

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**Irajá Jantsch de Souza**

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NO  
DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE  
SOJA EM CACHOEIRA DO SUL**

Cachoeira do Sul, RS  
2019

**Irajá Jantsch de Souza**

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NO DESENVOLVIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM CACHOEIRA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Santa Maria, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de **Engenheiro  
Agrícola**.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Zanandra Boff de Oliveira

Cachoeira do Sul, RS  
2019

**Irajá Jantsch de Souza**

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NO DESENVOLVIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM CACHOEIRA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Santa Maria, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de **Engenheiro  
Agrícola**.

**Aprovado em 12 de julho de 2019:**

---

**Zanandra Boff de Oliveira, Dra**  
Presidente da Banca Examinadora

---

**Alberto Eduardo Knies, Dr (UERGS)**

---

**César Cella, Eng Agrônomo (UFSM)**

Cachoeira do Sul, RS

2019

## DEDICATÓRIA

A minha família por estar comigo em todos os momentos e me apoiar em minhas decisões em nome de Vera Lúcia Dornelles Jantsch, Irajá Silva de Souza, Mariana Jantsch de Souza, Carolina Jantsch de Souza, Pedro Jantsch Machado, Vicente Jantsch Machado, Roberto Kittel Pohlmann e Bruno Machado.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela saúde, pela vida, pela fé e por iluminar minha trajetória e minhas decisões.

À Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, pública e gratuita.

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, pela disponibilidade da área experimental para realização do experimento.

À empresa Sollus Agrícola por disponibilizar as sementes de soja e insumos agrícolas para realização do trabalho.

Ao Laboratório do Sistema Irriga, pela análise física-hídrica do solo da área experimental.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Zanandra Boff de Oliveira, pela oportunidade de trabalho, pela orientação e pelos ensinamentos teóricos e técnico, que levarei comigo para o resto da vida.

Aos professores Alberto Eduardo Knies, Eduardo Leonel Bottega, Ezequiel Saretta, Tiago Rodrigo Francetto, Paulo Coradi e demais professores, pelo conhecimento transmitido durante o curso.

Aos meus colegas de GEPAB: Clarissa Moras, Tiago Link, Larrissa Rodrigues e a Heloísa Gois pelo trabalho em equipe.

Aos demais amigos e colegas de graduação e da vida.

*“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota. ”*

*Theodore Roosevelt*

## RESUMO

### INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM CACHOEIRA DO SUL

AUTOR: Irajá Jantsch de Souza  
ORIENTADORA: Zanandra Boff de Oliveira

A soja é a principal fonte de proteína vegetal, sendo utilizada na produção de rações e alimentos. Essa cultura tem sua produtividade prejudicada na ocorrência do déficit hídrico, assim a irrigação suplementar pode contribuir para a manutenção ou incrementos de produtividades. O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento, os componentes do rendimento e o rendimento de grãos de diferentes cultivares de soja com e sem irrigação suplementar, na safra 2018/19, em solo de coxilha no município de Cachoeira do Sul – RS. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da UERGS. O delineamento experimental utilizado foi em faixas no esquema fatorial (3x2), com quatro repetições. Os tratamentos constituíram de: fator “A” três cultivares de soja: Nidera 6909 IPRO (NS 6909), Nidera 5909 RG (NA 5909) e Nidera 4823 RR (NS 4823). Fator “B” dois regimes hídricos: irrigado e não irrigado. Observou distribuições regulares de chuvas ao longo do ciclo da soja em volumes que somaram 655 mm superior, a ET<sub>c</sub> acumulada de 413,19 mm. Foi necessário a irrigação suplementar de 134,5 mm que promoveu incremento de 18% no IAF, de 5,2% no PMG e de 7,5% no rendimento de grãos que foi de 4492,6 kg ha<sup>-1</sup> para o regime hídrico irrigado e de 4158,2 kg ha<sup>-1</sup> para o regime hídrico não irrigado. As cultivares NA 5909 e NS 4823 apresentaram rendimentos de grãos médios de 4659,05 kg ha<sup>-1</sup> e a cultivar NS 6909 de 3658,2 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Soja. Irrigação suplementar. Cultivar.

## ABSTRACT

### INFLUENCE OF SUPPLEMENTARY IRRIGATION ON THE DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN CULTIVARS AT CACHOEIRA DO SUL

AUTHOR: Irajá Jantsch de Souza  
ADVISOR: Zanandra Boff de Oliveira

Soy is the main source of vegetable protein, being used in the production of feed and food. This crop has its productivity impaired in the occurrence of water deficit, so supplemental irrigation can contribute to the maintenance or increase of productivity. The objective of this work was to evaluate the development, yield components and grain yield of different soybean cultivars with and without supplemental irrigation, in the 2018/19 crop, in coxilha soil in Cachoeira do Sul - RS. The experiment was conducted at the UERGS Agronomic Experimental Station. The experimental design was in bands in factorial scheme (3x2), with four replications. The treatments consisted of: factor "A" three soybean cultivars: Nidera 6909 IPRO (NS 6909), Nidera 5909 RG (NA 5909) and Nidera 4823 RR (NS 4823). Factor "B" two water regimes: irrigated and non-irrigated. It observed regular rainfall distributions throughout the soybean cycle in volumes that totaled 655 mm higher, the cumulative ET<sub>c</sub> of 413.19 mm. Supplementary irrigation of 134.5 mm was required, which promoted an increase of 18% in IAF, 5.2% in PMG and 7.5% in grain yield, which was 4492.6 kg ha<sup>-1</sup> for the water regime. 4158.2 kg ha<sup>-1</sup> for the non-irrigated water regime. The cultivars NA 5909 and NS 4823 presented average grain yields of 4659.05 kg ha<sup>-1</sup> and the cultivar NS 6909 of 3658.2 kg ha<sup>-1</sup>.

