

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE EM CACHOEIRA DO SUL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

IGOR FRANCISCO JANNER

**ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR
DA CULTURA DA SOJA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA NA
REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

CACHOEIRA DO SUL - RS

2023

IGOR FRANCISCO JANNER

**ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR DA CULTURA
DA SOJA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA NA REGIÃO CENTRAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Agronomia da Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul Unidade em Cachoeira
do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Alberto E. Knies

CACHOEIRA DO SUL - RS

2023

Catálogo de Publicação na Fonte

J34e Janner, Igor Francisco.

Estimativa da necessidade de irrigação suplementar da cultura da soja em duas épocas de semeadura na região central do Rio Grande do Sul. / Igor Francisco Janner. – Cachoeira do Sul, 2023.

41 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bacharelado em Agronomia, Unidade em Cachoeira do Sul, 2023.

1. Regime hídrico. 2. Cultivares de soja. 3. Déficit hídrico. I. Knies, Alberto Eduardo. II. Título.

IGOR FRANCISCO JANNER

**ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR DA CULTURA
DA SOJA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA NA REGIÃO CENTRAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção de título de Bacharel em Agronomia
na Universidade Estadual do Rio Grande do
Sul.

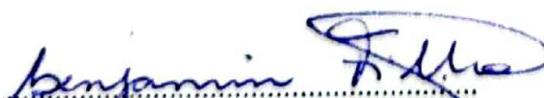
Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

Aprovada em: 10 / 07 / 2023

BANCA EXAMINADORA:



Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies
UERGS Unidade em Cachoeira do Sul



Prof. Dr. Benjamin Dias Osório Filho
UERGS Unidade em Cachoeira do Sul



Prof^a. Dra. Zanandra Boff de Oliveira
UFSM Campus Cachoeira do Sul

ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR DA CULTURA DA SOJA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

Estudante: Igor Francisco Janner

Orientador: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

RESUMO

A cultura da soja tem grande importância para o RS, mas a ocorrência de déficits hídricos causa redução na produtividade e prejuízos para a economia, sendo a utilização da irrigação suplementar uma estratégia para evitar este problema. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estimar a necessidade de irrigação suplementar para a cultura da soja e o desempenho agrônômico de três cultivares semeadas em duas épocas e dois regimes hídricos na Região Central do RS. Um experimento à campo foi conduzido na safra 2021/22 na Estação Agronômica da Uergs, em Cachoeira do Sul-RS, com delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial (3x2x2), onde o fator A foi formado por três cultivares de soja: BMX Raio IPRO, BMX Zeus IPRO e BMX Garra IPRO; o fator B foi composto por dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro e, o fator C foi constituído por 2 épocas de semeadura: safra (em 29 novembro de 2021) e safrinha (em 14 de janeiro de 2022). A estimativa da necessidade de irrigação suplementar foi realizada através do balanço hídrico, sendo a evapotranspiração de referência (ET_o) calculada pelo Método FAO - Penman-Monteith). Foram avaliados a alturas das plantas, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, a massa de mil grãos e a produtividade de grãos. Os resultados indicaram a necessidade de 205 mm de irrigação suplementar na safra e 120 mm na safrinha. A utilização da irrigação também resultou em maiores alturas das plantas, número de vagens por planta e produtividade de grãos. Na época de semeadura da safra, a adoção do regime hídrico irrigado resultou em um acréscimo na produtividade de até 54,4 sc ha⁻¹ ou de 190%, enquanto que, na safrinha, o incremento foi de até 15,23 sc ha⁻¹ ou 60 %. Assim, a utilização da irrigação suplementar mostrou-se uma excelente ferramenta para incrementar a produtividade da cultura da soja.

Palavras-chave: regime hídrico; cultivares de soja; déficit hídrico.

ESTIMATE OF THE NEED FOR SUPPLEMENTARY IRRIGATION OF THE SOYBEAN CULTURE IN TWO SEASONS OF SOWING IN THE CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL

Student: Igor Francisco Janner

Advisor: Prof. Dr. Alberto Eduardo Knies

ABSTRACT

The soybean crop is of great importance for RS, but the occurrence of water deficits causes a reduction in productivity and damage to the economy, and the use of supplementary irrigation is a strategy to avoid this problem. Therefore, the objective of this work was to estimate the need for supplementary irrigation for the soybean crop and the agronomic performance of three cultivars sown in two times and two water regimes in the Central Region of RS. A field experiment was conducted in the 2021/22 season at the Estação Agronômica da Uergs, in Cachoeira do Sul-RS, with a completely randomized experimental design, with three replications, in a factorial scheme (3x2x2), where factor A was formed by three cultivars soy: BMX Raio IPRO, BMX Zeus IPRO and BMX Garra IPRO; factor B consisted of two water regimes: irrigated and rainfed, and factor C consisted of 2 sowing times: harvest (on November 29, 2021) and off-season (on January 14, 2022). The estimate of the need for supplementary irrigation was performed through water balance, with reference evapotranspiration (ET_o) calculated using the FAO Penman-Monteith Method. Plant height, number of pods per plant, number of grains per pod, thousand-grain mass and grain yield were evaluated. The results indicated the need for 205 mm of additional irrigation in the harvest and 120 mm in the off-season. The use of irrigation also resulted in greater plant height, number of pods per plant and grain yield. At the sowing time of the crop, the adoption of the irrigated water regime resulted in an increase in productivity of up to 54.4 sc ha⁻¹ or 190%, while, in the off-season, the increments were up to 15.23 sc ha⁻¹ or 60%. Thus, the use of supplementary irrigation proved to be an excellent tool to increase the productive performance of the soybean crop.

Keywords: water regime; soybean cultivars; water deficit.

AGRADECIMENTOS

Graças ao apoio, empenho, carinho, motivação de certas pessoas que este trabalho foi desenvolvido, e a elas eu agradeço:

- a meu filho Martin e minha esposa Tuane, que me apoiaram incansavelmente durante esses anos e são o principal motivo de estar realizando essa conquista.

- a meus pais, Regina e Romeu, que sempre estiveram ao meu lado para o que precisasse.

- à minha irmã Évelin e meus sobrinhos Maria e Pedro, que sempre com carinho e alegria vibraram a cada passo que trilhei.

- aos meus sogros, Marta e Alvandir, que durante essa trajetória me ajudaram da melhor maneira possível.

- aos meus amigos, Otávio e Eduardo, que foram de extrema importância durante todo o processo.

- ao meu orientador, Prof. Alberto, que foi de extrema importância para o meu desenvolvimento durante todo o processo da graduação, estando sempre disposto a me ajudar e orientar de maneira exemplar.

- a toda equipe de professores e funcionários da UERGS, que fizeram total diferença no processo de ensino aprendizagem.

- ao amigo Roberto, que foi fundamental durante o processo de pesquisa a campo, sempre disposto a me ajudar, até mesmo durante o período difícil da pandemia.

- ao GEPASA – Grupo de Ensino e Pesquisa em Manejo Integrado da Água e Solo na Agricultura (UERGS), por toda a ajuda e suporte para o desenvolvimento desta pesquisa a campo.

- à Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS que me proporcionou chegar até aqui para ser um Engenheiro Agrônomo.

*À minha família,
Romeu Carlos Janner, Regina Cristiane
Vieira, Martin Sant'Ana Janner e Tuane
Sant'Ana Janner, que até aqui me guiaram e
estiveram ao meu lado para mais uma
conquista, **DEDICO.***

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 A CULTURA DA SOJA.....	8
2.2 IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA SOJA.....	10
2.3 ÉPOCA DE SEMEADURA DA CULTURA DA SOJA.....	14
2.4 CICLO DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA	17
3 OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A importância que a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), que é considerada um dos grãos mais utilizados mundialmente, ganhou importância no decorrer dos anos, devido à sua contribuição econômica e ao seu alto teor proteico, vem se destacando notoriamente. No Brasil, além da importância econômica que traz, o cultivo da soja emprega milhares de pessoas ligadas diretamente ou indiretamente. Segundo (APROSOJA, 2021), estima-se que a cadeia produtiva da soja reúna no país mais de 243 mil produtores e um mercado de 1,4 milhões de empregos. Brum et. al (2005) afirmam, que a soja foi uma das principais responsáveis pela introdução do conceito de agronegócio no país, não só pelo volume físico e financeiro, mas também pela necessidade empresarial de administração da atividade por parte dos produtores, fornecedores de insumos, processadores da matéria-prima e negociantes.

O Rio Grande do Sul tem um papel fundamental para o país na produção de soja, sendo o terceiro estado que mais produz a oleaginosa, ficando atrás de Mato Grosso e Paraná. Porém, o Estado vem passando por fortes estiagens no decorrer dos últimos anos, as quais vêm causando problemas em anos subsequentes (2021/2022 e 2022/2023). Tais influências climáticas são devidas aos fenômenos El Niño e La Niña. Isso porque o El Niño gera uma irregularidade que favorece a precipitação pluviométrica, enquanto a La Niña provoca redução das chuvas abaixo do normal climatológico, prolongando as estiagens, especialmente na primavera e no início de verão (FONTANA; BERLATO, 1996).

A consequência desses fenômenos vai impactar diretamente na planta, pois faz-se necessário ter disponibilidade hídrica durante todo o ciclo da cultura, para que possamos ter resultados e desenvolvimento adequado durante todo o período fenológico. Segundo Cunha et al.(2001) os efeitos desta falta de água sob a fisiologia da planta impactarão com a intensidade, duração, frequência e a interação com os componentes presentes no solo, tais como fertilidade e acidez.

Relacionado à demanda hídrica, a cultura da soja pode ser considerada uma planta altamente resistente à deficiência desta, porém, somente quando ela não ocorre nos períodos críticos da cultura, como floração e enchimento de grãos. O fato de ter uma irregularidade de chuvas nesses períodos críticos vai prejudicar a produção, por isso, a tecnologia de irrigação é uma ferramenta aliada, que visa ao aumento de produtividade dessa cultura (KUSS, 2006).

No Rio Grande do Sul, o cultivo de uma segunda safra de verão com a cultura da soja, denominada soja safrinha, semeada após a colheita da cultura do milho ou de soja, vem sendo de grande importância econômica, aumentando sua área de cultivo e, dessa forma, gerando uma maior produção de grãos e de renda durante o período de verão (FOLLMANN, 2017).

