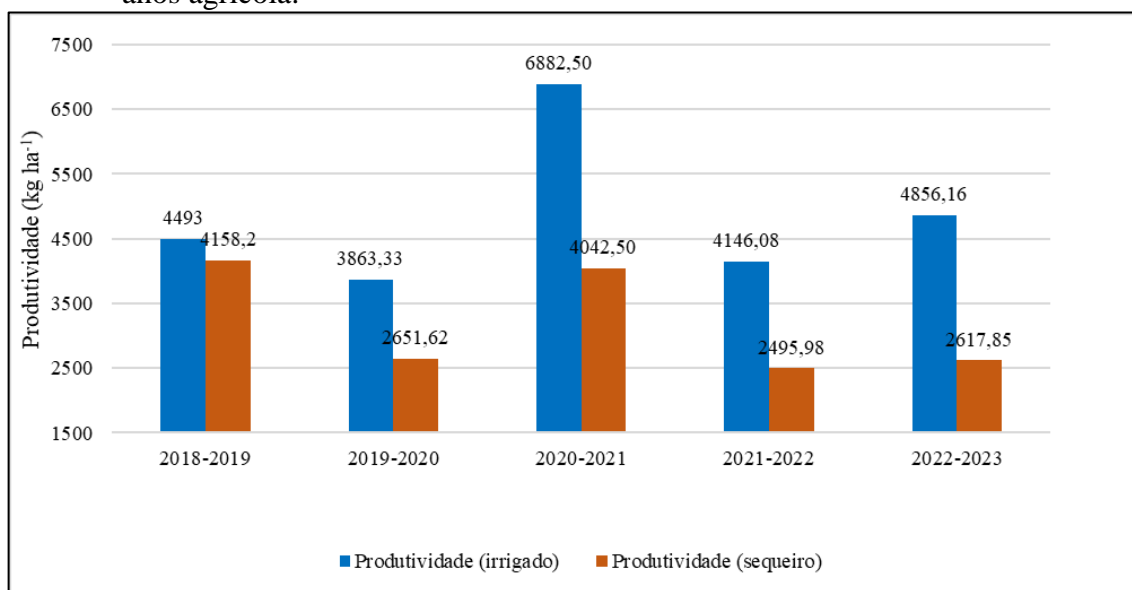
Componentes	Irrigado	Sequeiro
	2018/19	
Vagens planta ⁻¹	62,84	51,91
Grãos vagem ⁻¹	2,28	2,04
MMG	166,64	156,28
2019/20		
Vagens planta ⁻¹	65,06	52,56
Grãos vagem ⁻¹	2,30	2,43
MMG	180,02	162,06
2020/21		
Vagens planta ⁻¹	86,38	61,13
Grãos vagem ⁻¹	2,19	2,22
MMG	207,15	196,01
2021/22		
Vagens planta ⁻¹	30,88	27,75
Grãos vagem ⁻¹	2,10	2,10
MMG	221,99	247,74
2022/23		
Vagens planta ⁻¹	68,33	37,67
Grãos vagem ⁻¹	2,20	2,24
MMG	231,82	175,08

Fonte: Autores.

Comparando a produtividade de cada ano (Figura 3), nota-se que o ano agrícola 2018/19 teve a maior produtividade no sequeiro, em função do maior suprimento hídrico (Tabela 2). Entretanto, no regime hídrico irrigado, a produtividade deste ano foi baixa, se comparada com as demais. Segundo Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007), 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. Foi no ano agrícola 2020/21 a maior produtividade da soja com a irrigação suplementar, que pode estar relacionado a uma melhor distribuição das chuvas ao longo do ciclo de desenvolvimento e a temperaturas menos extremas (Tabelas 2 e 3).

Figura 3. Produtividade da soja em função do regime hídrico (sequeiro e irrigado) para cinco anos agrícolas.