**Key-words:** Soybean. Supplementary irrigation. Grow crops.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Localização da área experimental, Cachoeira do Sul, RS, 2019.....	14
<b>Figura 2</b> – Curva característica de água no perfil do solo da área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019 .....	15
<b>Figura 3</b> – Sistema de irrigação aspersão convencional instalado na área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019 .....	18
<b>Figura 4</b> – Sensor FDR instalado na área experimental e datalogger modelo CR10X Campbell SCi. Cachoeira do Sul, RS 2019 .....	19
<b>Figura 5</b> – Balanço hídrico da soja da área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019 .....	22
<b>Figura 6</b> – Umidade volumétrica do solo na capacidade de campo e medida em área irrigada e não irrigada nas camadas de 0-30 e 30-60 cm de profundidade do perfil do solo na área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019 .....	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Valores de total de água armazenada e da capacidade de água disponível nas diferentes camadas do perfil do solo e o somatório total. Cachoeira do Sul, RS, 2019. ....	17
<b>Tabela 2</b> – Representação do cálculo do balanço hídrico realizado para a determinação da necessidade de irrigação. Cachoeira do Sul, RS, 2019... ..	17
<b>Tabela 3</b> – Resultado da densidade e porosidade do solo da área experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Cachoeira do Sul, RS, 2019.. ..	21
<b>Tabela 4</b> – Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019 .....	21
<b>Tabela 5</b> – Indicadores estatísticos para as variáveis respostas obtidas ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja. Cachoeira do Sul, RS, 2019.....	25
<b>Tabela 6</b> – Variáveis resposta em função dos regimes hídricos avaliados. Cachoeira do Sul, RS, 2019.....	26
<b>Tabela 7</b> – Variáveis resposta em função das cultivares avaliadas. Cachoeira do Sul, RS, 2019.....	27

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>21</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>30</b>

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja é de extrema importância econômica para o Brasil e para o estado do Rio Grande do Sul. O aumento da demanda mundial por alimentos mantém a soja como fonte principal de proteína vegetal. Trata-se de um componente básico para fabricação de rações animais e para a fabricação de inúmeros alimentos destinados ao consumo humano. Apesar do avanço científico em relação à produção de cultivares de soja, o desenvolvimento e rendimento dessa cultura podem ser limitados por déficit hídrico durante seu ciclo (PETTER et al., 2013; ZANDONÁ et al., 2015).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, perdendo somente para os Estados Unidos. A produção na safra 2017/2018 foi de 116.996 milhões de toneladas numa área cultivada de 35,100 milhões de hectares e a produtividade média de 3.333 kg hectare<sup>-1</sup>. Já o Rio Grande do Sul é o terceiro maior estado produtor de soja, ficando atrás dos estados de Mato Grosso e Paraná. A produção na safra 2017/2018 foi de 16,968 milhões de toneladas numa área de 5.444 milhões de hectares, com uma produtividade média de 3.117 kg hectare<sup>-1</sup> (CONAB, 2018). No município de Cachoeira do Sul foram cultivados 142.700 hectares de soja, a produção total foi de 458.660 mil toneladas resultando em uma produtividade média de 3.230 kg hectare<sup>-1</sup> (EMATER-RS, 2018).

De acordo com Concenço, Aguila e Verneti (2017), no Rio Grande do Sul, a produtividade média da cultura de soja na década de 70 estava entre 1.000 a 1.600 kg hectare<sup>-1</sup>. Já na safra 2013/2014 a produtividade média ficou entre 2.300 a 3.000 kg hectare<sup>-1</sup>, ou seja, a produtividade média no Rio Grande do Sul praticamente dobrou nos últimos 40 anos. Todavia, essa produtividade oscila em função da disponibilidade hídrica nos diferentes anos. Sentelhas et al. (2015) em estudo para a região Sul, identificou o intervalo de produtividade média entre 500 a 1.600 kg hectare<sup>-1</sup> em função de déficits hídricos.

Segundo Nepomuceno et al, (2007), os fatores climáticos importantes para a cultura da soja são: a temperatura, o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica. Estes fatores afetam diretamente o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, a sua produtividade. A perda de turgor é a primeira reação do déficit hídrico, promovendo a

diminuição da área foliar pelo fato da restrição do crescimento das folhas. Esta redução da área foliar compromete a fotossíntese que influencia em menor acúmulo de fotoassimilados e isso influenciará nos componentes do rendimento e produtividade (TAIZ e ZEIGER, 2006).

O estresse hídrico traz efeitos negativos significativos em dois períodos do ciclo de desenvolvimento da cultura: germinação-emergência e floração-enchimento de grão. No primeiro período, o excesso e a falta de água são prejudiciais para o estabelecimento da população de plantas, nesta fase o excesso hídrico é mais nocivo do que o déficit hídrico. Já no segundo período, a necessidade de água da cultura aumenta atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grão, decrescendo após esse período, ou seja, nessa fase o déficit hídrico é mais nocivo à cultura do que o excesso hídrico (EMBRAPA, 2007).

Quando a cultura de soja sofre déficit hídrico, em qualquer estágio fenológico, as folhas entram em senescência e caem. A reação das plantas ao sobreviverem em uma condição de limitação hídrica é a de estagnação da área foliar. Quando o déficit hídrico ocorre no período de floração-enchimento de grão causa redução do tamanho e do peso dos grãos, impedindo ou dificultando o amadurecimento dos grãos. Isso ocorre devido à ausência de água na atividade enzimática, a qual é agente da decomposição da clorofila, resultando em alto teor de grãos verdes (BORRMANN, 2009).

A relação do déficit hídrico com o desenvolvimento da soja é visualizada na lavoura com a presença de plantas de porte baixo, diâmetro do caule pequeno, folhas murchas e pequenas, entrenós curtos, redução da taxa de crescimento e da área foliar, atividade fotossintética reduzida e impactos na fixação de nitrogênio no solo. No período de pós-florescimento, a presença de déficit hídrico causa grandes reduções no rendimento de grãos, devido ao abortamento de flores e legumes, menor número de grãos vagem<sup>-1</sup>, menor período de enchimento de grãos, diminuição da qualidade de grãos e aumento da senescência foliar (GAVA, 2015).

O índice de área foliar (IAF) é uma variável importante para o acompanhamento do crescimento da planta, já que as folhas absorverem a radiação solar, porém as folhas próximas ao solo ficam sombreadas pelas folhas superiores da planta e entram em senescência e caem (BOARD e HARVILLE, 1992). Com a presença do déficit hídrico durante o crescimento vegetativo, ocorre diminuição do IAF, o qual está relacionado com a redução da expansão celular. Com isto, existe uma baixa

translocação de foto assimilados na planta em função da redução da fotossíntese, o que resulta em plantas com folhas pequenas, diâmetro do caule reduzido e plantas com baixa estatura (SEDIYAMA; GLASENAPP; MATSUO, 2015).

