

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

José Alexandre Bredow

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE SEMENTES SALVAS DE SOJA NA SAFRA 2021/22**

Cachoeira do Sul, RS
2023

José Alexandre Bredow

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE SEMENTES SALVAS DE SOJA NA SAFRA 2021/22**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Campus Cachoeira do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira Agrícola**.

Orientador (a): Prof^a. Dra. Zanandra Boff de Oliveira

Cachoeira do Sul, RS
2023

José Alexandre Bredow

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE SEMENTES SALVAS DE SOJA NA SAFRA 2021/22**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao
Curso de Engenharia Agrícola da Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Campus
Cachoeira do Sul, como requisito parcial para
obtenção do título de **Engenheira Agrícola**.

Aprovado em 12 de julho de 2023:

Zanandra Boff de Oliveira, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Paulo Carteri Coradi, Dr. (UFSM)

Alberto Eduardo Knies, Dr. (UERGS)

Cachoeira do Sul, RS
2023

DEDICATÓRIA

A minha família, colegas e amigos, que me apoiaram e incentivaram sempre, com muito amor para conquistar o título de Engenheiro Agrícola.

AGRADECIMENTOS

Agradeço minha família, colegas e amigos pelo apoio em momentos necessários.

RESUMO

INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE SEMENTES SALVAS DE SOJA NA SAFRA 2021/22.

AUTOR: José Alexandre Bredow
ORIENTADORA: Zanandra Boff de Oliveira

A soja é a principal cultura de primavera-verão do RS e estudos que contribuam para o aumento da sua produtividade e a redução dos custos de produção são de fundamental importância. Com isso, este estudo tem como objetivo avaliar a influência da irrigação suplementar na produtividade e qualidade de sementes salvas em cultivares de soja com diferentes GMR's na safra 2021-22 em Cachoeira do Sul. O experimento de campo foi instalado na Estação Agronômica da Uergs em Cachoeira do Sul-RS. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, no esquema fatorial (4x2), com 4 cultivares de soja, que são: BMX Raio, BMX Zeus, BMX Garra e NEO 610 e com dois regimes hídricos: irrigado e não irrigado (sequeiro), com quatro repetições. A semeadura foi realizada no dia 30 de novembro de 2021 no sistema de plantio direto. O sistema de irrigação por aspersão convencional era acionado quando armazenamento de água no solo chegava a 40% de esgotamento do total da capacidade de água disponível. No dia 27 de abril de 2022 foi realizada a colheita de todas as plantas da área central das parcelas, sendo determinada a produtividade (kg ha^{-1}), a massa de mil sementes (MMS) a germinação e o vigor das sementes. O ano agrícola caracterizou-se por chuvas acumuladas (394 mm), sendo insuficientes para suprir a demanda hídrica da cultura (456 mm), a qual demandou de 14 irrigações suplementares (190 mm). A irrigação suplementar contribuiu para o aumento da produtividade da soja em média de 43%, mas não contribuiu para o aumento da massa de mil sementes, que foi maior no regime hídrico do que no sequeiro. As cultivares BMX Zeus e BMX Garra foram as mais produtivas em ambos os regimes hídricos com valores médios de $5231,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (irrigado) e $3223,7 \text{ kg ha}^{-1}$ (sequeiro). As cultivares BMX Garra e NEO 610 irrigadas produziram sementes com percentuais de germinação de 93% e 84% respectivamente e vigor de 92% e 82% respectivamente, indicando seu potencial uso como sementes salvas. Enquanto, nas condições de produção de sequeiro, apenas a cultivar BMX Garra atingiu o percentual de germinação das sementes de 90%.

Palavras-chave: Soja, germinação, produtividade.

ABSTRACT

INFLUENCE OF SUPPLEMENTARY IRRIGATION ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SAVED SOYBEAN SEEDS IN THE 2021/22 CROP

AUTHOR: José Alexandre Bredow
ADVISOR: Zanandra Boff de Oliveira

Soy is the main spring-summer crop in RS and studies that contribute to increasing its productivity and reducing production costs are of fundamental importance. Thus, this study aims to evaluate the influence of supplementary irrigation on the productivity and quality of saved seeds in soybean cultivars with different GMR's in the 2021-22 harvest in Cachoeira do Sul. The field experiment was installed at the Uergs Agronomic Station in Cachoeira do Sul-RS. The experimental design was randomized blocks with subdivided plots, in a factorial scheme (4x2), with 4 different cultivars, which are: BMX Raio, BMX Zeus, BMX Garra and NEO 610 and with two water regimes: irrigated and non-irrigated (rainfed), with four replications. Sowing was carried out on November 30, 2021 in the planting system. The irrigation system used was conventional sprinkler activated whenever soil storage reached 40% depletion of the total available water capacity. On April 27, 2022, all plants in the central area of the plots were harvested, productivity (kg ha^{-1}), the mass of a thousand seeds (MMS) was determined, and samples were prepared for germination analysis and seed vigor, sent to a specialized (private) laboratory. The agricultural year evaluated for) was characterized by insufficient accumulated rainfall (394 mm) to supply the crop's water demand (456 mm) requiring 14 supplementary irrigations (190 mm). Supplementary irrigation contributed to the increase in soybean productivity by an average of 43%, but did not contribute to the increase in the thousand-seed mass, which was greater in the water regime than in the rainfed regime. Cultivars BMX Zeus and BMX Garra were the most productive in both water regimes with average values of $5231.5 \text{ kg ha}^{-1}$ (irrigated) and $3223.7 \text{ kg ha}^{-1}$ (irrigated). The BMX Garra and NEO 610 irrigated cultivars produced seeds with germination percentages and vigor superior to 80%, indicating their potential use as saved seeds. While, under rainfed production conditions, only the cultivar BMX Garra reached a percentage of seed germination greater than 80%.