Segundo Rosegrant et. al. (2002), ações para melhorar a eficiência do uso de água na agricultura irrigada devem ser focadas nos níveis técnico, gerencial e institucional. Melhorias técnicas incluem a adoção de sistemas de irrigação mais avançados, como a aspersão e, principalmente, o gotejamento e a microaspersão, o uso conjunto de águas superficiais e subterrâneas, além do conceito de agricultura de precisão, incluindo estratégias para o monitoramento da demanda de água pelas plantas. Melhorias gerenciais, em nível da propriedade, incluem a adoção de estratégias de manejo de água com base na demanda da cultura. Em termos institucionais, a melhoria envolve a criação de comitês para o estabelecimento de regras sobre direitos e uso eficiente da água e a introdução de tarifas para a cobrança da quantidade de água utilizada.

Buscando diminuir os efeitos do déficit hídrico e melhorar a produção, é notoriamente importante maximizar resultados obtidos em pesquisas, para que possamos melhorar o manejo dos efeitos causados pelo La Niña e melhorar o rendimento, auxiliando na produtividade da soja apesar do efeito climático.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de estudos que avaliem a necessidade e benefícios da utilização da irrigação para a cultura da soja, especialmente para a Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, dada a importância deste cultivo na região. Desta forma, este estudo contribui para o correto dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, bem como no planejamento das lavouras e utilização correta da água, bem tão precioso para toda humanidade, na agricultura.

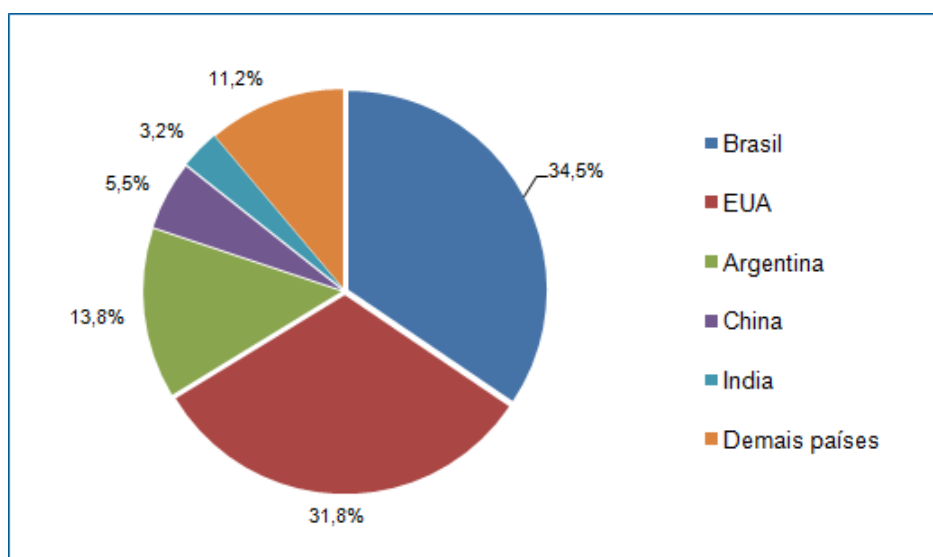
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a oleaginosa mais cultivada e o quarto grão mais produzido no mundo, após o milho, trigo e arroz. Segundo estimativas da CONAB (2022), o Brasil é atualmente o maior produtor mundial de soja, com produção superior a 135 milhões de toneladas (CONAB, 2022). Hoje, a soja responde como a principal cultura de grande parte das propriedades rurais do Brasil, em termos de área plantada e rentabilidade proporcionada aos agricultores (EMBRAPA, 2022).

A produção mundial de soja ultrapassa 362 milhões de toneladas (FAO, 2020), sendo o Brasil responsável por aproximadamente 34,5% da produção mundial (figura 1), com 38,5 milhões de hectares cultivados, confirmando o país como o maior produtor mundial do grão. O interesse pelo cultivo de soja era global, mas, em muitos países, como, por exemplo, Alemanha, Inglaterra e Rússia, não teve sucesso (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018).

Figura 1. Participação dos países produtores de soja.



Fonte: FAO/FAOSTAT (2020).

Além de sua importância econômica, a soja, composta por 18% de óleo e aproximadamente 40% de proteína, apresenta papel fundamental na alimentação humana, por possuir proteína de qualidade, rica em aminoácidos essenciais presentes em diversos alimentos como óleo, farinha, fibras e resíduos (CABRAL; MODESTA,

1981; TANWAR; GOYAL, 2021).

Segundo o relatório da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD e Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO(2018), o cultivo da soja será responsável por 62% do aumento da área cultivada na América Latina e Caribe nos próximos sete anos, sendo 54% da produção processada na origem (farinha e óleo). Sendo assim, o Brasil terá um papel importante para fornecer alimentos no mundo, por ser um dos principais produtores.

A soja é uma das *commodities* agrícolas mais negociadas globalmente. Grandes produtores, como Brasil, Estados Unidos e Argentina, são os principais exportadores, atendendo à demanda de países importadores, incluindo China, União Europeia e outros mercados consumidores. No Brasil, ela representou 27,4% do produto interno bruto (PIB) brasileiro em 2021 e com crescimento de 8,36% em relação a 2020 (CNA, 2022).

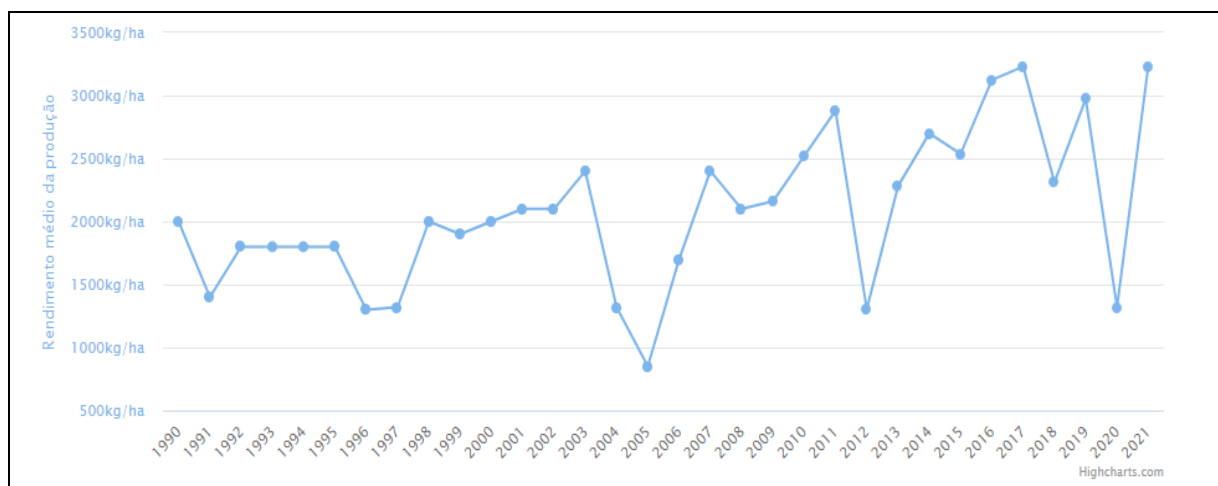
Foi no Rio Grande do Sul que os primeiros cultivos apresentaram bom desenvolvimento, devido a essa região possuir características climáticas semelhantes ao local de origem das primeiras cultivares trazidos ao país a partir dos EUA. Posteriormente, a década de 70 foi marcada como o início da expansão da soja pela ampliação da indústria de óleo e do aumento da demanda internacional pelo grão, impulsionando a criação de pesquisas e tecnologias, como o desenvolvimento de cultivares adaptadas a regiões produtoras, principalmente no Centro-Oeste (APROSOJA, 2022). Posteriormente, a década de 70 foi marca o início da expansão da soja pela ampliação da indústria de óleo e do aumento da demanda internacional, impulsionando a criação de pesquisas e tecnologias, como o desenvolvimento de cultivares adaptadas a regiões produtoras, principalmente no Centro-Oeste (APROSOJA, 2022).

O estabelecimento da cultura demandou mão de obra, desde o plantio até a colheita e o processamento, contribuindo para a geração de empregos no campo, principalmente em regiões onde a atividade agrícola é predominante. Também ajudou na expansão e desenvolvimento de regiões antes pouco desenvolvidas. Muitos estados brasileiros, como Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, tiveram seu crescimento impulsionado pela agricultura da soja.

A produção de soja no Rio Grande do Sul na safra 2021/2022 foi de, aproximadamente, 9,5 milhões de toneladas de grãos, tendo uma redução de 36,7 % em relação à média dos últimos dez anos e de 52,7% em relação à produção da safra

anterior (2020-2021). Essa queda foi ocasionada, principalmente, ao estresse hídrico causado pela escassez de chuva durante o estabelecimento da cultura, fato que está diretamente ligado à produção em diferentes anos como mostra a (figura 2), onde o balanço de rendimento médio em cada ano está diretamente ligado à estiagem.

Figura 2. Rendimento médio da produção em diferentes anos no RS.



Fonte: CONAB (2021).

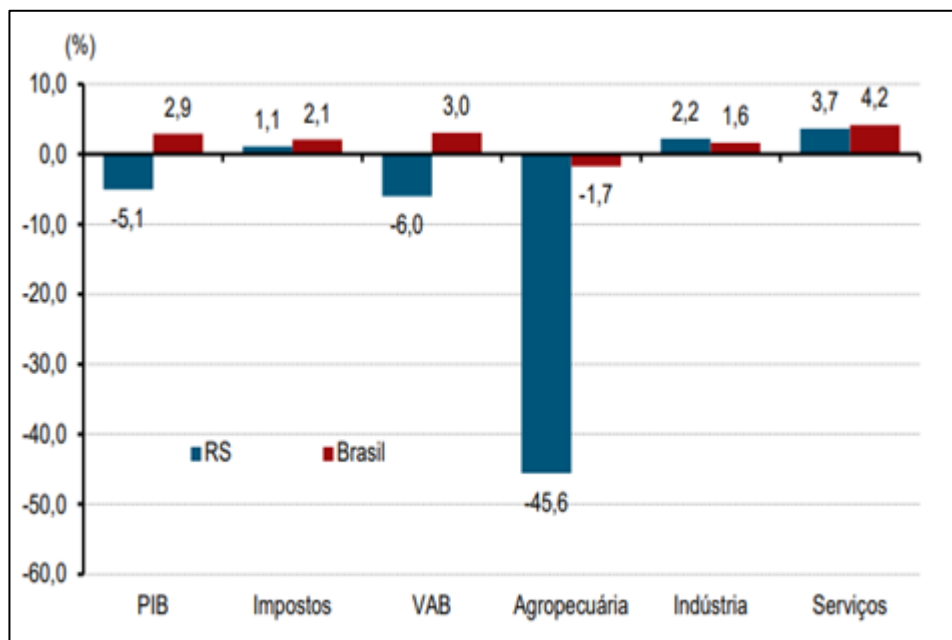
Na Região Central do Estado, o município de Cachoeira do Sul está entre os maiores produtores, com uma área cultivada de 105,8 mil hectares, produzindo aproximadamente 341.998 mil toneladas (IBGE, 2021). Esses indicadores demonstram a importância do cultivo tanto em escala mundial como no agronegócio brasileiro e gaúcho, impulsionando o desenvolvimento da infraestrutura, que através de todo entorno da atividade demanda estradas, armazéns, silos, máquinas e outros serviços relacionados, o que estimula o crescimento e o investimento na região

2.2 IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA SOJA

De acordo com Zanon et al. (2018), dentre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima continua aparecendo como aquele de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação às máximas produtividades. O Rio Grande do Sul vem sofrendo durante os últimos anos fenômenos climáticos intensos, causando danos às produções agrícolas, que além de afetar diretamente setores ligados ao agro, também afeta a economia de um modo geral. Segundo o último levantamento, o produto

interno bruto (PIB) do Rio Grande do Sul caiu 5,1% em 2022, conforme dados divulgados pelo governo do estado (figura 3).