Na soja, para que se tenha o rendimento máximo, a necessidade de água durante todo o ciclo varia de 450 a 800 mm, dependendo do clima, manejo e cultivar (ZANON, 2018). A perda de produtividade de grãos em função da deficiência hídrica depende diretamente do estágio fenológico, duração e intensidade da escassez de água, sendo os períodos de floração e enchimento de grãos as mais exigentes em termos de necessidade hídrica, com exigência de 7 a 8 mm dia<sup>-1</sup> (GAVA, 2015).

A distribuição irregular das chuvas durante o ciclo da cultura da soja afeta a disponibilidade de água às plantas, com isso, a irrigação suplementar é uma alternativa para não ocorrer perdas na produtividade da lavoura devido ao déficit hídrico. Além disso, cabe salientar a importância de fazer um manejo da irrigação adequado, baseado em características do solo, da cultura e em função da demanda atmosférica. O boletim FAO 56 traz informações sobre o manejo da irrigação das culturas agrícolas (ALLEN et al., 1998).

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) diz respeito à quantidade de água consumida pela cultura sem limitações hídricas durante seu ciclo. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é o modelo referente a condição meteorológica e manifesta o poder evaporante da atmosfera (ALLEN et al., 2005). Para o estimar a ET<sub>c</sub>, utiliza-se o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) que varia conforme os estágios fenológicos e IAF (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento, os componentes do rendimento e o rendimento de grãos de diferentes cultivares de soja com e sem irrigação suplementar, no ano agrícola 2018/19, em solo de coxilha no município de Cachoeira do Sul – RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento a campo foi instalado na Estação Agronômica da Universidade Estadual Rio Grande do Sul, Campus de Cachoeira do Sul - RS, localizado no distrito da Três Vendas (29°53' S e 53° 00' W e altitude de 125 metros) (Figura 1). O clima da região é classificado por Koppen como subtropical úmido, predominante na região Sul (ALVARES et al., 2014). O solo do experimento foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013).

Figura 1 – Localização da área experimental, Cachoeira do Sul, RS, 2019.



Fonte: Google Earth

O delineamento experimental utilizado foi o de faixas no esquema fatorial (3x2), com quatro repetições. Os tratamentos constituíram de: fator “A” três cultivares de soja: Nidera 6909 IPRO (NS6909), Nidera 5909 RG (NA5909) e Nidera 4823 RR (NS4823), cujos grupos de maturidade relativa (GMR) são 6.9, 5.9 e 4.9. Fator “B” dois regimes hídricos: irrigado e não irrigado. O experimento foi composto de 24 unidades experimentais, cada unidade experimental possuiu uma área de 12,5 m<sup>2</sup> (2,5 x 5 m).

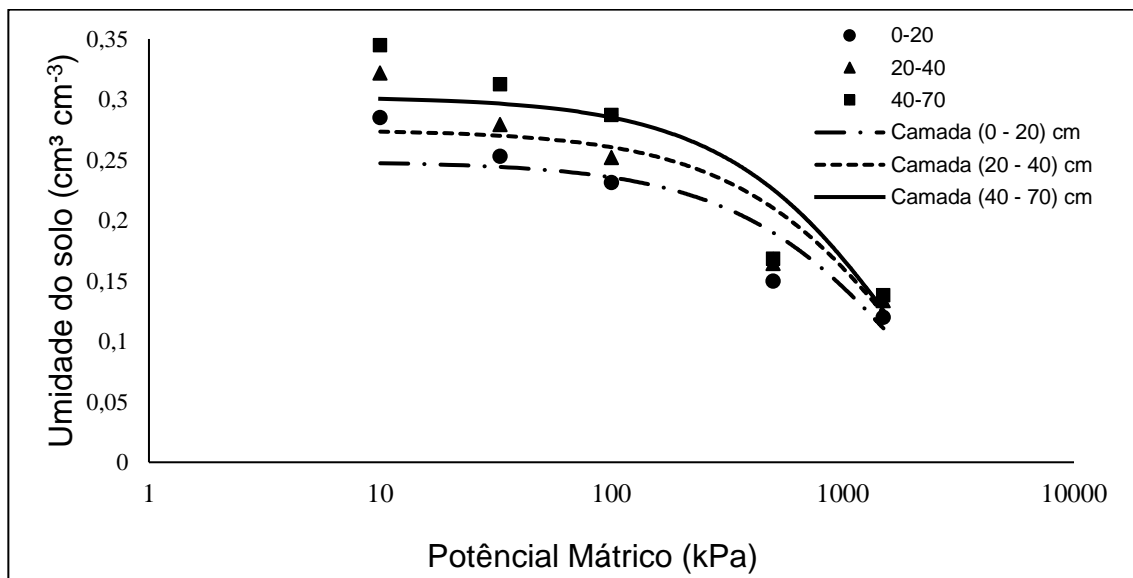
As cultivares da soja foram semeadas no dia 21 de novembro de 2018, conforme indicação do zoneamento agroclimático para o município de Cachoeira do Sul - RS. A semeadura foi realizada com um conjunto trator/semeadora (Massey Ferguson, modelo 4275 / Massey Ferguson, modelo 200 versão L) no sistema de plantio direto sob rotação de cultura com aveia branca e nabo.

A densidade de semeadura foi de 280.000 sementes hectare<sup>-1</sup>, com uma distribuição de 14 sementes por metro linear com espaçamento entrelinha de cultivo de 0,50 metros. A adubação de base constituiu da aplicação de 340 kg ha<sup>-1</sup> da

composição 02-30-15 de nitrogênio-fosforo-potássio (N-P-K) e 150 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCl) em cobertura, conforme análise química do solo previamente realizada. Demais tratos agrônômicos e fitossanitários, seguiram as recomendações agrônômicas para a cultura da soja.