Key-words: Seeds irrigation, productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4 - Balanço hídrico da cultura da soja irrigada no ano agrícola 2021/22. Cachoeira do Sul, RS.....	17
Figura 5 - Temperatura do ar e radiação global ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja. Cachoeira do Sul, RS.....	19
Figura 6 – Resultado de germinação (%) de sementes de quatro cultivares de soja no regime de sequeiro e irrigado. Cachoeira do Sul, RS.....	20
Figura 7 – Resultado de vigor (%) de sementes de quatro cultivares de soja no regime de sequeiro e irrigado. Cachoeira do Sul, RS.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da análise da variância para as variáveis respostas. Cachoeira do Sul, 2022.	20
Tabela 2 – Resultados dos diferentes componentes de rendimento das cultivares de soja para os regimes hídricos irrigado e não irrigado. Cachoeira do Sul, 2022.	21

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
METODOLOGIA	13
RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS	24

INTRODUÇÃO

A soja é o grão mais cultivado no mundo, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) a produção global de soja será um pouco mais elevada para a temporada 2022/23 em 375,1 milhões de toneladas em 127,842 milhões de hectares de área plantada. O Rio Grande do Sul (RS) é o terceiro estado maior produtor de soja no Brasil, superado pelos estados de Mato Grosso e Paraná. De acordo com a pesquisa Agrícola Municipal do IBGE, o RS produziu 15,8 milhões de toneladas em média do grão no triênio 2018-2020. No município de Cachoeira Do Sul são cultivados 105,8 mil hectares com uma produtividade média de 3.232 kg ha⁻¹.

Para Mello et. al (2020) a soja possui uma cadeia produtiva ampla, a qual é de suma importância para a economia, não só do Rio Grande do Sul, como do Brasil, pelo fato de a oleaginosa e seus derivados servirem de matéria-prima para uma grande diversidade de produtos. Quando esmagada a soja gera dois importantes subprodutos: o farelo e o óleo. O óleo de soja é muito utilizado na produção de margarina, óleo comestível (azeite de cozinha) e outras gorduras hidrogenadas. Também, serve para o setor industrial em geral, como matéria-prima na produção de sabonetes, tintas, vernizes, biodiesel entre outros. O farelo é utilizado mundialmente na alimentação animal, sendo a principal fonte de proteína vegetal hoje existente para este propósito.

A produção agrícola é muito dependente das condições climáticas. Segundo Zanon et al. (2018), durante o ciclo da cultura, a necessidade total de água para obtenção de um ótimo rendimento (em torno de 5.000 kg ha⁻¹), varia entre 450 a 800 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do seu ciclo. Para Fontana; Berlatto (1996) o estado do Rio Grande do Sul sofre influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña. De forma que o El Niño gera uma irregularidade que favorece a precipitação pluviométrica, enquanto a La Niña provoca redução das chuvas abaixo da normal climatológica, prolongando as estiagens, especialmente na primavera e no início de verão.

Segundo Vieira et al. (2013), o déficit hídrico pode reduzir o desempenho agrônômico da maior parte das culturas, como exemplo a soja. Conforme Pereira et al. (2012), as plantas quando expostas ao déficit hídrico por períodos extensos reduzem a atividade fotossintética e aumentam a respiração, impactando em menor produção de fotoassimilados. Assim, a irrigação suplementar é uma estratégia que contribui para a manutenção e aumento da produtividade das culturas, que não ficam dependentes apenas das chuvas para o seu suprimento hídrico. Kury (2022), observou um incremento da produtividade média da soja com a irrigação suplementar

(193 mm) de 38 sacas ha⁻¹ ou de 48% em comparação a soja de sequeiro, na região de Cachoeira do Sul-RS.

Outros fatores ambientais além das chuvas devem ser considerados para um bom desempenho da cultura. Segundo Farias et al. (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. Recomenda-se que a semeadura da soja não deve ser realizada quando a temperatura do solo estiver abaixo dos 20°C, pois a germinação e a emergência da planta ficam comprometidas. A faixa de temperatura do solo adequada para a semeadura varia entre 20°C e 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para emergência rápida e uniforme. Regiões com temperaturas menores ou iguais a 10°C são impróprias ao cultivo da soja, pois nesses locais o crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo. Por outro lado, temperaturas acima de 40°C têm efeito adverso na taxa de crescimento, provocam estragos na floração e diminuem a capacidade de retenção de vagens.

Em lavouras irrigadas, geralmente, há melhores condições de produção (solo, água, material genético) bem como uma melhoria do microclima com o uso da água, principalmente, por aspersão. Neste caso, os grãos produzidos nestas áreas irrigadas poderiam ser utilizados como sementes salvas, contribuindo como alternativa para a redução de custos de produção nas propriedades. As sementes salvas ou “sementes para uso próprio” são legalmente autorizadas para utilização do agricultor e sua definição pode ser mais bem compreendida como: quantidade de material de reprodução vegetal guardada pelo agricultor, a cada safra, para semeadura ou plantio exclusivamente na safra seguinte e em sua propriedade ou outra cuja posse detenha, observados, para cálculo da quantidade, os parâmetros registrados para a cultivar no Registro Nacional de Cultivares (BRASIL, 2003)

Segundo Costa et al. (1994), para a produção de sementes de soja com qualidades fisiológicas e sanitárias adequadas, são indicadas regiões com temperaturas do ar mais amenas (inferiores a 22°C) durante a fase de maturação da cultura. A disponibilidade de água é importante, principalmente em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. Durante o primeiro período, tanto o excesso como a falta de água são prejudiciais ao estabelecimento da cultura e à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas, sendo o excesso hídrico mais limitante do que o déficit. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação. Nessa fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total máximo disponível e nem ser inferior a 50%.