Figura 3. Taxa de crescimento do PIB por atividades do RS.



Fonte: SPGG-RS/DEE IBGE (2022).

Segundo o estudo, os impactos da estiagem sobre a agropecuária influenciaram diretamente esses índices. Em 2022, 418 dos 497 municípios do RS decretaram situação de emergência em razão da falta de chuva (DEE-RS, 2022).

A estiagem é o maior causador da redução na produção das culturas de primavera-verão no Rio Grande do Sul, sendo causada pela distribuição irregular das precipitações pluviais e elevada demanda evaporativa da atmosfera (MATZENAUER, et al., 2003; BERGAMASCHI et al., 2004).

De acordo com Bernardo et al. (2019), a escolha do manejo racional de um projeto de irrigação deve considerar aspectos sociais, ecológicos e econômicos da região e do irrigante. Um desafio para a agricultura é realizar o uso adequado e eficiente desse recurso, já que a irrigação vem se tornando cada vez mais necessária, em decorrência do aumento da demanda alimentar e de mudanças climáticas cada vez mais intensas.

O déficit hídrico afeta a soja em diferentes estádios de seu crescimento, desde a germinação até a maturação, durante a germinação, a falta de água pode impedir a emergência das plântulas, em estádios vegetativos, o déficit hídrico leva ao

fechamento dos estômatos das folhas, resultando em redução da taxa de fotossíntese e crescimento mais lento das plantas. Durante a floração e a formação de vagens, a falta de água pode levar à queda de flores e vagens e, conseqüentemente, à diminuição da produtividade.

De acordo com Farias et al. (2017), a máxima demanda de água pela soja é atingida durante a floração-enchimento de grãos e, déficits hídricos importantes, nestes estádios, provocam alterações na fisiologia da planta, fechamento de estômatos e o enrolamento das folhas e, em consequência, a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, finalmente, na redução do rendimento de grãos. Ao que tudo indica, o déficit de água no período reprodutivo é o que mais afeta a produtividade.

Dessa forma, para que a soja apresente bons resultados de produtividade, a disponibilidade hídrica é um dos principais fatores. São necessários entre 450 a 800 mm de água no solo ao longo do ciclo fenológico, dependendo das condições climáticas do local (DOORENBOS; KASSAN, 1994). Deficiências de água entre R4 e R5.5 afetam principalmente o número de grãos e em estágios subsequentes diminuem o peso de grãos (FARIAS et al., 2017).

Estudando a estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul, Matzenauer et al. (2003), observaram que é frequente a ocorrência de deficiência hídrica durante o período crítico da soja, podendo-se esperar uma redução de rendimento de grãos em nove a cada vinte safras. Nesse sentido, a irrigação é uma tecnologia que pode contribuir para o incremento de produtividade da cultura da soja no Estado do RS. Porém, podemos destacar que, nos últimos anos, a estiagem vem sendo mais frequente, verificando-se a ocorrência em três das últimas quatro safras.

Assim, a soja é uma cultura que geralmente requer um suprimento adequado e regular de água para atingir seu potencial máximo de produção, sendo de extrema importância a irrigação no cultivo da soja, garantindo o desenvolvimento saudável das plantas, aumentando a produção e a qualidade dos grãos, além de contribuir para o manejo eficaz de doenças e pragas. Um planejamento adequado e a adoção de práticas de irrigação eficientes são essenciais para maximizar o potencial produtivo. Contudo, para que a irrigação cumpra com seu propósito, ela deve ser manejada de forma correta.

Este é desafio para a agricultura, realizar o uso eficiente dos recursos

hídricos, uma vez que a tecnologia da irrigação torna-se cada vez mais necessária em decorrência do aumento da demanda alimentar e das mudanças climáticas. Cotrim et al. (2021) encontraram diferenças no desempenho fisiológico em pesquisa com dez genótipos de soja sob as condições de irrigação ótima e déficit de água. Logo, a busca por alternativas de estratégias adequadas de acordo com a realidade do produtor é uma forma de racionalizar o uso da irrigação, bem como proporcionar um aumento da eficiência de uso da água, reduzindo custos de energia, alcançando maiores rendimentos e aumentando a chamada produtividade da água (DU et al., 2015; KANG et al., 2017; SOUZA e RODRIGUES, 2022; MARIN et al., 2022).

O manejo eficiente da irrigação tem como objetivo fornecer o volume de água, adequando o momento ideal de acordo com a necessidade da cultura. Quando não realizado de forma correta, o excesso ou a restrição de água via irrigação pode ocasionar baixo rendimento de grãos, baixa produtividade da água, salinização e encharcamento do solo (YOHANNES et al., 2019; ALMEIDA et al., 2022; QUILOANGO-CHIMARRO et al., 2022).

A quantidade de água ideal a ser aplicada pode ser definida pelo monitoramento da cultura, das condições atmosféricas ou pelo conteúdo de água do solo, considerando a eficiência do sistema de irrigação adotado e a capacidade de armazenamento de água no solo (JAMES, 1988; STEELE et al., 1994).

Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) e, posteriormente, da evapotranspiração da cultura (ET_c), são necessários dados de solo do local do estudo, dados meteorológicos diários do local (temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (v.v) e radiação solar (R_s)) e dados referentes ao cultivo, como: profundidade de exploração do sistema radicular, fração de esgotamento de água no solo, cobertura da superfície do solo pelo dossel vegetativo, fenologia do cultivo e duração do ciclo de desenvolvimento do cultivo correlacionados ao coeficiente de cultivo (K_c) (ALLEN. et al., 1998).

Segundo Oliveira et al (2020) a irrigação suplementar proporciona ganhos médios de produtividade em torno de 37%, sendo possível atingir a produtividade de 6.757,5 kg por hectare na região de Cachoeira do Sul.

Além da necessidade hídrica, a cultura da soja também precisa adequar-se a fatores climáticos como a temperatura, fotoperíodo e radiação solar, ajustando a semeadura de acordo com a adaptabilidade do cultivar e seu grupo de maturidade

relativa (GMR) com a janela de semeadura da região. Nesse sentido, o GMR representa a duração do ciclo de desenvolvimento da soja (ALLIPRANDINI et al., 2009).

A irrigação tornou-se uma ferramenta fundamental na agricultura, tendo como objetivo principal fornecer às plantas um fluxo contínuo de água de acordo com a necessidade de absorção delas (COELHO et al., 2011). Estimativas da FAO apontam que para uma população de 9 bilhões de habitantes em 2050, a produção de alimentos precisa ser expandida em 60%, sendo que 90% desse valor deverá corresponder a um aumento de produtividade e somente 10% de expansão de áreas (BERNARDO et al., 2019). Dessa maneira, o desenvolvimento da agricultura irrigada brasileira é uma grande aliada para que as demandas alimentares futuras sejam atendidas. Fatores como a tomada de decisão do irrigante, diferentes manejos e sistemas de irrigação podem influenciar os resultados da produtividade da água (WEBBER, 2006; COELHO, 2022).

2.3 ÉPOCA DE SEMEADURA DA CULTURA DA SOJA

O momento da semeadura da cultura determina o comportamento da planta frente aos fatores climáticos, uma vez que quando semeada em época desfavorável pode haver interferência significativa na duração do ciclo, produtividade, altura da planta, inserção da primeira vagem, número de ramos e até colheita mecanizada (EMBRAPA, 2011).

No Brasil, a semeadura antecipada ou tardia reflete a redução do tamanho da planta e da produtividade da cultura. De modo geral, o plantio antes de novembro estenderá o ciclo e o plantio subsequente encurtará o ciclo da cultura. Diante disso, as variedades de soja apresentam diferentes respostas à época de semeadura de acordo com a duração do ciclo, sensibilidade ao fotoperíodo, duração do período juvenil e hábitos de crescimento das variedades (EMBRAPA, 2011). A melhor época para o plantio de variedades de ciclo longo é outubro, e o início de novembro.