Após a instalação do experimento, foram realizadas coletas de solo com estrutura deformada e indeformada para a caracterização física-hídrica do solo da área experimental. Para a referida coleta de solo foi aberta uma trincheira de 0,80 metros de profundidade, as camadas do solo para análise foram coletadas de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-70 cm. Para cada camada foram coletadas 3 amostras para repetição. As amostras com estrutura preservada foram coletadas com o auxílio de um extrator, no qual foi acoplado um cilindro de metal de 5,69 cm de diâmetro e 3 cm de altura (volume de 73,56 cm<sup>3</sup>). Após tais coletas, as amostras de solo foram enviadas para o Laboratório de análise física do solo do Sistema Irriga, no Departamento de Engenharia Rural da UFSM Campus Sede. As características físico-hídricas avaliadas foram: textura, densidade do solo, curva característica de água no solo, macro e microporosidade. Na Figura 2 apresenta a curva característica de água no perfil do solo.

Figura 2 – Curva característica de água no perfil do solo da área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019.



Fonte: Autor



O armazenamento total de água no solo (CTA) foi obtido pela diferença da umidade volumétrica do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) para cada camada multiplicada pela sua respectiva espessura.

Para o manejo de irrigação suplementar, a ETo foi estimada pelo método FAO Penman-Monteith (ALLEN et al, 1998), Equação 1. Para o cálculo da ETo utilizou-se dados da previsão do tempo de: temperatura do ar (°C) (T ar), umidade relativa média do ar (%) (UR) e velocidade do vento (ms<sup>-1</sup>) (vv), obtidos diariamente, às 21:00 h no site climatempo.com.br. A radiação solar foi estimada com dados de temperatura do ar, todos os procedimentos de cálculo estão descritos em OLIVEIRA (2015). Os valores de coeficiente de cultivo simples (Kc) necessários para o cálculo da evapotranspiração da cultura, basearam-se no proposto por (ALLEN et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET<sub>o</sub>: evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>)

R<sub>n</sub>: radiação líquida na superfície da cultura (MJ m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>)

G: densidade de fluxo de calor do solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)

T: média da temperatura do ar a 2,0 m de altura (°C)

U<sub>2</sub>: média da velocidade do vento a 2,0 m de altura (m s<sup>-1</sup>)

(e<sub>s</sub> – e<sub>a</sub>): déficit de pressão de vapor do ar, medido a 2,0 m de altura (kPa)

Δ: declividade da curva de pressão de vapor (kPa°C<sup>-1</sup>)

γ: constante psicrométrica (kPa°C<sup>-1</sup>)

As irrigações foram aplicadas quando o teor de água no solo chegou a 35% do CTA. As camadas do perfil do solo analisadas foram em função do sensor de umidade, de 0-40 cm na fase inicial e de 0-60 cm a partir da fase de desenvolvimento até o fim do ciclo. Tal fração foi denominada de capacidade de água disponível (CAD) (CAD = CTA \* f), conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de total de água armazenada e da capacidade de água disponível nas diferentes camadas do perfil do solo e o somatório total. Cachoeira do Sul, RS, 2019.

Camadas (m)	Total de água armazenada - CTA (mm)	Capacidade de água disponível - CAD (mm)
0,0 - 0,20	33,03	11,56
0,20 - 0,40	37,65	13,18
0,40 - 0,60	41,34	14,47
Soma (0 - 0,40)	70,68	24,74
Soma (0 - 0,60)	112,02	39,15

Fonte: Autor

Chuvas e irrigação foram consideradas como entradas de água do sistema e a ETc considerada como saída de água do sistema. O escoamento superficial de água e a percolação não foram contabilizadas. A água das chuvas foi coletada através de um pluviômetro instalado na área experimental. As chuvas que excederam a CAD (Tabela 1) não foram contabilizadas no balanço hídrico.

A Tabela 2 ilustra o cálculo do balanço hídrico realizado para a determinação da necessidade de irrigação. Sempre que a CAD calculada zerou foi realizada uma irrigação suplementar.

Tabela 2 – Representação do cálculo do balanço hídrico realizado para a determinação da necessidade de irrigação. Cachoeira do Sul, RS, 2019.

Dia	ETc (mm dia <sup>-1</sup> )	CAD calculada	Chuva (mm)	Irrigação (mm)
Dia 1	5	$(24,74 - 5) + (0+0) = 19,74$	0	0
Dia 2	4	$(19,74 - 4) + (9+0) = 24,74$	70	0

Fonte: Autor

As irrigações foram aplicadas por um sistema de aspersão convencional, sendo utilizados quatro aspersores espaçados de 6 em 6 metros, com uma taxa de aplicação de 12 mm hora<sup>-1</sup>, Figura 3.

Figura 3 – Sistema de irrigação aspersão convencional instalado na área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019.



Fonte: Autor.

Para a aferição da CAD, o conteúdo de água no solo foi medido utilizando sensores FDR (Reflectometria no Domínio de Tempo) modelo CR1000 CAP (Figura 4). Os sensores são constituídos por duas hastes paralelas de aço inoxidável, distantes 0,04 m, com 0,3 m de comprimento e 4,5 mm de diâmetro. Foram instalados 4 sensores no experimento: 2 sensores na área que recebeu irrigação e 2 sensores na área de sequeiro, nas camadas do solo de 0-30 e 30-60 cm. Os dados foram coletados semanalmente desde a semeadura até a colheita por meio de um *datalogger* modelo CR10X Campbell SCi. A partir dos valores observados de água no solo, calculou-se a CAD atual, subtraindo a umidade volumétrica medida da umidade volumétrica do PMP (Figura 2) para cada camada, multiplicando-se pela camada em mm para obter como resultado o armazenamento de água no solo.

Figura 4 – Sensor FDR instalado na área experimental e datalogger modelo CR10X Campbell SCi. Cachoeira do Sul, RS, 2019.



Fonte: Autor.

Apartir da emergência das plantas de soja, foi marcada uma planta por unidade experimental para avaliações fenológicas, totalizando 24 plantas. Estas avaliações foram realizadas semanalmente. Utilizou-se a escala fenológica proposta pela EMBRAPA (EMBRAPA, 2007). Os dados fenológicos foram organizados em 2 subperíodos: emergência a floração plena (EM – R1) e floração plena a maturidade fisiológica (R1- R8); analisou-se, também, a duração total do ciclo de desenvolvimento da cultura (total do ciclo). A duração dos subperíodos e do ciclo total foram calculadas em dias após a semeadura (DAS), em dias julianos.