A semente de soja, para ser considerada de alta qualidade, deve ter altas taxas de vigor, germinação de no mínimo 80%, com boa sanidade, bem como garantias de purezas física e varietal (genética) e não conter sementes de plantas daninhas. Esses fatores respondem pelo desempenho da semente no campo, culminando com o estabelecimento da população de plantas requerida pela cultivar, aspecto fundamental, que contribui para que sejam alcançados altos níveis de produtividade (KRZYZANOWSKI, 2004).

Dentro do manejo da cultura da soja, a escolha correta da cultivar é uma das etapas importantes para maximizar a produtividade sem elevar o custo de produção, diante das inúmeras cultivares existentes e grupos de maturidade relativa (GMR) disponíveis, é importante a avaliação do posicionamento destas cultivares no local de produção. Segundo Marchesan (2015) e Bexaira et al. (2018) o GMR é a duração do ciclo de desenvolvimento da soja, ou seja, o número de dias que a cultura leva para chegar a maturidade, do período da semeadura até a sua maturidade fisiológica. O mesmo é determinado pela resposta ao fotoperíodo, temperatura sendo que a sensibilidade para ambas, depende da genética do cultivar. Devido a isso, números mais baixos de GMR indicam cultivares mais precoces e mais altos cultivares de ciclo mais tardio. Sendo assim, este presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da irrigação suplementar na produtividade e qualidade de sementes salvas em cultivares de soja com diferentes GMR's na safra 2021-22 em Cachoeira do Sul.

METODOLOGIA

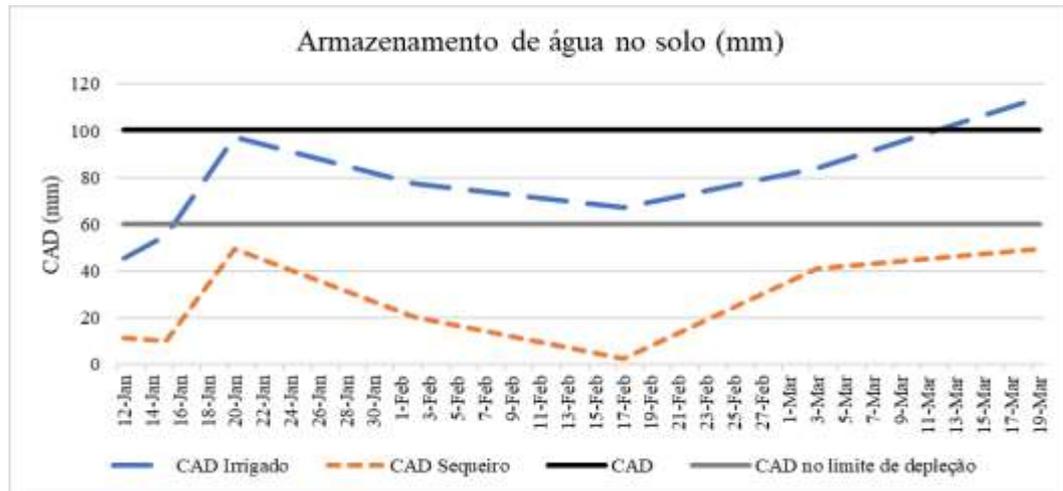
O experimento foi conduzido a campo, durante a safra 2021-22, utilizando a cultura da soja (*Glycine max*) na Estação Experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), localizada no distrito de Três Vendas no município de Cachoeira do Sul (29°53' S e 53° 00' W, altitude de 125 m), localizada na depressão central do estado. O clima desta região segundo Köppen, é classificado como subtropical úmido (Cfa), predominante na região Sul. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso no esquema fatorial (4x2), com quatro repetições. O fator A é formado pelas cultivares utilizadas, sendo estas: i) Brasmax (BMX) Raio IPRO, ii) BMX Zeus IPRO, iii) BMX Garra IPRO e ii) NEOGEN 610 IPRO, e o fator B é dois regimes hídricos: i) com irrigação suplementar e ii) sem irrigação (sequeiro). Os GMR das cultivares são de 5.0, 5.5, 6.3 e 6.1 respectivamente, para as cultivares BMX Raio, BMX Zeus, BMX Garra e NEO 610.

A semeadura foi realizada no dia 29 de novembro utilizando um conjunto trator (Massey Ferguson MF4275) – plantadeira (Massey Ferguson MF 407, 7 linhas), com o sistema de plantio direto sobre a resteva da cultura do trigo. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 m, contendo 14 plantas por metro linear, perfazendo uma densidade de semeadura de 310.000 plantas por hectare. O manejo da cultura e os tratos culturais necessários seguiram as recomendações agrônômicas para a cultura da soja.

O sistema de irrigação utilizado foi de aspersão convencional (aspersores modelos Agropolo NY 25), instalados com espaçamento de 12x12 m, operando com uma taxa de aplicação de 12 mm h⁻¹. A estrutura de irrigação conta de uma moto bomba de 7 cv, movida a gasolina, com tubulação principal com diâmetro de 75 mm e tubulação secundária de 50 mm. O manejo de irrigação foi realizado para manter a capacidade de água disponível (CAD), com a fração de esgotamento próximo de 40%, como mostra a Figura 1. A umidade volumétrica da capacidade de campo (CC) é de 0,3184 cm³. cm⁻³ e ponto de murcha permanente (PMP) é de 0,15 cm³. cm⁻³ no perfil de solo com profundidade de 0 a 60 cm, determinado por MORAES (2019).

Figura 1 - Armazenamento de água no solo (CAD), limite de esgotamento (CAD real) e CAD atual na área irrigada e não irrigada. Cachoeira do Sul, RS.



Fonte: Autor.