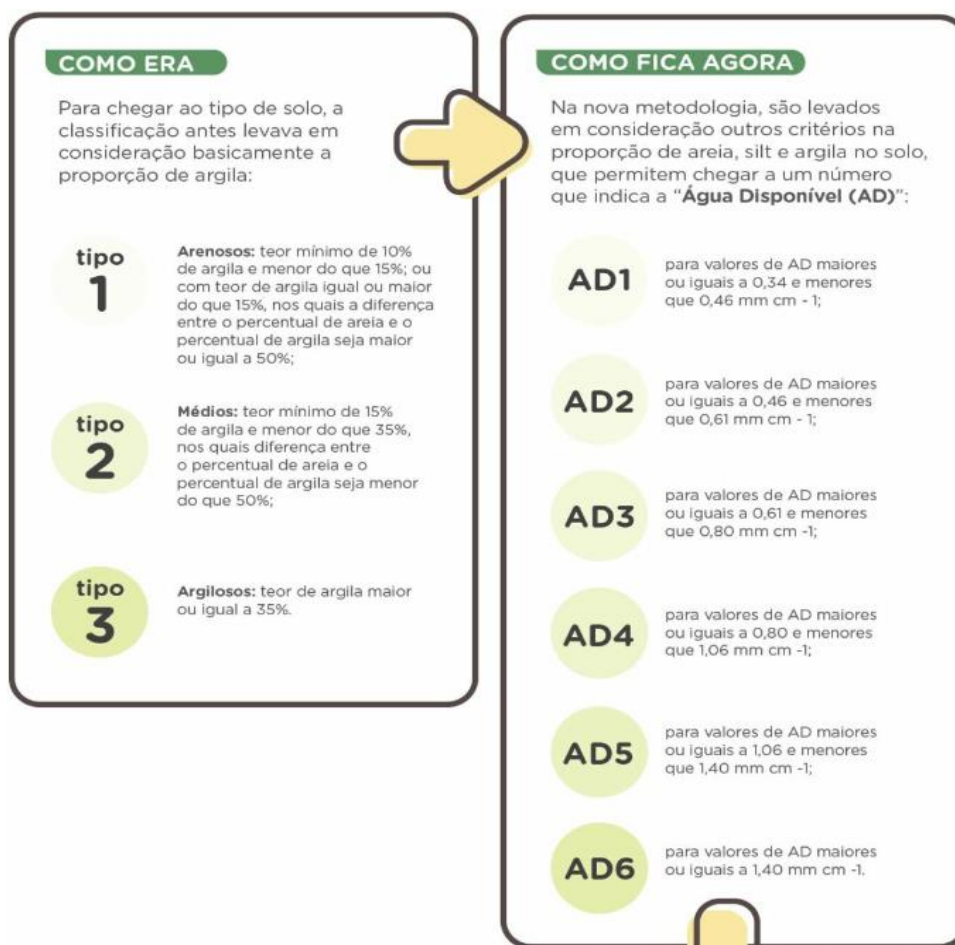
Segundo recomendações do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA, 2021) o período de recomendação de semeadura para Região Central do Rio Grande do Sul inicia no fim de setembro, com a melhor janela ao final de dezembro, data essa em que o experimento foi realizado. Devo salientar que a portaria de recomendações de plantio do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) sofre atualizações

todos os anos, sendo uma ferramenta que vai ajudar a analisar o risco e auxiliar a tomada de decisão no campo, considerando a probabilidade de ocorrência de adversidades climáticas, baseada numa série histórica de dados, além de características da cultura e do solo.

Porém, quando há possibilidade de fazer o uso da irrigação a janela fica maior, podendo-se trabalhar até janeiro, visto que há estudos que mostram a eficácia em manejo de soja irrigada, com produtividades muito benéficas aos produtores. Quando realizamos um arranjo que possa contemplar duas safras em uma mesma área, este torna-se promissor. No entanto, para região do Rio Grande do Sul mostra-se desafiador quando não há irrigação, e, por conseguinte, quando conseguimos ter o manejo da irrigação o sistema de produção oferecerá menos riscos. Vale ressaltar que a prática não elimina os riscos climáticos, como a ocorrência de geadas nos meses de maio a junho, o que pode comprometer o desenvolvimento e produtividade da cultura (PINOTTI et al., 2013; GONÇALVES et al., 2002).

Durante o ano de 2023 o ZARC sofreu uma forte mudança, e o novo sistema de classificação de solos deixa de utilizar o tradicional sistema de solos “Tipo 1”, “Tipo 2” e “Tipo 3” e passa a adotar uma nova metodologia que define seis classes de água disponível - AD (AD1, AD2, AD3, AD4, AD5, AD6). Nesse sistema, a classe de AD do solo é determinada com base na sua composição textural completa, ou seja, com os teores de areia, silte e argila. No sistema antigo, os tipos do solo eram estabelecidos, basicamente, pelo teor de argila (figura 4). A água disponível (AD) do solo deve ser estimada para cada área de produção, a partir da sua composição textural determinada por análise de solo padrão (EMBRAPA, 2023).

Figura 4. Atualização do novo ZARC da soja 2023.



Fonte: Canal Rural (2023).

A época de semeadura destaca-se no controle da deficiência hídrica valendo-se de mecanismos de escape, pois pode ser ajustada para evitar períodos de baixa precipitação durante estágios críticos e fazer coincidir as etapas de florescimento e fixação de legumes com períodos favoráveis de disponibilidade hídrica (MOTA, 1983). Além do escalonamento de épocas de semeadura, recomenda-se a diversificação de cultivares, para reduzir riscos de prejuízos por seca. Todavia, quando o uso da irrigação se faz presente pode-se ajustar esse período, visto que torna-se possível trabalhar com uma janela maior, devido ao controle que temos de água no solo.

Considerando fotoperíodo, temperatura e umidade, existe a possibilidade do cultivo de soja em praticamente todo o Estado. De maneira geral, o regime térmico não é limitante para o rendimento de grãos, nas principais regiões de produção de soja no Rio Grande do Sul, tanto para temperatura do ar quanto para temperatura do solo, que, no período de semeadura atualmente indicado (outubro a dezembro),

superam o valor mínimo de 18 °C, indicado por Costa (1996) como suficiente para permitir emergência rápida e uniforme da cultura.

A época de semeadura também é um fator limitante em relação a rendimento, afetando de forma acentuada a arquitetura e o comportamento da planta. Ela depende do fotoperíodo, pois a soja floresce em dias curtos, com menos de 13 horas de duração. Por isso, o período mais recomendável para as condições brasileiras de semeadura dessa cultura se estende de outubro a dezembro (NAKAGAWA et al., 1983). Sendo uma cultura sensível ao fotoperíodo cada cultivar possui um fotoperíodo crítico, sendo que acima deste o florescimento é atrasado, por tratar-se uma planta de dia curto. Devido a isso, temos cultivares que possuem período juvenil longo, que graças a características fisiológicas apresentam menor sensibilidade ao fotoperíodo, o que possibilitou adaptação mais ampla e utilização destas em maiores latitudes e diferentes épocas de plantio (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). A escolha da cultivar para plantio no Brasil é baseada no grupo de maturidade relativa (GM), que é embasado na duração do ciclo da cultura e na região de plantio (ALLIPRANDINI et al., 2009).

Assim, a busca por alternativas e estratégias adequadas de acordo com a realidade do produtor é uma forma de racionalizar o uso da irrigação, bem como proporcionar um aumento da eficiência de uso da água, reduzindo custos de energia, alcançando maiores rendimentos e aumentando da chamada produtividade da água (DU et al., 2015; KANG et al., 2017; SOUZA e RODRIGUES, 2022; MARIN et al., 2022).

2.4 CICLO DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA

A classificação de GMR (Grupo de Maturação Relativa), é baseada na resposta ao fotoperíodo, manejo e área geral de adaptação das cultivares de soja, possibilitou visualizar de forma mais realista os fatores que afetam a duração do ciclo de desenvolvimento. Cultivares foram lançadas, de diferentes GMRs (4.0 a 7.0) indicadas para a região sul do Brasil. Quando as cultivares com diferentes GMRs são semeadas em uma mesma região, espera-se que, quanto maior for o GMR, maior será a duração do ciclo de desenvolvimento desta cultivar (ZANON et al., 2015). Já quando ocorre o atraso da época de semeadura observa-se uma redução da duração do ciclo do desenvolvimento, independente do GMR. A partir dessa nova classificação de

cultivares através dos GMRs, é maior a precisão na estimativa da duração do ciclo de desenvolvimento das cultivares de soja semeadas próximo à primeira quinzena de novembro (ZANON et al., 2018).

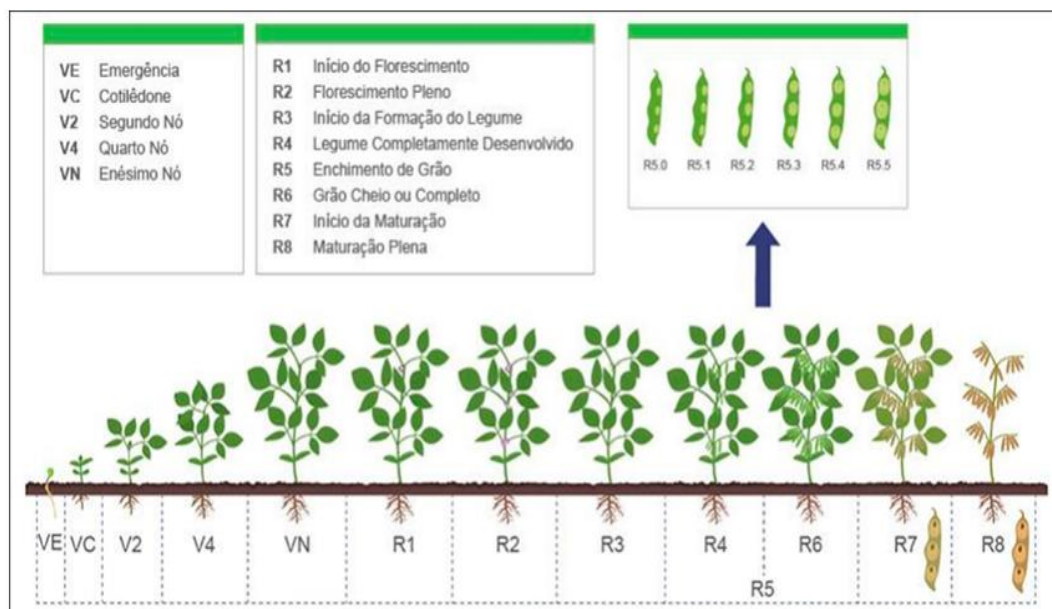
O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), após passar pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), definiu como período de semeadura da soja no RS a data de 1º de outubro a 31 de dezembro, segundo CUNHA 2001. Esse é um instrumento que visa reduzir os riscos de cultivo de acordo com condições climáticas e médias adquiridas de condições normais climatológicas. A semeadura é ajustada de acordo com o ciclo da cultivar escolhida, ou seja, período médio de duração do ciclo. Ao se optar por uma determinada época de semeadura, o produtor escolhe uma combinação entre a fenologia da cultura e a distribuição dos elementos do clima na região de produção, que poderá resultar em elevado ou reduzido rendimento. São consideradas precoces as cultivares que apresentem o ciclo igual ou inferior a 130 dias, intermediárias as que apresentam ciclo de 131 a 145 dias e tardias as cultivares com mais de 146 dias de ciclo, onde número abaixo de 6.0 indica variedades de ciclo superprecoces; número entre 6.0 a 6.5 são variedades de ciclo precoce; números próximos de 7.0 são variedades de ciclo normal e números próximos ou iguais a 10 são variedades de ciclo tardio.