Nos dias 6 e 21 de janeiro, realizou-se as avaliações morfológicas das plantas: área foliar e altura. Foram coletadas uma planta de cada unidade experimental e medidos o comprimento e a maior largura do folíolo central do trifólio de todas as folhas da planta, de forma manual com o auxílio de uma régua.

Conforme sugere Richter et al. (2014), a área foliar foi estimada pela equação 2.

$$AF = 2,0185 \times C \times L \quad (2)$$

Em que:

C: comprimento do folíolo central de cada trifólio (cm);

L: largura do folíolo central de cada trifólio (cm).

Após, foram calculados os índices de área foliar (IAF), conforme equação 3.

$$IAF = \frac{AF}{AP} \quad (3)$$

Em que:

AF: a área foliar (cm<sup>2</sup>);

AP: é a área ocupada pela planta (cm<sup>2</sup>).

A área ocupada pela planta foi calculada em função da densidade de semeadura.

Quando as plantas estavam no estágio fenológico de maturidade fisiológica realizou-se a colheita manual da área central de cada unidade experimental, correspondente a 3,75 m<sup>2</sup>. Foram coletadas 8 plantas para a análise dos componentes do rendimento: número de vagens planta<sup>-1</sup>; número de grãos vagem<sup>-1</sup>; peso de mil grãos (g).

Para a análise do rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) utilizou-se todas as plantas colhidas. O peso de mil grãos e o peso total dos grãos unidade experimental<sup>-1</sup> foram corrigidos para a umidade de 13% e o peso total dos grãos unidade experimental<sup>-1</sup> foi extrapolado para kg ha<sup>-1</sup>.

As variáveis respostas: IAF, altura de plantas, número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup>, peso de mil grãos (g) e rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) foram submetidas a análise do teste F e teste de Tukey, utilizando o software Sisvar, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados de densidade, porosidade e granulometria do solo da área experimental.

Tabela 3 – Resultado da densidade e porosidade do solo da área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019.

Camada (cm)	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )		Porosidade (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		
	Solo	Partícula	Macro	Micro	Total
0 – 20	1,51	2,56	0,13	0,29	0,42
20 – 40	1,46	2,53	0,12	0,32	0,44
40 – 70	1,33	2,61	0,14	0,35	0,49

Fonte: Autor

Na literatura para a caracterização da compactação do solo, a densidade é 1,65. Já no resultado da análise do solo, na camada de 0 – 20 cm encontrou-se o valor de 1,51. Este é um indicativo de compactação na camada superficial devido ao tráfego de máquinas agrícolas.

Na porosidade do solo, a macroporosidade tem importância na aeração e conseqüentemente na infiltração de água do solo, para uma boa aeração valores acima de 0,10 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, e valores menores representam deficiência de aeração. Podemos observar na camada de solo na profundidade de 0 – 70 cm os valores encontrados foram maiores que o indicado pela literatura. Isto apresenta que o solo da área experimental tem uma boa aeração e infiltração de água (ROS et al., 1997).

Tabela 4 – Resultados da análise granulométrica do solo da área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019.

Camada (cm)	Granulometria (%)		
	Areia	Silte	Argila
0- 20	51,57	36,01	12,41
20 – 40	44,26	42,77	12,96
40 – 70	38,70	43,55	17,74

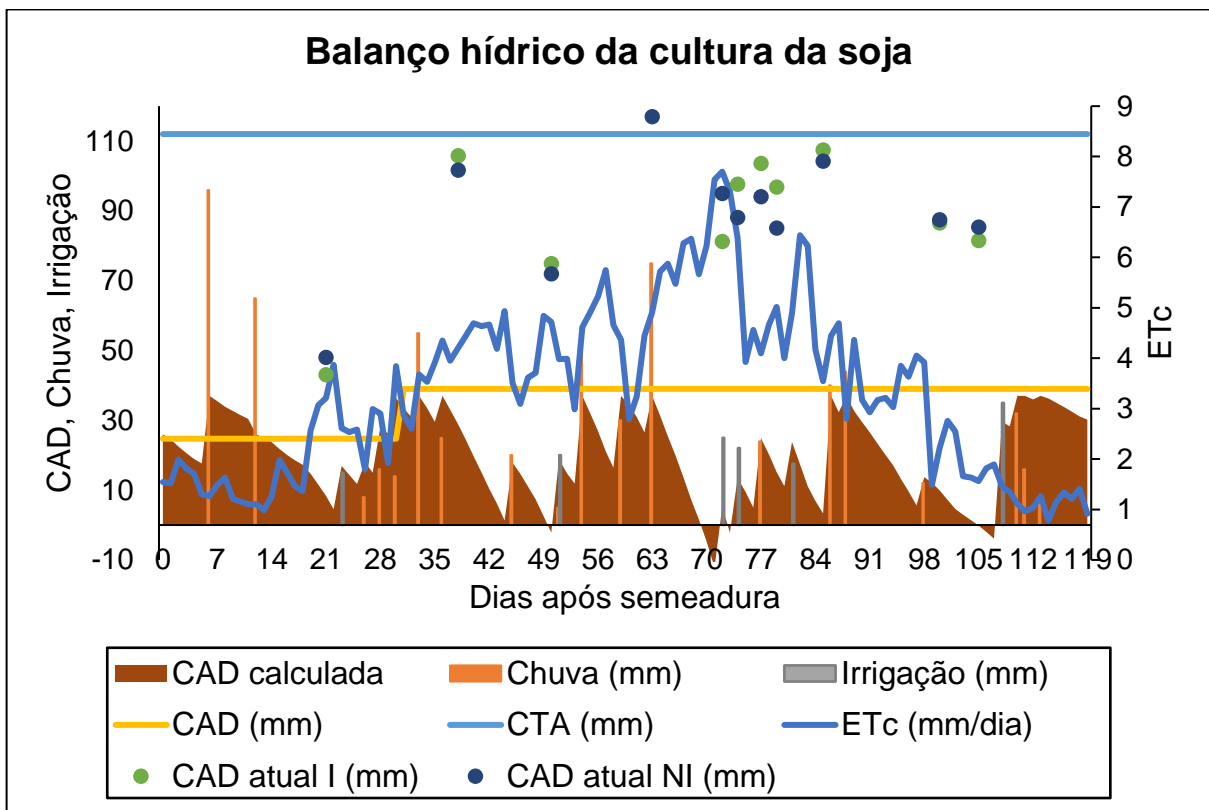
Fonte: Autor

Com os resultados da análise granulométrica do solo conforme a Tabela 4, podemos analisar pelo triângulo textural que a característica do solo da área experimental é textura franco.