O monitoramento da CAD, denominada CAD atual (umidade volumétrica observada - umidade volumétrica no PMP) (Figura 1) foi feito por meio da umidade volumétrica do solo obtida utilizando um conjunto FDR (Reflectometria no domínio de frequência, Campbell Scientific) (Figura 2), constituído por sensores cujas hastes possuem 30 cm, sendo estes instalados em pares em duas profundidades: de 0 -30 cm e de 30 - 60 cm de profundidade no perfil do solo, um em área irrigada e outro em área não irrigada.

Figura 2 - Instalação dos Sensores FDR a 0-30 cm e a 30-60 cm no perfil do solo. Cachoeira do Sul, RS.



Fonte: Kury, 2022

O cálculo de balanço hídrico considerou como entrada as chuvas e as irrigações suplementares de água no sistema, porém, quando a lâmina de água da chuva superou a capacidade de água disponível real para a cultura, o valor excedente foi considerado como perda

por escoamento superficial e percolação no perfil do solo. A saída de água do sistema é a evapotranspiração da cultura (ET_c), baseada na metodologia proposta por Allen et al. (1998). A evapotranspiração de referência (ET_o), utilizada para calcular a ET_c, através dos dados meteorológicos obtidos por uma estação meteorológica automática posicionada próxima ao local do experimento (UFSM Campus Cachoeira do Sul). Desta mesma estação foram obtidos os dados de temperatura e radiação solar apresentados neste estudo posteriormente.

Ainda, o valor de K_c (simples), também utilizado para o cálculo da ET_c, foi ajustado, proposto por Allen et al. (1998) com a fração de cobertura (F_c), indicando a inflexão da curva do K_c. Para o valor de F_c foi utilizado o aplicativo (Canopeo), desenvolvido pela Universidade de Oklahoma, USA. O valor de F_c é disponibilizado pelo aplicativo através de uma análise de imagens da cultura a campo, fornecidas pelo usuário. As imagens utilizadas foram coletadas a 1,5 m de altura da cultura, como mostra a figura abaixo (Figura 3). Foram realizadas avaliações fenológicas para o acompanhamento do ciclo de desenvolvimento da cultura.

Figura 3- Análise de F_c através do aplicativo Canopeo Cachoeira do Sul, RS.



Fonte: Kury, 2022

A colheita das plantas foi realizada de forma manual na região central de cada parcela experimental (4 m²) e, conseqüentemente, foi feita a contagem das plantas, além da trilha, limpeza, determinação de umidade dos grãos e pesagem. O peso obtido foi corrigido para uma umidade de 13% e extrapolado para um hectare (kg ha⁻¹) desta mesma amostra obteve-se a massa de mil sementes (MMS) partir de 4 repetições de 100 sementes. As cultivares BMX Raio (irrigada e sequeiro) e BMX Zeus (irrigada) foram colhidas no dia 14/04/2022 as cultivares

BMX Zeus (sequeiro), BMX Garra (irrigada e sequeiro) e NEO 610 (irrigada e sequeiro) no dia 27/04/2022.

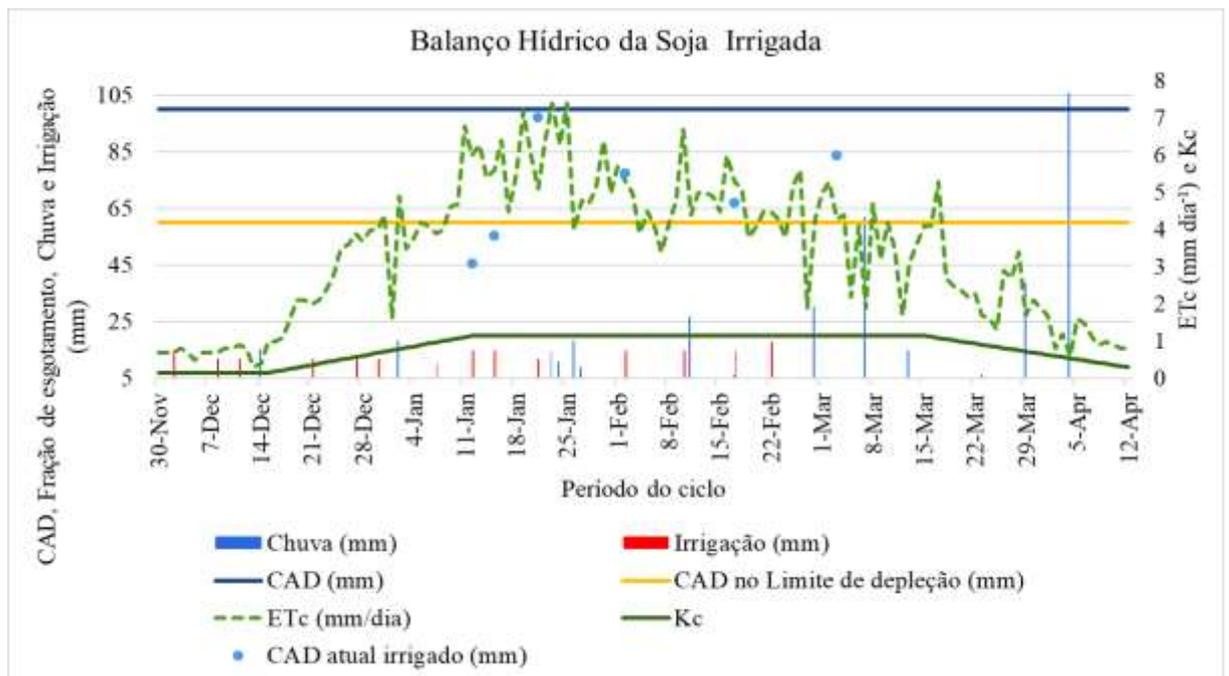
Posteriormente as amostras de soja foram acondicionadas em caixas adequadas e enviadas para laboratório, que realizou os testes de germinação e vigor da soja para a caracterização da qualidade fisiológica dos grãos visando possível utilização como sementes (salvas). Devido aos custos para a realização das análises foi realizada um pra cada cultivar em cada regime hídrico.