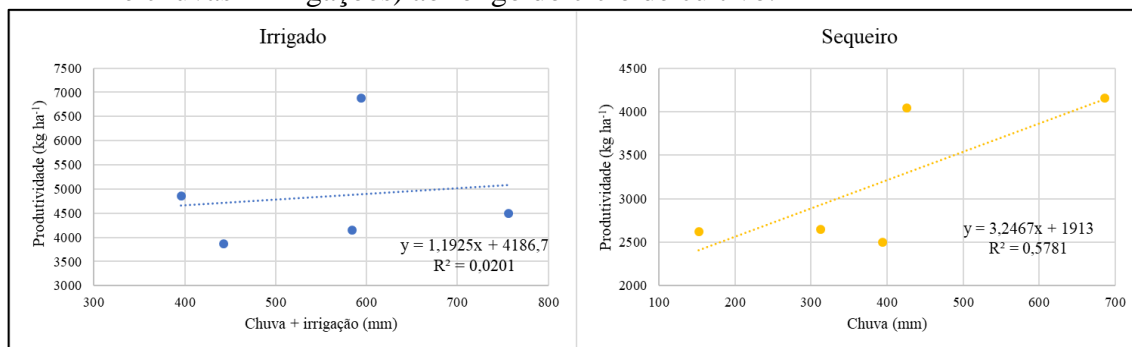


Fonte: Autores.

É possível estabelecer relação entre uma maior quantidade de chuvas e o aumento da produtividade da soja de sequeiro (Figuras 3 e 4). Todavia, esta mesma relação não é possível de ser estabelecida para a soja irrigada. O déficit hídrico é o fator ambiental que mais limita as altas produtividades da soja no Brasil, causando, em média, uma perda de $\pm 543 \text{ kg ha}^{-1}$ (Sentelhas *et al.*, 2015). Porém, há outros elementos meteorológicos que podem tanto potencializar quanto amenizar os efeitos do déficit hídrico na produtividade desta cultura, destacando-se a radiação solar, que condiciona a fotossíntese bruta da

cultura e, a temperatura do ar, que juntamente com o fotoperíodo é o fator moderador do crescimento e do desenvolvimento da soja, além de afetar a respiração de manutenção e a abscisão floral sob condições climáticas extremas (Bonato, 2000; Farias; Nepomuceno; Neumaier, 2007). Como estes fatores não podem ser controlados, a irrigação suplementar demonstra-se como uma tecnologia de fundamental importância para a manutenção e elevação de tetos produtivos da cultura, minimizando ou anulando os impactos do déficit hídrico.

Figura 4. Relação entre produtividade média da soja em cada ano e a quantidade água (chuva e chuvas + irrigações) ao longo do ciclo de cultivo.



Fonte: Autores.

Na média dos cinco anos, a irrigação proporcionou aumento do número de vagens por planta, MMG e produtividade de 29,8, 7,52 e 51,8%, respectivamente (Tabela 5). Pigatto, Oliveira e Knies (2023) em trabalho no mesmo local (ano agrícola 2022-23) com vinte e duas cultivares de soja observaram um incremento de 114% no número de

vagens por planta, de 30% na MMG e de 111% a mais de produtividade. Para o mesmo local de estudo (agrícola 2021-22) Machado *et al.* (2023), obtiveram incrementos de produtividade com a irrigação variando de 0,5 a 1,9 em função da cultivar adotada.

Tabela 5. Resultado do incremento nos componentes de produtividade e produtividade da soja pela irrigação suplementar.

Variável	Média para 5 anos agrícolas		
	Irrigado	Sequeiro	Incremento (%)
Produtividade (kg ha ⁻¹)	4848,21	3193,23	51,83
Vagens por plantas	63,09	48,69	29,58
Grãos por vagem	2,21	2,21	0,26
MMG (g)	201,53	187,43	7,52

Fonte: Autores.

6 CONCLUSÕES

Na média dos cinco anos agrícolas avaliados, a irrigação suplementar proporcionou aumento do número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de 29,8, 7,52 e 51,8%, respectivamente, demonstrando ser uma tecnologia de fundamental importância para a manutenção e elevação de tetos produtivos na região central do RS.