Para o teor de argila tem-se o incremento conforme aumenta-se a profundidade do perfil do solo, sendo uma característica do Argissolo vermelho distrófico típico.

A Figura 5 apresenta o resultado do balanço hídrico da cultura da soja em Cachoeira do Sul.

Figura 5 – Balanço hídrico da soja da área experimental. Cachoeira do Sul, RS, 2019.



Fonte: Autor

Os resultados demonstram que a disponibilidade hídrica no solo (CAD atual) foi elevada ao longo do ciclo da cultura em ambos os regimes hídricos, em função da distribuição regular e volume de chuvas que somaram 669 mm, enquanto a ETc acumulada foi de 402,43 mm. Observa-se que mesmo na fase reprodutiva da cultura em que a ETc foi elevada em média de  $6,26 \text{ mm dia}^{-1}$ , as chuvas conseguiram manter o armazenamento de água no solo (CAD atual) em níveis superiores a CAD, em ambos os regimes hídricos. Baseado no manejo de irrigação proposto, a necessidade

de irrigação suplementar foi de 134 mm para todo o ciclo de desenvolvimento da cultura.

O solo estudado possui uma CTA de 112 mm na camada de 0-60 cm de profundidade do perfil do solo (Tabela 1), valor muito próximo ao observado por Prevedello (2012), que observou CTA de 118 a 137 mm, na camada de 0-50 cm de profundidade do perfil do solo em Argissolo Vermelho de mesma unidade de mapeamento do solo da área experimental, sob diferentes usos. A capacidade de armazenamento de água no solo é determinada pelo tipo de solo (propriedades físicas) e pelo manejo empregado. Araujo et al. (2009) obteve CTA maior que as descritas em Latossolo Vermelho Distrófico típico, bem como observou diferenças na CTA entre os sistemas de manejo do solo (variações de 145,2 a 176,9 mm na camada de 0-40 cm de profundidade do perfil).

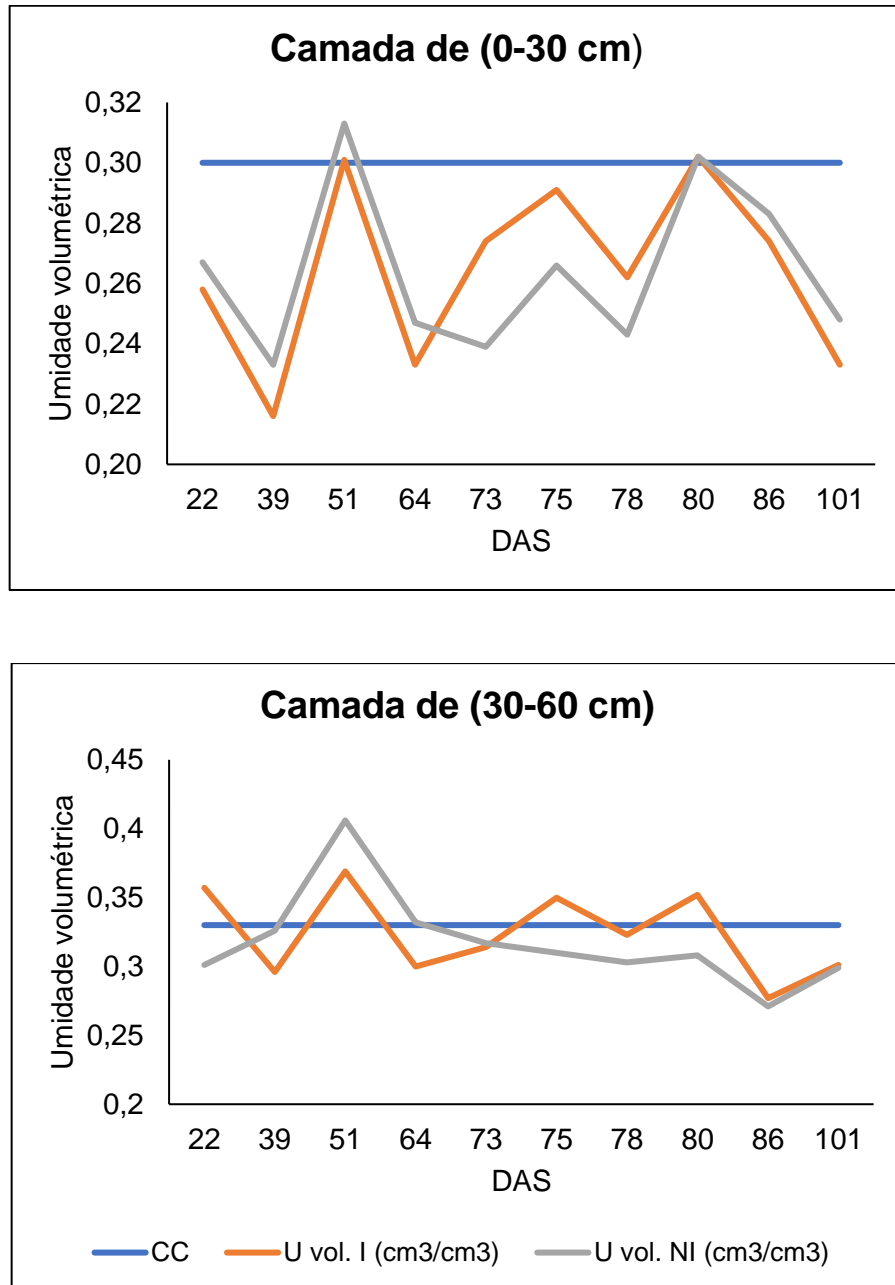
Conhecer a disponibilidade de água no solo e optar por práticas de manejo para aumentar essa disponibilidade hídrica é importante para a redução dos efeitos de déficit hídricos na produtividade das culturas de verão no Estado do RS.