As variáveis repostas (produtividade e PMG) foram submetidas à análise do software Sisvar. Estes dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F e análise complementar do teste “Tukey” em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 4 está apresentado os parâmetros de balanço hídrico para a cultura da soja irrigada.

Figura 1 - Balanço hídrico da cultura da soja irrigada no ano agrícola 2021/22. Cachoeira do Sul, RS.



Fonte: Autor, 2023.

Conforme é mostrado na figura 4, pode-se observar que a distribuição das chuvas durante quase todo o ciclo da cultura foi irregular e em baixa quantidade, com uma melhor distribuição a partir de 01/03/2022. O que, na fase inicial, pode prejudicar estabelecimento de plantas e o desenvolvimento vegetativo, causando uma redução de porte da cultura e de área foliar, devido ao aumento da taxa de respiração e diminuição da taxa fotossintética. No início do florescimento, entre 11 e 18 de janeiro, período esse que a evapotranspiração da cultura é alta, devido a cultura estar entrando em um período crítico (fase reprodutiva), nota-se que o solo estava com baixa disponibilidade hídrica (CAD abaixo do limite de depleção), mesmo com a realização das irrigações, devido a esses estress em períodos críticos da cultura ocasiona na redução de qualidade de sementes. Neste período, o déficit hídrico pode causar baixo número de flores, gerando um baixo número de legumes e consequentemente reduzindo o potencial

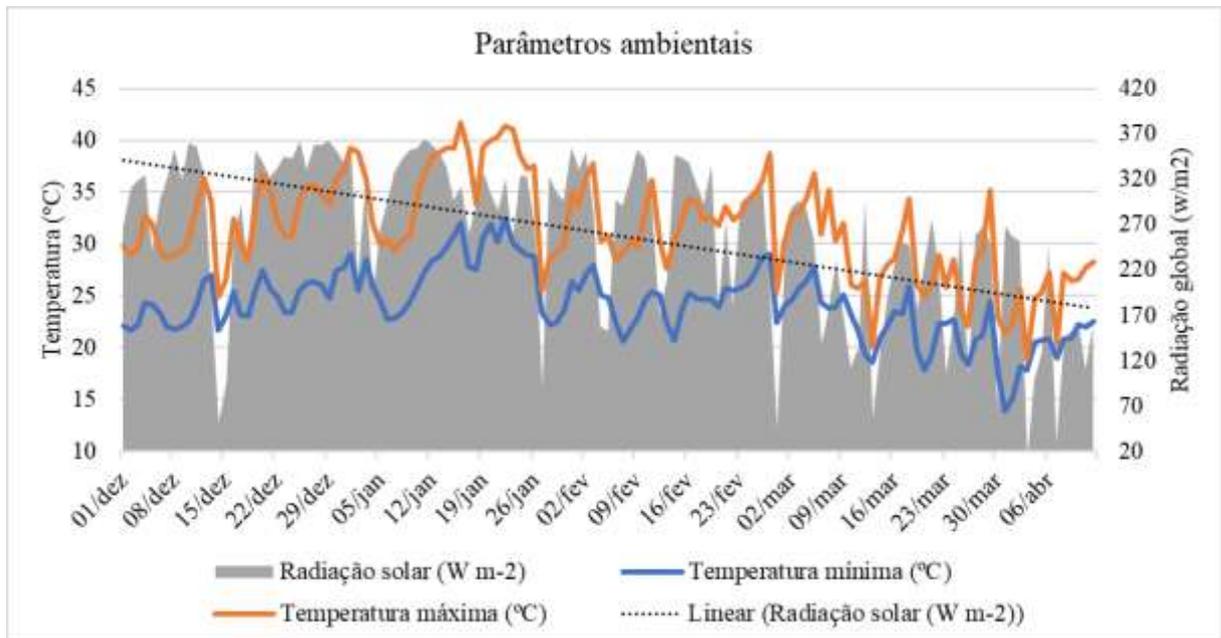
produtivo da cultura. Assim, foram necessárias 14 irrigações suplementares para suprir a demanda hídrica da cultura não atendida pelas chuvas.

A irrigação suplementar deve ser uma estratégia cada vez mais utilizada para a manutenção das produtividades ao longo das safras. O produtor que possui um sistema de irrigação pode obter melhores produtividades e, neste sistema de produção, para a redução de custos em insumos, a produção da sua própria semente (semente salva), pode ser uma alternativa, desde que haja um investimento também em nutrição do solo, para que essa semente seja de boa qualidade. Visto que, os custos para a aquisição de semente certificadas está ficando cada vez mais alto.

Segundo Artuzo et al. (2018) alguns elementos que compõe os custos de produção da soja são as sementes, os defensivos e os fertilizantes que devem estar associados ao investimento e devem ser justificado por sua produtividade, por isso é investido em sementes de alto potencial produtivo, defensivos eficientes no controle de pragas e doenças, isso encarece os custos de produção. Segundo Strucker et al (2010), a semente representa dentro o custo de produção, cerca de 11,6 % do total.

Além da disponibilidade hídrica, outros fatores ambientais, como temperatura e radiação solar influenciam na produtividade das culturas agrícolas. Na figura 5 estão apresentadas estas variáveis meteorológicas observadas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura da soja.

Figura 2 - Temperatura do ar e radiação global ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja. Cachoeira do Sul, RS.



Fonte: Autor, 2023.