No Rio Grande do Sul, apesar do Zoneamento Agrícola da Soja (ZARC) recomendar semeaduras entre outubro a dezembro, um número significativo de agricultores está semeando soja desde o final de setembro até o início de fevereiro, reforçando assim a necessidade de realizar estudos básicos de caracterização do crescimento, desenvolvimento e do potencial de rendimento das novas cultivares de soja nesse novo cenário de lavouras de soja no Estado (ZANON, 2015).

As recomendações climáticas para o cultivo de soja são temperaturas entre 20 e 30 °C, sendo preferíveis temperaturas mais próximas do limite máximo. Nesse sentido, o cultivo de soja é possível no período estival no Rio Grande do Sul. Durante o início da primavera ainda ocorrem baixas temperaturas e possibilidade de geadas. Assim, a janela ideal de semeadura é mais tardia, sendo apropriada a partir do mês de outubro, quando as temperaturas médias na região superficial do solo estarão acima de 20°C. A semeadura deve ocorrer em profundidade de 1,5 cm a 6 cm de acordo com a cultivar e com a condição de umidade para uma germinação e emergência adequadas.

A cultura da soja possui os estádios vegetativo e reprodutivo, sendo o vegetativo de desenvolvimento de estruturas fotossinteticamente importantes, visando o maior acúmulo de matéria seca, ou seja, material com função de fonte de energia. Esse período é a partir de (VE-VN), onde VE = emergência dos cotilédones e V1, V2, V3, ... VN, sendo V1= quando o primeiro nó é visível e a segunda folha trifoliolada está completamente desenvolvida e aberta (CÂMARA, 2006). Após isso, e, em muitos casos concomitantemente, a planta entra em estágio reprodutivo, sendo esse denominado R1-R8 (figura 5), compreendendo desde o início da floração até a maturação de colheita dos grãos, ou seja, período onde não haverá mais acúmulo em peso seco, mas sim perda de água.

Figura 5. Escala fenológica da soja.



Fonte: FEHR, CAVINESS (1977).

A grande maioria dos genótipos de soja, apresentam elevada plasticidade, isto é, capacidade de se adaptar às oscilações ambientais e condições de manejo, por meio de alterações na morfologia e nos componentes do rendimento (FERREIRA et al., 2010). Compreender as interações entre esses fatores é um ponto determinante para estabelecer práticas de manejo, visando a expansão do rendimento de grãos da cultura, mesmo que ocorra variação dos componentes de produtividade da soja devido ao fator genético (HEIFFIG et al., 2006). Sendo assim, a condição de produtividade

alinhada com a irrigação pode ser um fator de suma importância para avaliarmos parâmetros econômicos e ambientais.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é estimar a necessidade de irrigação suplementar para a cultura da soja e o desempenho agrônômico de três cultivares semeadas em duas épocas e dois regimes hídricos na Região Central do RS.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar a necessidade de irrigação suplementar no município de Cachoeira do Sul para a cultura da soja, utilizando dados meteorológicos e de solo da região, conforme metodologia descrita em Allen et al. (1998);

Determinar a alturas das plantas, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, a massa de mil grãos e a produtividade de grãos) de cultivares de soja semeadas em duas épocas (safra e safrinha) e cultivadas em dois regimes hídricos: sequeiro e com irrigação suplementar;

Avaliar a produtividade de grãos de cultivares de soja semeadas em duas épocas (safra e safrinha) e cultivadas em dois regimes hídricos: sequeiro e com irrigação suplementar.

4 MATERIAL E MÉTODOS

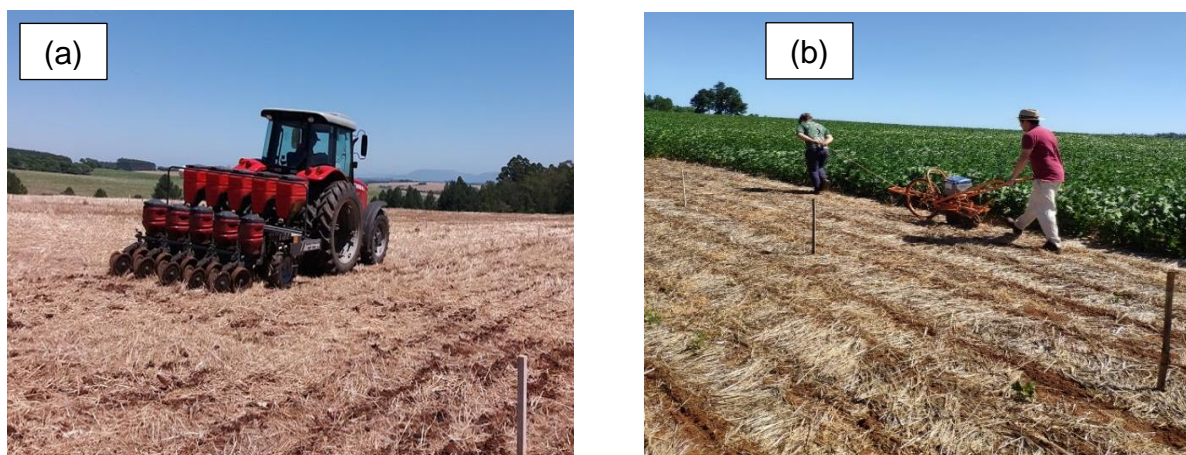
Foi conduzido um experimento à campo na safra 2021/2022 com a cultura da soja (*Glycine max*), em área experimental na Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) localizada no distrito de Três Vendas no município de Cachoeira do Sul (29°53' S e 53° 00' W, altitude de 125 m), na Região Central do Estado. O clima, segundo Köppen, é definido como subtropical úmido (Cfa), predominante na Região Sul. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2018).

O delineamento experimental utilizado foi o em faixas com parcelas subdivididas com três repetições, em esquema fatorial (3x2x2). O fator A é formado por 3 cultivares de soja: BMX Raio IPRO, BMX Zeus IPRO e BMX Garra IPRO e, o fator B foi composto por dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro e, o fator C foi constituído por 2 épocas de semeadura: safra (em 29 novembro de 2021) e safrinha (em 14 de janeiro de 2022). Os grupos de maturidade relativa (GMR) das cultivares são 5.0, 5.5 e 6.3 respectivamente, para as cultivares Raio, Zeus e Garra.

A semeadura da primeira época foi realizada no dia 29 de novembro de 2021, utilizando um conjunto composto por trator marca Massey Ferguson modelo MF 4275 acoplado a uma semeadora marca Massey Ferguson modelo MF 205 (com 5 linhas), sob sistema de plantio direto sobre palha da cultura do trigo. O espaçamento entre linhas foi de 0,50 m, com densidade de 14 sementes por metro linear (280.000 sementes por hectare).

A semeadura da segunda época foi realizada no dia 14 de janeiro de 2022 com auxílio de uma semeadora manual, com espaçamento entre linhas de 0,50 m e com densidade de 18 sementes por metro linear (360.000 sementes por hectare), conforme figura 6. Em ambas épocas de semeadura, a adubação foi realizada com base no laudo da análise química do solo para expectativa de rendimento de 5 Mg ha⁻¹, sendo a adubação de base de 350 Kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 00-30-15 e mais 150 Kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em cobertura no estágio V4.

Figura 6. Realização da semeadura das épocas de safra (a) e safrinha do experimento (b).



Fonte: Autor (2022).

Para cálculo da capacidade de campo e do total de água disponível para absorção das plantas foi realizada análise físico-hídrica do solo: amostras deformadas e indeformadas com anel metálico volumétrico nas camadas de 0-10, 10-30, 30 -50 cm de profundidade do perfil do solo, posteriormente analisadas em laboratório da UFSM conforme Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da caracterização físico-hídrica do solo da área experimental.

Camadas (m)	Granulometria (%)			Umidade volumétrica (cm ³ cm ⁻³)		CAD (mm)
	Areia	Silte	Argila	CC	PMP	
0,0 - 0,20	51,6	36,0	12,4	0,28	0,12	32,00
0,20- 0,40	44,3	42,8	13,0	0,32	0,13	38,00
0,40- 0,60	38,7	43,6	17,7	0,34	0,14	40,00
				Total		110,00

Fonte: Análise físico-hídrica do solo (2018).

Com base nesses dados de água armazenada no solo, consideram-se as três camadas analisadas, sendo o perfil atingível pelas raízes da cultura da soja, com total de água armazenada, de 110 mm. O fator de depleção utilizado foi de 0,37.

Para recomendação da necessidade de irrigação, efetuou-se o cálculo do balanço hídrico da cultura e para a estimativa da ETo, utilizou-se a metodologia proposta por Allen et al. (1998). Para tanto, os dados meteorológicos de temperatura do ar (°C), velocidade do vento (km/h) e umidade relativa do ar (%), foram obtidos de

uma estação meteorológica automática situada no Campus da UFSM Cachoeira do Sul, distante cerca de 20 Km do experimento. Já os cálculos da ETo e ETc seguiram os procedimentos do Boletim FAO 56 e a profundidade de exploração do sistema radicular foi de 60 cm, bem como a fração de esgotamento de água no solo de 40 mm, sendo que os dados pluviométricos (chuva) foram medidos no local do experimento. Sempre que os 40 mm da CAD foram esgotados realizou-se uma irrigação suplementar.

O sistema de irrigação foi de aspersão convencional móvel, instalado com espaçamento de 12x12 m, operando a uma taxa de 12 mm h⁻¹. A estrutura de irrigação constitui de uma moto bomba de 7 cv da marca Branco, tubulação principal com diâmetro de 75 mm e tubulação secundária de 50 mm e aspersores marca Agropolo modelo NY-30.

Os tratos culturais, como o controle de plantas daninhas, pragas e doenças seguiram de acordo com Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (OLIVEIRA, 2018).

Figura 7. Vista da época de semeadura da safra (esquerda) e da safrinha (direita).



Fonte: Autor (2022).

A colheita do experimento foi feita de forma manual na região central de cada parcela experimental em 3 linhas de cultivo por 2 m de comprimento em cada parcela

(3 m²) e, após, foi realizada a trilha, limpeza, determinação de umidade dos grãos e pesagem. O peso obtido foi corrigido para uma umidade de 13% e adequado para um hectare, dessa mesma amostra obteve-se o MMG (massa de mil grãos) a partir de 4 repetições de 100 grãos.