De acordo com Vivan et al. (2013), o déficit hídrico é o principal agente limitador produtivo da soja no RS, além da variabilidade das chuvas (distribuição em volume) no verão do RS, deve-se considerar que a maior parte da área cultivada com soja é sob plantio direto e que, apesar dos benefícios, tem-se observado a ocorrência de compactação da camada superficial do solo (BERTOL et al., 2004; SALES et al., 2016). Essa compactação na camada superficial do solo, pode ser atribuída ao tráfego de máquinas na área sem o posterior revolvimento, e aumento do grau de empacotamento das partículas, reduzindo o volume de vazios e elevando a densidade aparente (GOZUBUYUK et al., 2014; PORTUGAL et al., 2012). Conseqüentemente, aumenta a resistência do solo à penetração e a redução da macroporosidade (GOZUBUYUK et al., 2014), influenciando na dinâmica de água no solo e na distribuição do sistema radicular. Isso faz com que a maioria das áreas cultivadas com soja no Estado do RS apresentem perdas de produtividade em função do déficit hídrico.

A Figura 6 demonstra que a umidade volumétrica do solo no regime hídrico não irrigado teve uma redução significativa em comparação ao regime hídrico irrigado, no período compreendido entre os 64 e 78 DAS. Nesse período, as plantas das diferentes cultivares estavam em estádios fenológicos de R3 e a R5, portanto a demanda evapotranspirométrica é elevada.



Figura 6 – Umidade volumétrica do solo na capacidade de campo e medida em área irrigada e não irrigada nas camadas de 0-30 e 30-60 cm de profundidade do perfil do solo. Cachoeira do Sul, RS, 2019.



Fonte: Autor

Na Tabela 5 pode-se observar os indicadores estatísticos que demonstram os impactos dos tratamentos para as diferentes variáveis respostas analisadas.

Observa-se na Tabela 6, que a irrigação proporcionou incrementos significativos no IAF, no PMG e no rendimento de grãos. Já para as variáveis resposta

de: altura de plantas, nº de vagem planta<sup>-1</sup>, nº de dias no período vegetativo, nº de dias no período reprodutivo e nº de dias do ciclo não houve diferenças estatísticas significativas entre os regimes hídricos. Não houveram interação entre os tratamentos para as variáveis analisadas.

Tabela 5 – Indicadores estatísticos para as variáveis respostas obtidas ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja. Cachoeira do Sul, RS, 2019.

Variável Resposta	CV (%)	DMS	Pr>Fc		
			C	RH	CxRH
nº de dias no período vegetativo	2,05	1,34	0,00	0,13	0,71
nº de dias no período reprodutivo	1,55	1,34	0,00	0,13	0,83
nº de dias do ciclo	1,55	1,34	0,00	0,13	0,74
IAF máximo	27,73	2,27	0,95	0,04	0,16
Altura de plantas máxima	17,15	14,27	0,05	0,76	0,82
nº de vagem planta <sup>-1</sup>	10,55	7,14	0,00	0,14	0,65
nº de grãos vagem <sup>-1</sup>	2,98	0,089	0,00	0,01	0,09
PMG (g)	4,03	9,04	0,00	0,01	0,21
Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	6,48	364,48	0,00	0,00	0,83

Resultados obtidos pelo Teste F em nível de 5% de probabilidade de erro. Onde: C: cultivar; RH: Regime Hídrico; CxRH: Cultivar x Regime Hídrico.

Fonte: Autor

Tabela 6 – Variáveis resposta em função dos regimes hídricos avaliados. Cachoeira do Sul, RS, 2019.

Variável Resposta	Tratamento (Regime Hídrico)			
	Irrigado		Não irrigado	
nº de dias no período vegetativo	50,0	a	50,7	a
nº de dias no período reprodutivo	67,0	a	66,3	a
nº de dias do ciclo	117,0	a	117,0	a
IAF máximo	7,0	a	5,7	b
Altura de plantas máxima	63,4	a	64,7	a
nº de vagem planta <sup>-1</sup>	53,8	a	50,4	a
nº de grãos vagem <sup>-1</sup>	2,4	a	2,3	b
PMG (g)	177,5	a	168,3	b
Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	4492,6	a	4158,2	b

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autor

Os incrementos médios nas variáveis repostas em função da irrigação foram de:1,3 para IAF, 9,2g para PMG e de 334,4 kg ha<sup>-1</sup> para rendimento de grãos. O IAF obtido no regime hídrico irrigado é um indicador de alto rendimento da cultura, pois de acordo com Zanon et al. (2018), para atingir altas produtividades é necessário um IAF maior que 6,3. O PMG é uma resposta muito sensível de ocorrência do déficit hídrico no estágio de enchimento de grão (SALINAS et al., 1996) e a irrigação suplementar ajuda no aumento do peso (THOMAS e COSTAS, 1994).

Valores mais elevados de PMG e maior nº de grãos vagem<sup>-1</sup> resultam em rendimento de grãos maiores de 5,5 sacas a mais ha<sup>-1</sup>, utilizando a irrigação suplementar (Tabela 6). Ainda, cabe salientar que o rendimento de grãos obtido independente do regime hídrico adotado foi superior a 4.000 kg ha<sup>-1</sup>, superando a expectativa de rendimento médio da soja no RS de 3.196 kg ha<sup>-1</sup> (EMATER-RS, 2019).

Diferenças estatísticas significativas foram observadas entre as cultivares avaliadas para todas as variáveis respostas analisadas, com exceção ao IAF (Tabela 7).

Tabela 7 – Variáveis resposta em função das cultivares avaliadas. Cachoeira do Sul, RS, 2019.