Nota-se que a temperatura do ar máxima, por muitas vezes, exerceu o valor de 30°C que de acordo com Costa et al., (1994) para a produção de semente de alta qualidade requer que as fases de maturação e de colheita ocorram sob temperaturas amenas em torno de 22 °C, associadas com condições climáticas secas. Tais condições não são facilmente encontradas em regiões tropicais, porém, podem ocorrer em áreas com altitude superior a 700 m, ou com o ajuste da época de semeadura para a produção de semente. Em regiões com latitudes acima de 24° Sul, as condições climáticas são mais propícias. Segundo França Neto; Henning (1984) a exposição de semente de soja a ciclos alternados de elevada e baixa umidades antes da colheita, devido à ocorrência de chuvas frequentes ou às flutuações diárias de umidade relativa do ar, resultará na sua deterioração por umidade. Essa deterioração será ainda mais intensa se tais condições estiverem associadas com condições de elevadas temperaturas.

A radiação solar tem um padrão de redução linear (Figura 5), sobretudo a partir janeiro, característica do clima do local (Latitude de 30°S). De acordo com Zanon et al. (2018) com a adequação da época de semeadura, é possível ajustar o período crítico da cultura (reprodutivo) ao período de maior radiação solar disponível e, assim, aumentar o potencial de produtividade. Assim, a semeadura na data realizada (29/11) contribuiu para a maximização desta variável ambiental.

Na tabela 1, é apresentado o quadrado médio da análise da variância, nota-se que há diferença significativa entre os tratamentos de forma isolada tanto para a produtividade quanto para a massa de mil sementes na cultura da soja. Já, a interação entre os fatores ocorreu somente para a massa de mil sementes.

Tabela 1 - Resumo da análise da variância para as variáveis respostas. Cachoeira do Sul, 2023.

Causas da variação	Valor do F calculado	
	Produtividade	MMS
Cultivar	1210702,85*	3447,47*
Regime hídrico	37341864,01*	693,19*
Cultivar x Regime hídrico	330193,19 ^{ns}	958,54*
Repetição	55628,2 ^{ns}	312,45 ^{ns}
Erro	275810,56 ^{ns}	140,14 ^{ns}
CV (%)	13,49	4,89

Em que: MMG = massa de mil sementes; CV = coeficiente de variação; * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste “F” em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autor, 2023.

Na tabela 2 é possível observar que em ambos os regimes hídricos as cultivares BMX Zeus e BMX Garra foram as mais produtivas. A cultivar BMX Zeus foi a que apresentou a maior produtividade no ambiente irrigado, com produtividade $>5000 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo uma cultivar de alto potencial produtivo e GMR curto, o que pode contribuir para a otimização da utilização da área (mais de uma safra em uma mesma estação). No ambiente de sequeiro a cultivar BMX Garra apresentou a maior produtividade $>3000 \text{ kg ha}^{-1}$, considerando que foi um ano com alta restrição hídrica e temperaturas acima do ideal para a cultura, são valores de produtividade muito bons. A cultivar BMX Garra é uma cultivar que se adaptou muito bem nos dois regimes hídricos, mostrando adaptabilidade a região.

Os ganhos em produtividade em função da irrigação foram em média de $2160,5 \text{ kg ha}^{-1}$, ou seja, um acréscimo de produtividade de 43%. Assim, demonstra-se que a irrigação suplementar é de suma importância principalmente em anos de Lã Niña, como este em que o experimento foi conduzido. Segundo Grimm; Sant’Anna (2000), em anos de La Niña, ocorre diminuição na precipitação pluvial, notadamente nos períodos de primavera e verão. Além da quantidade Fontana; Almeida (2002) verificaram uma alteração também na distribuição da precipitação pluvial, sendo o número de dias de chuva inferior em anos de La Niña.

Tabela 2–Resultados dos diferentes componentes de rendimento das cultivares de soja para os regimes hídricos irrigado e não irrigado. Cachoeira do Sul, 2023.

	Irrigado		Sequeiro	
	Produtividade (kg ha⁻¹)			
NEO 610	4628,5	bA	2403,3	bB
BMX Raio	4798,0	bA	2396,9	bB
BMX Garra	4996,1	abA	3427,9	aB
BMX Zeus	5467,0	aA	3019,5	aB
	MMS (g)			
NEO 610	202,8	cB	221,3	cA
BMX Raio	237,2	bB	250,6	abA
BMX Garra	265,0	aA	242,7	bcB
BMX Zeus	244,0	abB	261,7	aA

Em que: números seguidos de letras minúsculas iguais nas linhas (cultivares) e de letras maiúscula iguais nas colunas (regime hídrico) não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de erro conforme teste de “Tukey”.

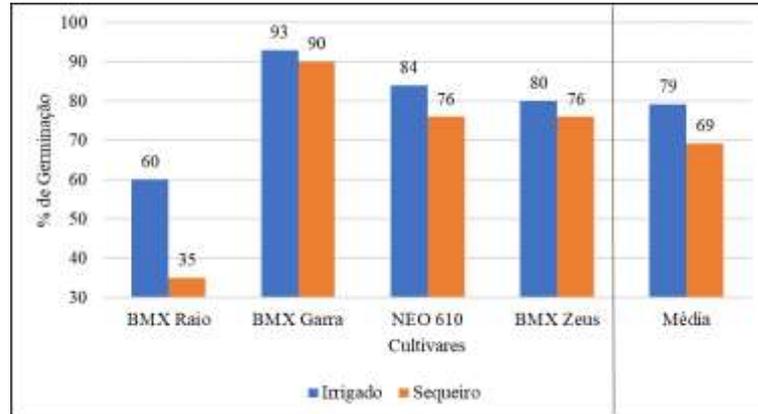
Fonte: Autor, 2023.