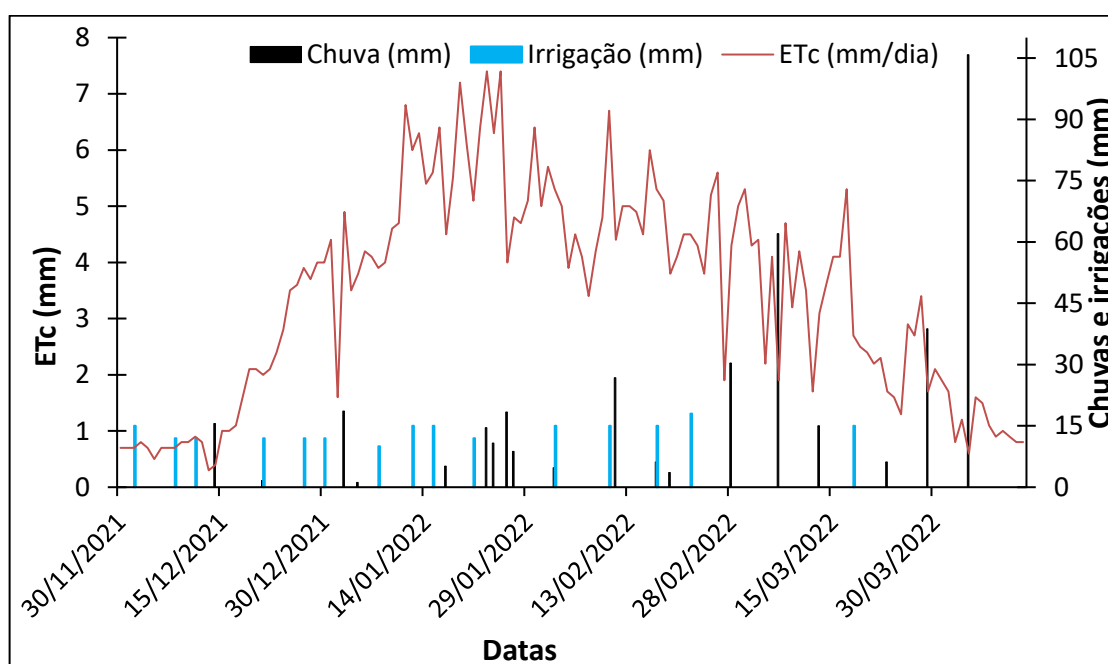
Para a definição dos componentes de rendimento, foram colhidas 3 plantas por parcela, as quais foram processadas manualmente, analisando-se o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem. As cultivares Raio (irrigada e sequeiro) e Zeus (irrigada) foram colhidas no dia 14/04/2022, enquanto que as cultivares Zeus (sequeiro) e Garra (irrigada e sequeiro) no dia 27/04/2022 e a colheita da segunda época foi realizada no dia 20/05/2022.

Os dados coletados foram submetidos à análise da variância pelo teste F e análise complementar pelo teste de “Tukey”, com nível de 5% de probabilidade de erro, com auxílio do software Sisvar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 8 é apresentado o balanço hídrico da cultura da soja para a época de semeadura de safra (em 29/11/2021). Pode-se observar baixa distribuição de chuvas durante todo o ciclo da cultura, mas sobretudo durante o período de estabelecimento e até meados de fevereiro, o que coincide com o período de floração (período de elevado consumo pela planta – ETc). Essa irregularidade de chuvas pode impactar negativamente nos componentes de rendimento da cultura, pois na fase de estabelecimento reduz-se o estande de plantas (menor número de plantas por área) e na fase de floração, impactando no número de vagens plantas e MMG.

Figura 8. Parâmetros de balanço hídrico da cultura da soja do experimento da safra, com semeadura em 29 de novembro de 2021.



Fonte: Autor (2023).

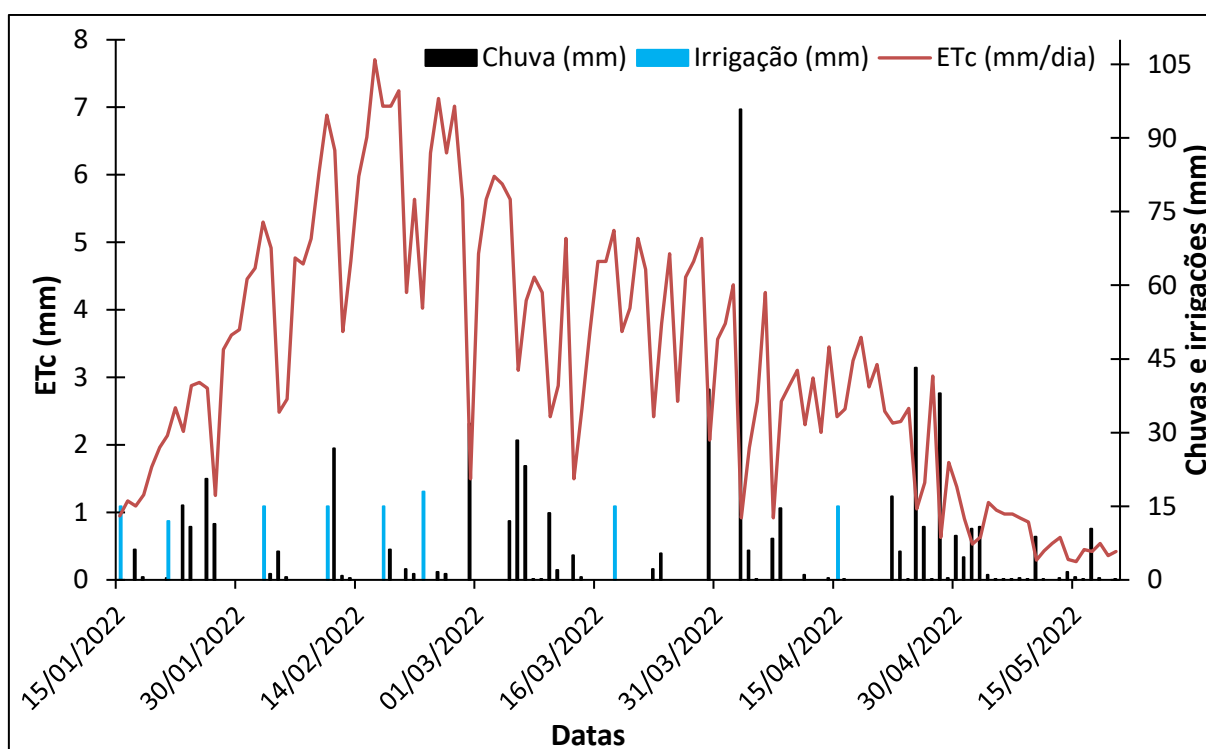
Na época de semeadura da safra foram registrados um total de 394 mm de chuva, ETc acumulada de 456,00 mm e uma necessidade total de 15 irrigações suplementares, totalizando 205,00 mm. A irrigação suplementar da soja no Rio Grande do Sul é uma prática imprescindível para a constância e na busca de altos níveis de produtividade (BATTISTI et al., 2018). A safra 2021/2022 foi marcada pela presença da La Niña, pelo segundo ano consecutivo, trazendo períodos de estiagem

e déficit de precipitação ao Rio Grande do Sul, principalmente no período da primavera (IRGA, 2022).

As chuvas irregulares afetaram na redução do armazenamento e disponibilidade de água no solo, ficando abaixo do limite na área de sequeiro, demonstrando a severidade no déficit hídrico nesse ano agrícola. O retorno de chuvas em maior quantidade e frequência ocorreu no final de fevereiro e início de março, quando as plantas da primeira época estavam em período de enchimento de grãos, contribuindo para uma razoável recuperação da produtividade da soja de sequeiro.

O balanço hídrico da segunda época de semeadura do experimento (safrinha) é apresentado na figura 9. Nesta época, foram registrados um total de 578 mm de chuva, ETc acumulada de 406,98 mm e uma necessidade total de oito irrigações suplementares, totalizando 120,00 mm. Assim, com o retorno das chuvas a partir de março, diminuiu a necessidade de irrigação suplementar na cultura.

Figura 9. Balanço hídrico do experimento da safrinha, com semeadura em 14 de janeiro de 2022.



Fonte: Autor (2023).

Na tabela 2 são apresentados os resultados da análise de variância para as diferentes variáveis analisadas. Foi observada interação entre os três fatores analisados nas variáveis número de vagens por planta e produtividade de grãos. Na

variável altura das plantas foi observado efeito de interação somente entre os fatores “épocas de semeadura” e “regimes hídricos” e a variável número de grãos por vagem apresentou efeito de interação apenas entre os fatores “cultivares” e “regimes hídricos”, enquanto que a variável massa de mil grãos apresentou efeito de interação entre os fatores “épocas de semeadura” e “cultivares” e, entre os fatores “cultivares” e “regimes hídricos”.

A variável número de grãos por vagem demonstrou pouco efeito significativo entre os fatores analisados, sendo esta uma variável que está inteiramente ligada à genética da cultivar, assim como destaca Mundstock; Thomas (2005).

Tabela 2. Resultados da análise de variância para as diferentes variáveis analisadas.

Fatores	Variáveis analisadas				
	Alt. Pta.	Vg./Pta.	Gr./Vg.	MMG	Prod.
A	0,00*	0,00*	0,02*	0,00*	0,00*
B	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,02*
C	0,00*	0,00*	0,10 ^{ns}	0,00*	0,00*
A x B	0,22 ^{ns}	0,00*	0,84 ^{ns}	0,00*	0,00*
A x C	0,00*	0,00*	0,87 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,00*
B x C	0,45 ^{ns}	0,00*	0,22*	0,01*	0,00*
A x B x C	0,58 ^{ns}	0,00*	0,98 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,00*
Rep.	0,82	0,21	2,14	0,87	0,00
DMS	0,02	1,18	0,86	3,38	1,73
CV (%)	4,22	7,85	7,19	2,60	6,80

*Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. Onde: A: épocas de semeadura; B: cultivares; C: regimes hídricos; Alt. Pta.: alturas das plantas; Vg./Pta.: n°. Vagens por planta; Gr./Vg.: n°. Grãos por vagem; MMG: massa de mil grãos e, Prod.: produtividade de grãos. Fonte: Autor (2023).

Na tabela 2 também é possível destacar o baixo coeficiente de variação (CV), indicando qualidade e rigor na condução e coleta de dados do experimento. Na tabela 3 são apresentados os efeitos dos três fatores analisados sobre as variáveis altura das plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de mil grãos.

A altura das plantas na época de semeadura da safra foi maior em torno de 20 % quando do uso da irrigação comparado ao regime hídrico de sequeiro, em todas as cultivares avaliadas, enquanto que, na época da safrinha, apenas a cultivar Zeus apresentou maior altura (10 %) com o uso da irrigação e as cultivares Raio e Garra apresentaram altura das plantas semelhantes em ambos regimes hídricos avaliados (sequeiro e irrigado).