As lâminas de irrigação acumuladas ao longo do ciclo da soja variaram de 70 mm (2018/19 - El Niño) a 244 mm (2023/23 - La Niña), aumentando de 334,8 a 2238,3 kg ha⁻¹ a produtividade da soja no local de estudo.

7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration** - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998, (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 06 set. 2023.

ASSMAN, J.; OLIVEIRA, Z. B. Simulação do balanço hídrico sequencial e da necessidade de irrigação para a cultura da soja em vinte anos agrícolas. **Irriga**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 164-175, 2023. DOI: 10.15809/irriga.2023v28n1p164-175. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4678>. Acesso em: 8 maio 2024.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **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, 2003.

BONATO, E. R. **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000.

CONAB. **Tabela de dados** – Produção e Balanço de Oferta e demanda de Grãos. Brasília, DF: CONAB, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos>. Acesso em: 08 set. 2023.

CQFS. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e**

Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Editora, 2013.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Circular técnica, 48). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/470308/ecofisiologia-da-soja>. Acesso em: 20 set. 2023.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Exigências Climáticas**. Londrina: Embrapa soja, 2024. Disponível em: https://bioinfo.cnpso.embrapa.br/seca/index.php?option=com_content&view=article&id=73%3Aexigencias-climaticas&catid=84&Itemid=435. Acesso em: 20 set. 2024.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 39-46, 1996.

GGWEATHER. **El Niño and La Niña Years and Intensities** - Based on Oceanic Niño Index (ONI). Half Moon Bay: Ggweather, 2023. Disponível em: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 17 out. 2023.

MACHADO, B. L. R.; OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; BOTTEGA, E. L.; SARETTA, E. Estratégias de manejo o aumento da produtividade da soja na região central do RS. *In*: VIEIRA, A.; SILVA, L. F.; OLIVEIRA, V.C. (org.). **Ciências agrárias**: Debates emblemáticos e situação

perene 2. 2. ed. Ponta Grossa: Atena, 2023. p. 46-48.

MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MALUF, J. R. T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1013-1019, 2003.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; MALUF, J. R. T. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 323-331, 2018.

MONTECINOS, A.; DÍAZ, A.; ACEITUNO, P. Seasonal diagnostic and predictability of rainfall in subtropical South America based on Tropical Pacific SST. **Journal of Climate**, Boston, v. 13, p. 746-758, 2000.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

NAVARRO JUNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002.

NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; MERTZ-HENNING, L. M.; FOLONI, J.; MORAES, L. A. C.; GONÇALVES, S. Ecofisiologia da soja. *In*: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIR, N.; BALBIBOT JUNIOR., A. A.; KRZYANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. cap. 2, p. 33-34. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1128387/1/p.-33-54-de-SP-17-2020-online.pdf>. Acesso em: 08 set. 2023.

OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; GOMES, J. I. T. Produtividade de cultivares de soja com e sem irrigação suplementar para a safra e safrinha de 2019/20 na região central do RS. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 10, p. 81268–81284., 2020.

PIGATTO, G.; OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E. K. Desempenho agrônômico de cultivares de soja com a utilização da irrigação suplementar na safra 2022-2023. **Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, Passo Fundo, 2023. Disponível em: <https://plantiodireto.com.br/artigos/1552>. Acesso em: 08 set. 2023.

PUCHALSKI, L. A. **Efeitos associados ao El Niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e o déficit hídrico no estado do Rio Grande do Sul**. 2000. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia/Agrometeorologia) – Faculdade

de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. D. S.; FARIAS, J. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. A lacuna na produtividade da soja no Brasil – magnitude, causas e possíveis soluções para uma produção sustentável. **Revista de ciências agrícolas**, Rio Largo – AL, v. 153, n. 8, p. 1394-1411, 2015.

USDA. **World Agricultural Production**. Washington, DC: USDA, 2023. (Circular Series WAP, 6-23). Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circular/s/production.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.