Em relação a MMS nota-se valores elevados deste componente de produtividade (Tabela 5), que pode estar associado a melhor distribuição de quantidade de chuvas neste período do ciclo de cultivo (Figura 4). Em ambos os regimes hídricos a cultivar BMX Garra foi a que apresentou maiores valores de germinação e vigor . A MMS maior no regime hídrico de sequeiro não era esperada e deve-se, possivelmente, ao fato que nas plantas de sequeiro apresentaram elevada retenção foliar no final de ciclo e este distúrbio fisiológico pode ter contribuído para a produção de fotoassimilados, aumentando a MMS. Entretanto, sementes menores com menor MMS podem trazer economia no momento da semeadura, pois resultam em uma maior quantidade do número de sementes presentes neste MMS (ANDRADE et al., 1997). A cultivar BMX Raio apresentou índices muito baixo tanto de germinação quanto de vigor. Por serem cultivares de ciclo mais longo, a BMX Garra e a NEO 610, possuem maior fase vegetativa, o que pode ter contribuído para um maior acúmulo de biomassa e, está maior quantidade de reservas, pode ter sido importante para a maior qualidade fisiológica das sementes.

Além disso, o maior comprimento do ciclo, também favorece a maior tempo para a recuperação aos estresses. Segundo Tekrony et al. (1984) as condições ambientais, em muitos casos, são mais importantes do que outras características da planta na determinação da qualidade de sementes de soja. No ambiente de sequeiro, a cultivar BMX Garra foi a única que apresentou germinação superior a 80%. Tanto para sementes de soja certificadas (C1 e C2) e

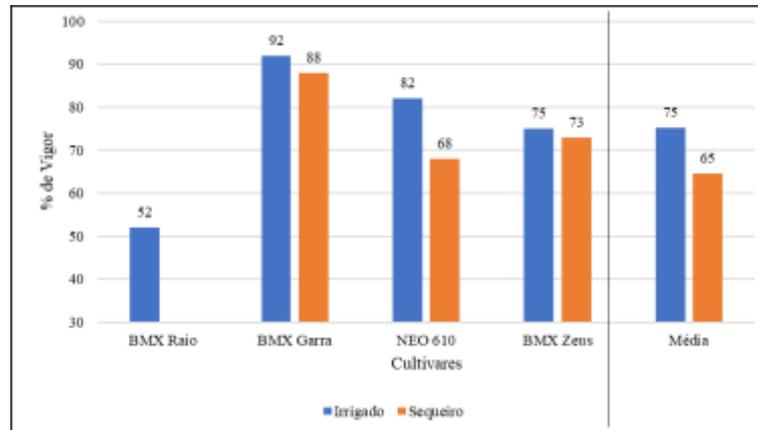
não certificadas (S1 e S2), a porcentagem de germinação e pureza mínima requeridas para sua comercialização é de 80% e 99%, respectivamente (BRASIL, 2013).

Figura 6 – Resultado de germinação (%) de sementes de quatro cultivares de soja no regime de sequeiro e irrigado. Cachoeira do Sul, RS



Fonte: Autor, 2023.

Figura 7 – Resultado de vigor (%) de sementes de quatro cultivares de soja no regime de sequeiro e irrigado. Cachoeira do Sul, RS



Fonte: Autor, 2023.

As cultivares de soja irrigadas apresentaram sementes com maior vigor (Figura 7), sobretudo, a cultivar BMX Garra (vigor > 90%). Sendo que, a maior contribuição do uso da irrigação suplementar para o incremento da germinação e do vigor foi para a cultivar NEO 610 (Figura 6 e 7). Sementes com alto vigor apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação e maior taxa de crescimento, produzindo plântulas com maior tamanho inicial (SCHUCH et al., 1999; MUNIZZI et al., 2010). Segundo Tekrony; Egli (1991), o uso de sementes de alto vigor é justificado em todas as culturas, para assegurar adequada população

de plantas sobre uma ampla variação de condições ambientais de campo encontradas durante a emergência, e possibilitar aumento na produção.

Segundo o anexo 31 da portaria do MAPA A declaração de uso próprio prevista no inciso VI do art. 170 deverá ser apresentada ao órgão de fiscalização, a cada safra, por meio de formulário próprio, conforme modelo constante do Anexo XIX, acompanhada de: I - cópia da nota fiscal de aquisição; e II - cópia do certificado de sementes, do certificado de sementes importadas, do termo de conformidade ou do termo de conformidade de sementes importadas, em função da categoria, e, quando for o caso, dos termos aditivos.

Assim, os resultados deste estudo demonstram que a possibilidade de um produtor irrigante salvar a sua semente de soja pode ser viável e que algumas cultivares podem ser mais recomendadas para esta prática, no caso as cultivares BMX Garra e NEO 610 foram as que apresentaram maiores percentuais de germinação e vigor.

CONCLUSÕES

O ano agrícola avaliado para a cultura da soja (29/11/2021 a 27/04/2022) caracterizou-se por chuvas acumuladas (394 mm) insuficientes para suprir a demanda hídrica da cultura (456 mm) demandando de 14 irrigações suplementares (190 mm).

A irrigação suplementar contribuiu para o aumento da produtividade em média de 76%, mas não contribuiu para o aumento da massa de mil sementes, que foi maior no regime hídrico que sequeiro. As cultivares BMX Zeus e BMX Garra foram as mais produtivas em ambos os regimes hídricos com valores médios de 5231,5 kg ha⁻¹ (irrigado) e 3223,7 kg ha⁻¹ (sequeiro).

As cultivares BMX Garra e NEO 610 irrigadas produziram sementes com percentuais de germinação e vigor superior a 80%, indicando seu potencial uso como sementes salvas. Enquanto, nas condições de produção de sequeiro, apenas a cultivar BMX Garra atingiu o percentual de germinação das sementes de 93%.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper 56**, FAO, Rome, Italy, 300 pp, 1998.