Tabela 3. Efeito dos fatores analisados sobre as diferentes variáveis avaliadas.

Cultivares	Época 1		Época 2	
	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado
Altura das plantas (m)				
Raio	0,95 Cb	1,16 Ca	0,57 Ca	0,60 Ca
Zeus	1,07 Bb	1,25 Ba	0,65 Bb	0,71 Ba
Garra	1,29 Aa	1,53 Aa	0,86 Aa	0,92 Aa
Nº. Vagens/planta				
Raio	13,25 Cb	35,50 Ba	11,00 Bb	17,75 Ca
Zeus	36,00 Ab	51,75 Aa	16,25 Ab	30,50 Aa
Garra	25,50 Bb	31,25 Ca	18,50 Aa	20,25 Ba
Nº. Grãos/vagem				
Raio	1,66 Ba	1,85 Ba	1,56 Ba	1,72 Ba
Zeus	2,37 Aa	2,38 Aa	2,25 Aa	2,25 Aa
Garra	2,15 Aa	2,18 Aa	2,09 Aa	2,11 Aa
MMG (g)				
Raio	224,08 Ba	227,25 Ba	196,25 Ba	197,50 Ba
Zeus	236,75 Aa	242,39 Aa	231,25 Aa	236,75 Aa
Garra	221,99 Bb	243,24 Aa	195,00 Ba	205,00 Ba

* Médias seguidas por letras minúsculas na linha para uma mesma época de semeadura e, médias seguidas por letras maiúsculas nas colunas para uma mesma variável analisada, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2023).

Segundo Lazarini e Crusciol (2001), a altura da planta está diretamente ligada à época de semeadura, e quando realizada antecipadamente a planta terá mais tempo para se desenvolver e, com isso, terá maior altura de inserção, sendo que na semeadura tardia ocorrerá o inverso. Em relação às cultivares, a cultivar Garra apresentou os maiores valores de altura das plantas, seguida pela cultivar Zeus e depois a cultivar Raio, tanto na época de semeadura na safra quanto na safrinha.

A altura das plantas é característica fundamental na determinação da cultivar a ser introduzida em uma região, uma vez que está relacionada com a produtividade de grãos, controle de plantas daninhas e com perdas durante a colheita mecanizada. As variações na altura das plantas podem ser influenciadas por épocas de semeadura, espaçamento entre e dentro das fileiras, suprimento de umidade, temperatura, fertilidade do solo, resposta fotoperiódica da cultivar e outras condições do ambiente (ROCHA et al., 2012).

O número de vagens por planta na época de semeadura da safra foi maior quando do uso da irrigação, comparado ao regime hídrico de sequeiro, em todas as cultivares avaliadas, com diferenças que chegaram a até três vezes mais vagens por planta com o uso da irrigação na cultivar Raio. A cultivar Zeus apresentou a maior

quantidade de vagens por planta e um acréscimo de 15 vagens por planta com a irrigação. O menor número de vagens por planta observado na condição de cultivo de sequeiro pode ser associado ao déficit hídrico que ocorreu (Figura 8), pois segundo Gava et al. (2016), um déficit hídrico moderado ou severo na cultura da soja causa redução no número de vagens por planta.

Na época de semeadura da safrinha, as cultivares Raio e Zeus apresentaram maior número de vagens por planta com o uso da irrigação e, a cultivar Garra apresentou número de vagens por planta semelhante em ambos regimes hídricos avaliados (sequeiro e irrigado), com média de 25,5 vagens por planta.

O número de grãos por vagem, seja na época de semeadura de safra ou da safrinha, não foi influenciado pelo regime hídrico, porém os maiores valores foram obtidos nas cultivares Zeus e Garra, enquanto os menores na cultivar Raio. Porém é importante ressaltar que grãos por vagem é um componente de rendimento que está associado principalmente à genética da cultivar, assim como destaca Mundstock; Thomas (2005).

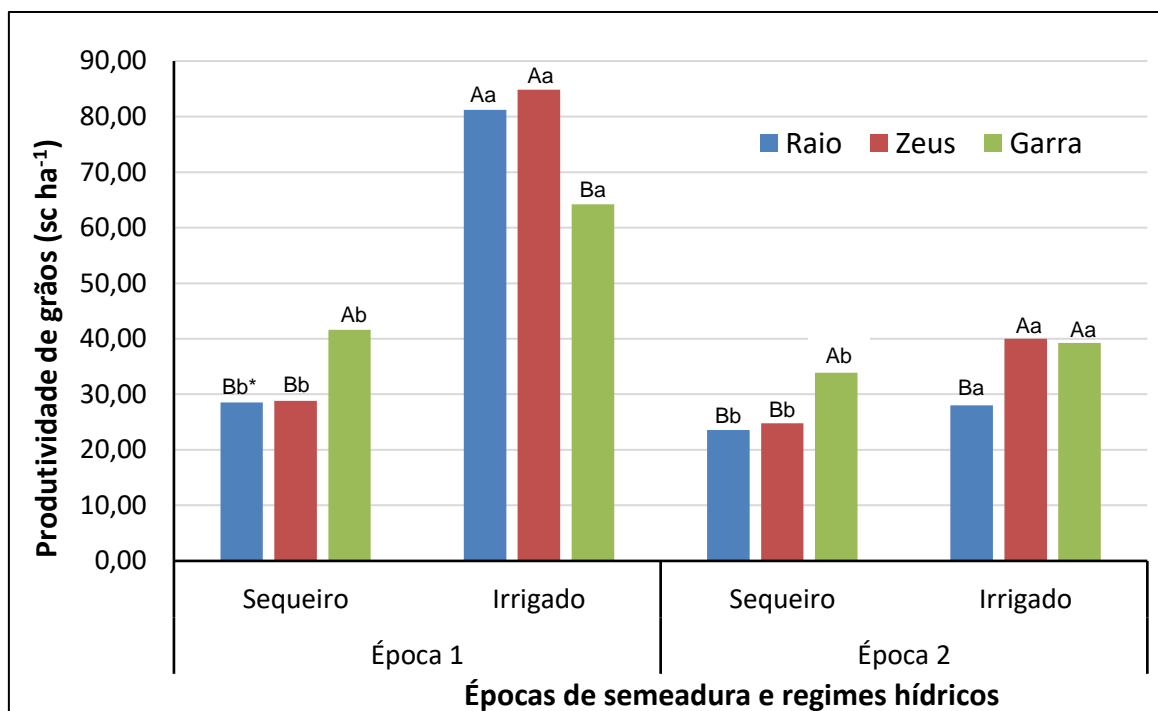
A variável massa de mil grãos (MMG) praticamente não foi afetada pelos regimes hídricos, tanto na época e semeadura da safra como na safrinha. Exceção é a cultivar Garra na época de semeadura da safra, que apresentou maior MMG quando do uso da irrigação. Em relação às cultivares, os maiores valores de MMG foram encontrados nas cultivares Zeus e Garra, seguidos pela Raio, em ambas épocas de semeadura. De acordo com estudos realizados por Weber (2017), o peso de mil grãos maximiza a produtividade, contudo, estresses na fase de enchimento de grãos podem influenciar o peso final destes.

Braccini et al. (2004), Ferreira Junior et al. (2010) e Bornhofen et al. (2015) verificaram que, até mesmo na “safrinha”, a massa de grãos não diferiu em relação à obtida com semeadura em época de safra, o que sugere que a soja apresenta condições de produzir grãos de igual massa em todas as épocas de semeadura, a não ser que ocorram condições climáticas que sejam desfavoráveis à cultura.

A variação da produtividade de grãos da cultura da soja em função dos tratamentos avaliados é apresentada na figura 10. Na época de semeadura da safra, podemos observar grandes incrementos na produtividade de grãos quando do uso da irrigação, o qual foi três vezes superior nas cultivares Raio e Zeus, comparada ao regime hídrico de sequeiro, enquanto que, na cultivar Garra, essa diferença foi de 1,5 vezes. Comparando as cultivares no regime hídrico irrigado, as maiores

produtividades foram observadas na Raio e Zeus, com média de 83,00 sc ha⁻¹, enquanto a cultivar Garra produziu 64,2 sc ha⁻¹.

Figura 10. Produtividade de grãos da cultura da soja em função dos diferentes fatores avaliados.



* Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, com nível de 5 % de probabilidade de erro, sendo que, as letras maiúsculas comparam as diferenças entre as cultivares dentro de um mesmo regime hídrico e época de semeadura, enquanto que, as letras minúsculas comparam as diferenças entre os regimes hídricos em uma mesma cultivar e época de semeadura. Fonte: Autor (2023).

Na época de semeadura da safra, no regime hídrico sequeiro, a maior produtividade foi observada na cultivar Garra, com 41,60 sc ha⁻¹, enquanto as cultivares Raio e Zeus de 28,6 sc ha⁻¹. Isto pode ser atribuído ao fato de a cultivar Garra ter um arranque inicial vigoroso mesmo em condições desfavoráveis, o que certamente contribuiu para que ela se destacasse em relação às outras no regime hídrico de sequeiro, bem como sua recomendação técnica para áreas de baixa/média produtividade com uma alta sanidade de raiz.

Além disso, estes maiores valores de produtividade da soja de sequeiro para a cultivar Garra podem estar relacionados ao seu maior ciclo de desenvolvimento, o que fez com que seu período de floração fosse mais tardio, por meados de fevereiro, coincidindo com o retorno das chuvas, conforme pode ser observado no balanço hídrico desta época de semeadura (Figura 8). Vale ressaltar que, segundo a

Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (2022), a expectativa de produtividade média do Rio Grande do Sul reduziu 52% decorrência da falta de chuvas. Sendo assim, as cultivares Raio e Zeus, que são consideradas cultivares de ciclo precoce (Raio) e média (Zeus), entraram em floração em um período onde a ocorrência de chuva estava em falta (final de janeiro), o que contribuiu para sua baixa produtividade.

Na segunda época de semeadura (safrinha), observamos resultados de produtividade de grãos inferiores à época da safra, pois na safrinha as plantas apresentam um florescimento precoce, devido ao decréscimo do fotoperíodo. Este florescimento precoce não vai permitir que a planta tenha tempo suficiente para produzir ramos e folhas, conseqüentemente, é esperado um número de flores/vagens menor, conseqüentemente a produtividade também será menor. Esse é um dos motivos pelos quais é de grande importância respeitar os ciclos e recomendações técnicas de cada cultivar, devido à grande influência em sua produtividade final.