ANDRADE, R.V.; ANDREOLI, C.; BORBA, C.S.; AZEVEDO, J.T.; MARTINS-NETTO, D.A. & OLIVEIRA, A.C. Efeito da forma e do tamanho da semente no desempenho no campo de dois genótipos de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.1, p.62-65, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.17801/01013122/rbs.v19n1p62-65>.

ALMEIDA, V., JÚNIOR, J. A., MESQUITA, M., EVANGELISTA, A. W. P., CASAROLI, D., & BATTISTI, R. Comparação da viabilidade econômica da agricultura irrigada por pivô central em sistemas de plantios convencional e direto com soja, milho e tomate industrial 2018, Global science and technology. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2022N00136>. Acesso em 06 jun. 2023.

ARTUZO, F. D; FOGUESATTO, C. R; SOUZA, Ângela R. L; SILVA, L. Costs management in maize and soybean production. **Review Of Business Management**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 273-294, mar. 2018. FECAP Fundacao Escola de Comercio Alvares.

BERLATO, M.A., FONTANA, D.C., OLIVEIRA, D. **A chuva e a produção de grãos no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 32 p. 1996.

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

BEXEIRA, KP; STRECK, NA; ZANON, AJ; ROCHA, TSM da; RICHTER, GL, SILVA, MR da; TAGLIAPIETRA, EL; WEBER, PS; DUARTE JÚNIOR, AJ; CERA, JC; RIBAS, GG; UHRY JÚNIOR, DF; MEUS, LD; ALVES, AF; BALEST, D. Grupo de maturidade relativa: Variação no ciclo de desenvolvimento da soja em função da época de semeadura. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Soja**. Goiânia – GO, Brasil. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa**, N° 45, de 17 de setembro de 2013. Diário Oficial da União, DF, 20 set. 2013. p. 25, Seção 1.

COSTA, N.P.; PEREIRA, L.A.G.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A.; KRZYZANOWSKI, F.C. Zoneamento ecológico do Estado do Paraná para a produção de sementes de cultivares precoces de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.12-19. 1994.

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, (N° Especial: Zoneamento Agrícola), p.415-421, 2001.

FARIAS, J. R. B. et al. Ecofisiologia da Soja. Londrina: Embrapa CNPSO, 2007. 9p. (Circular Técnica, No 48)

FONTANA, D.C.; BERLATO, M. A. Influence of El Niño Os (ENSO) on the determination of the South of the State of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.127-132, 1997

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T.S Climatologia do número de dias com precipitação pluvial n o Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1.p135-141. 2002

FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984. 39p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 9).

GRIMM, A. M.; SANT'ANNA, C. L. S. Influência de Fases Extremas da Oscilação Sul sobre a Intensidade e Frequência das Chuvas. In: **Anais XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. CD-ROM XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/PORTARIAMAPAN538DE20DEDEZEMBRODE2022.PDF>

KRZYZANOWSKI, F.C.; MESQUITA, C.D.M, MAURINA, A.C., FRANÇA NETO, J.D.B., HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, 25(1), 128-132, 2003.

KURY, A.G. Produtividade de cultivares de soja com e sem irrigação suplementar na safra 2021/22 em Cachoeira do Sul- RS, **Trabalho de Conclusão de Curso** (Engenharia Agrícola), UFSM. 2022.

MARCHESAN, E, ZANON, AJ, WINCK, JEM, STRECK, NA, ROCHA, TSMD, CERA, JC, RICHTER, GL, ... Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de colheita e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragança** , 74 , 400-411, 2015.

MELLO, E.S.; BRUM, A,L. A cadeia produtiva da soja e alguns reflexos no desenvolvimento regional do Rio Grande Do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, p .74734-74750, 2020

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. 2005. 31 p. Engraf. Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.

MUNIZZI, A; BRACCINI.; A.L.; RANGEL, MA. S; SCAPIM; CA; ALBRECHT, L.P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**: v.32, n.1, p.176-185, 2010.

OLIVEIRA, Z. B. **Estimativa da evapotranspiração a partir de dados diários de previsão meteorológica**. 2015. 95 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

PEREIRA, J. W. L.; MELO FILHO, P. A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit Hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 766-773, out-dez, 2012.

Registro Nacional de Cultivares. 2003. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/guia-de-servicos/registro-nacional-de-cultivares-rnc> Acesso em: 25 abril. 2023.

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.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.229-234, 1999.

STRUCKER, C.M.; MUNARETTO, L.F., VACARIN, L.; BRANDT, M.J.; NARDINO, M. Estudo sobre o custo de produção da safra de soja, em sistema de plantio direto na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, safra 2010/2011. In: 25° Jornada Acadêmica Integrada UFSM, 2010,

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: A review. **Crop Science**, v.31, p.816-822, 1991.

VIEIRA, F. C. F.; SANTOS JUNIOR, C. D.; NOGUEIRA, A. P. O.; DIAS, A. C. C.; HAMAWAKI, O. T.; BONETTI, A. M. Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por PEG 600. **Bioscience Journal**., v. 29, n. 2, p. 543-552, mar. /abr.2013

ZANON, A. J. et al. **Ecofisiologia da soja- Visando altas produtividades**. 1° ed. Santa Maria: [n.s.], 2018a. ISBN: 978-85-54856-14-4. 136p.

ZANON, A. J. et al. **Quantidade e distribuição de água para alcançar o potencial de produtividade da soja em ambiente subtropical**. 2018b Congresso Brasileiro de Soja (8. : 2018: Goiânia, GO). VIII Congresso Brasileiro de Soja, Goiânia, GO - 2018: inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais / Adilson de Oliveira Junior, Regina Maria.