Também podemos observar incrementos na produtividade de grãos quando do uso da irrigação, que variou de 17 % nas cultivares Garra e Raio e de 60 % na cultivar Zeus, comparado ao regime hídrico de sequeiro. Entre as cultivares, no regime hídrico sequeiro a maior produtividade de grãos foi observada na cultivar Garra com 33,9 sc ha⁻¹, seguida pelas cultivares Raio e Zeus com média de 24 sc ha⁻¹. Já no regime hídrico irrigado, as cultivares Zeus e Garra apresentaram as maiores produtividades, com média de 39,50 sc ha⁻¹, seguidas pela cultivar Raio com 28,03 sc ha⁻¹.

Estas pequenas diferenças de produtividade de grãos da cultura da soja entre os regimes hídricos irrigado e sequeiro na época de semeadura da safrinha, podem estar relacionados aos grandes volumes de chuvas que ocorreram a partir do mês de março (Figura 9), fazendo com que os tratamentos obtivessem um suprimento hídrico adequado. A época de semeadura é um fator de elevada importância, uma vez que, além do rendimento, afeta também, e de modo acentuado, a arquitetura e comportamento da planta.

Resultados de redução da produtividade da cultura da soja quando da semeadura realizada tardia em comparação à época convencional também foram encontrados por diversos autores, entre eles Ludwig et al. (2007) e Braccini et al. (2004).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irrigação suplementar foi fundamental para manter a umidade do solo em níveis adequados, sendo necessários 205 mm na safra e 120 mm na safrinha. Sua utilização também resultou em maiores alturas das plantas, número de vagens por planta e produtividade de grãos.

Na época de semeadura da safra, as maiores produtividades foram observadas no regime hídrico irrigado nas cultivares Raio e Zeus com média de 83,00 sc ha⁻¹, enquanto a cultivar Garra produziu 64,2 sc ha⁻¹. Enquanto que, no regime hídrico sequeiro, a maior produtividade foi observada na cultivar Garra com 41,60 sc ha⁻¹, enquanto as cultivares Raio e Zeus produziram 28,6 sc ha⁻¹. Nesta época, a adoção do regime hídrico irrigado resultou em um acréscimo de até 54,4 sc ha⁻¹ ou de 190%.

Na época de semeadura da safrinha, as maiores produtividades foram observadas no regime hídrico irrigado nas cultivares Zeus e Garra, com média de 39,63 sc ha⁻¹, seguida pela cultivar Raio com 28,03 sc ha⁻¹. A utilização da irrigação proporcionou incrementos de produtividade de aproximadamente 18 % nas cultivares Garra e Raio e, 60 % na cultivar Zeus.

A cultivar Garra apresentou o melhor desempenho no regime hídrico de sequeiro, tanto na safra como na safrinha. Enquanto que, as cultivares Raio e Zeus destacaram-se quando do uso da irrigação suplementar.

Nas condições experimentais deste trabalho, a utilização da irrigação suplementar mostrou-se uma excelente ferramenta para incrementar o desempenho produtivo da cultura da soja, tanto na safra como na safrinha, e, assim, contribuir com a melhoria na renda e qualidade de vida dos produtores rurais.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO - 56, 1998. 300p.

APROSOJA. Associação dos produtores de soja e milho do Mato Grosso. 2022. **A história da soja**. Disponível em < <http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-da-soja#:~:text=No%20Brasil,de%20sementes%20para%20produtores%20pau> listas. >. Acesso em maio 2023.

BERGAMASCHI, H. et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.

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, 110p, 2003

BERNARDO, S; MANTOVANI, E.; SOARES, E. AA. **Manual de irrigação**. 2019.

BRACCINI, A. de L. e; MOTTA, I. de S.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M. do C.L.; ÁVILA, M.R.; MESCHÉDE, D.K. Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**, v.63, n.1, p.81-92, 2004.

CABRAL, L. C.; MODESTA, R. C. D. 1981. **A soja na alimentação humana**. Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar, Embrapa, p. 59.

CÂMARA, G. M. S. **Fenologia e ferramenta auxiliar de técnicas de produção**. Visão Agrícola, n. 5, 2006.

CARAFFA et al (Org.). **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 e 2019/2020**. Três de Maio-RS: Setrem, 2019. 105 p.

CNA. Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil. 2022. **Panorama do agro**. Disponível em < <https://cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro> >. Acesso em abril 2023.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; SILVA, J. G. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, JAILSON, L. C. 2011. Irrigação e fertirrigação na cultura do mamão. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.441-472.

CONAB. **Boletim sobre safra de grãos**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> . Acesso em 06 jun. 2022.

COTRIM, M. F.; GAVA, R.; CAMPOS, C. N. S.; de DAVID, C. H. O.; REIS, I. D. A.; TEODORO, L. P. R.; TEODORO, P. E. 2021. **Physiological performance of soybean genotypes grown under irrigated and rainfed conditions**. Journal of

Agronomy and Crop Science, v. 207, n. 1, p. 34-43.

D. L.; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.** Embrapa soja. 2018.

DU, T.; KANG, S.; ZHANG, J.; DAVIES, W. 2015. Deficit irrigation and sustainable water resource strategies in agriculture for China's food security. **Journal of Experimental Botany**, v. 4, p. 1-17.

EMATER/RS. **Emater divulga dados oficiais da colheita de soja no Rio Grande do Sul. 2021.** Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/emater-rs-divulga-atualizacao-de-estimativa-de-perdas-pela-estiagem>. Acesso em 02 mai. 2023.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2020/21).** Publicado em junho de 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em 02 jun. 2023.

EMBRAPA. **Zoneamento agrícola de risco climático para soja é atualizado no Brasil.** 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/80143685/zoneamento-agricola-de-risco-climatico-para-a-soja-e-atualizado-no-brasil>. Acesso em 02 jun. 2023.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIR, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de Risco de Déficit Hídrico nas Regiões Produtoras de Soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.415-421, 2001

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. 2007. **Ecofisiologia da Soja.** Circular Técnica, Embrapa Soja (INFOTECA-E), p. 9.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, n. 2, p. 929-931, 1971.

FERREIRA Junior. et al. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba - MG. **FAZU em Revista**, 7: 13-21. 2010.

FOLLMANN, D. N. et al. Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Revista de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 40, n. 1, p. 213-221, 2017.

HEIFFIG, Lília Sichmann. et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, 2006.

IRGA. La Niña e seus efeitos sobre a precipitação e a temperatura do ar no RS em 2022. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/la-nina-e-seus-efeitos-sobre-a-precipitacao-e-a-temperatura-do-ar-no-rs-em-2022>. Acesso em 22 jun. 2023.

J.R.; LOSEKANN, M.E.; STEFANELO, C.; LUCCA Filho, O.A. Efeito da densidade de semeadura e genótipos no rendimento de grãos e seus componentes na soja semeada após a época indicada. **Revista da FZVA**, v.14, n.2, p.13-22, 2007.

JAMES, L. G. **Principles of farm irrigation systems design. John Wiley and Sons Limited.** 1988.

KUSS, R. C. R. **Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da soja.** Orientador: Osvaldo König. Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Agrícola. 81f.– Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

LAZARINI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de grãos de cultivares de soja semeadas em diferentes densidades no verão e no inverno. **Revista de Agricultura**, v.76, p.115-28, 2001.

LUCCA Filho, O.A. Efeito da densidade de semeadura e genótipos no rendimento de grãos e seus componentes na soja semeada após a época indicada. **Revista da FZVA**, v.14, n.2, p.13-22, 2007.

MARTINS, J. D. et al. Dual crop coefficients for maize in southern Brazil: Model testing for sprinkler and drip irrigation and mulched soil. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v.115, p. 291 - 310, 2013.

MARTINS, J.D. et al. Plastocrono e número final de nós de cultivares de soja em função da época de semeadura. *Ciência Rural*, v.41, n.6, 2011.

MATZENAUER, R. et al. 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.; 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**, v.33, n.6, p.1013-1019, 2003.

NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R.; ROSOLEM, C.A. Épocas de semeadura de soja. I. Efeitos na produção de grãos e nos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.11, p.1187-1198, 1983.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. Épocas de semeadura da soja. I. Efeitos na produção de grãos e nos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.11, p.1187-1198, 1983.

NEUMAIER, N. ECOFISIOLOGIA DA SOJA. TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA, cap. 2. Embrapa Soja, Sistemas de Produção, n. 17, 2020. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf> >, acesso em: 22/06/2023.

OLIVEIRA, Z.B.; KNIES, A. E.; BOTTEGA, E. L.; SILVA, C.M.; GOMES, J. I. T. Influence of supplementary irrigation on the productivity of soybean cultivars for the 2018-19 and 2019-20 harvest in the central region of RS. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, p. 15580-15595, 2021.

PINOTTI, E.B. Avaliação de cultivares de milho em função de populações de plantas e épocas de semeadura. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013. 134p

ROSA, R. D. et al. Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software. 1. Background and computational strategy. **Agricultural Water Management**, v. 103, p. 8 - 24, 2012.

ROSA, R. D. PAREDES, P ., RODRIGUES, G.C. , ALVES, I., FERNANDO, R. M., PEREIRA., L.S., ALLEN, R.G. Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software. 1. Background and computational strategy. **Agricultural Water Management**, v.103, p.8 -24

ROSEGRANT, M. W.; CAI, X.; CLINE, S. A. **Global water outlook to 2025: averting an impending crisis**. Washington, DC: International Food Policy Research Institute: International Water Management Institute, 2002. 28 p.

SENTELHAS, P. C; BATTISTI, R.; CÂMARA, G.M.S; FARIAS, J.R.B.; HAMPF, A.C.; NENDEL, C. The Soybean Yield Gap in Brazil - Magnitude, Causes and Possible Solutions for a Sustainable Production. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 153, p. 1394- 1411, 2015.

STECKLING, C. 2009. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p. 801-808.

STRECK, N.A. et al. Estimativa do plastocrono em cultivares de soja. **Bragantia**, v.67, n.1, p.67-73, 2008.

ZANON, A. J. et al. **Ecofisiologia da soja- Visando altas produtividades**. 1° ed. Santa Maria, 2018.

ZANON, Alencar Junior. Crescimento, desenvolvimento e potencial de rendimento de soja em função do tipo de crescimento e grupo de maturidade relativa em ambiente subtropical/ Alencar Junior Zanon. – 2015. 179p.