Variável Resposta	Tratamentos (Cultivares)					
	NS 6909	NA 5909	NS 4823			
nº de dias no período vegetativo	52,5	a	54,5	b	44,0	c
nº de dias no período reprodutivo	66,5	a	64,5	b	69,0	c
nº de dias do ciclo	119,0	a	119,0	a	113,0	b
IAF máximo	6,2	a	6,3	a	6,4	a
Altura de plantas máximo	56,9	a	71,4	b	63,8	ab
nº de vagem planta <sup>-1</sup>	42,7	a	59,9	b	53,7	b
nº de grãos vagem <sup>-1</sup>	2,5	a	2,2	c	2,3	b
PMG (g)	185,0	a	160,2	c	173,5	b
Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	3658,2	c	4465,4	b	4852,7	a

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autor

As diferenças no nº de dias no período vegetativo, nº de dias no período reprodutivo e nº de dias do ciclo (Tabela 7), são atribuídas ao GMR que são diferentes entre as cultivares. Cultivares mais precoces (NS 4823 e NA 5909) possuem período juvenil mais curto, fazendo com que entrem em período reprodutivo mais rápido que cultivares de ciclo mais longo (NS 6909), desde que o fotoperíodo esteja acima do crítico, sendo a soja uma planta de dia curto (SINCLAIR, HAMMER e VAN OOSTEROM 2005). Isso aconteceu para a cultivar NS 4823 (44 dias), mas não se confirmou para a cultivar NA 5909 que apresentou período vegetativo muito similar a cultivar NS 6909 (53,5 dias) (Tabela 6). Zanon et al. (2015), Mercáu et al. (2007) e Trentin et al. (2013), verificaram que para uma mesma região, quanto menor o GMR, menor a duração do ciclo. Questões de adaptação de cultivares ao ambiente devem estar em constante atualização para identificar essas divergências e melhorar as recomendações de posicionamento de cultivares.

Em relação a duração total do ciclo de 119 DAS (NA 5909 e NS 6909) corroboram com os resultados obtidos por (TRENTIN et al, 2013), que obteve para a data de semeadura em 21 de novembro na região Central do RS, para GMR entre 5,9 e 6,8, probabilidade de 75% dos materiais cumprir o ciclo com 119 DAS.

A menor duração do subperíodo vegetativo da cultivares NS 4823 em comparação as outras duas cultivares não implicou em redução de IAF, que para todas as cultivares foi indicativo para altos rendimentos (IAF médio de 6,3) (Tabela 6), conforme ZANON et al., (2018). O IAF pode ser utilizado para representar a eficiência fotossintética, para análise do crescimento e, também, como fator condicionante da produtividade, pois através do IAF é definida a capacidade do dossel em interceptar a radiação solar, converter em matéria seca através da fotossíntese e determinar o potencial produtivo da cultura (SETIYONO et al., 2008; ZANON et al., 2015; TAGLIAPIETRA et al., 2018).

As cultivares NA 5909 e NS 4823 apresentaram altura de plantas (média 62,5 cm ) maior que a cultivar NS 6909, em que a altura média das plantas foi de 56,9 cm (Tabela 6 e 7). As variações na altura das plantas podem ser influenciadas por época 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).

Em relação aos componentes do rendimento, a cultivar NA 5909 se sobressaiu por apresentar maior nº de vagem planta<sup>-1</sup>(59,9) e a cultivar NS 6909 por apresentar maior nº de grãos vagem<sup>-1</sup> (2,5) e PMG (185 g). A cultivar NS 4823 apresentou todos os componentes do rendimento intermediários aos observados nas demais: 53,7 vagem planta<sup>-1</sup>, 2,3 grãos vagem<sup>-1</sup> e PMG de 173,5 g.

Com isso, verifica-se em termos de rendimento de grãos, que o maior nº de grãos vagem<sup>-1</sup> e o maior PMG da cultivar NS 6909 não compensou o maior nº de vagem planta<sup>-1</sup> da cultivar NA 5909, conseqüentemente as maiores produtividades (média de 4658, 5 kg ha<sup>-1</sup>) foram para as cultivares NA 5909 (maior nº de vagem planta<sup>-1</sup>) e NS 4823 (todos os componentes do rendimento intermediários as outras duas), enquanto que a cultivar NS 6909 atingiu um rendimento de grãos inferior as demais, de 3658,2 5 kg ha<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

Observou-se para o ano agrícola 2018/19, para semeadura em meados de novembro, em Cachoeira do Sul, distribuição regular de chuvas ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura da soja e volumes significativos que somaram 655 que superaram a evapotranspiração da cultura acumulada no ciclo de 413,19 mm.

A irrigação suplementar de 134,5 mm utilizada ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja, incrementou em aproximadamente 18% o índice de área foliar das plantas, em 5,2% o peso de mil grãos e, conseqüentemente, em 7,5% o rendimento de grãos que foi de 4492,6 kg ha<sup>-1</sup> para o regime hídrico irrigado e de 4158,2 kg ha<sup>-1</sup> para o regime hídrico não irrigado.

A cultivar NS 4823 apresentou uma duração dos subperíodos (vegetativo e reprodutivo) e do ciclo compatível com o esperado para o seu grupo de maturidade relativa, enquanto as cultivares NA 5909 e NS 6909 apresentaram variações inesperadas e que devem ser estudadas em anos futuros.

As cultivares NA 5909 e NS 4823 apresentaram rendimentos de grãos médios de 4659,05 kg ha<sup>-1</sup> e a cultivar NS 6909 rendimento de 3658,2 kg ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Richard G. et al. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.** 1998.

Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/235704197\\_Crop\\_evapotranspiration-Guidelines\\_for\\_computing\\_crop\\_water\\_requirements\\_FAO\\_Irrigation\\_and\\_drainage\\_paper\\_56](https://www.researchgate.net/publication/235704197_Crop_evapotranspiration-Guidelines_for_computing_crop_water_requirements_FAO_Irrigation_and_drainage_paper_56)>. Acesso em: 15 mar. 2019.

ALLEN, Richard G. et al. Evaporation Modeling: Potential. **Encyclopedia of Hydrological Sciences.** 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/267566410\\_46\\_Evaporation\\_Modeling\\_Potential](https://www.researchgate.net/publication/267566410_46_Evaporation_Modeling_Potential)>. Acesso em: 15 mar. 2019.

ALVARES, Clayton Alcarde. et al. **Koppen's Climate Classification Map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, v.22, N° 6, 711-728P, January 2014. Disponível em: <[https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/%20Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/%20Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil)>. Acesso em: 2 mai. 2019.

ARAUJO, Marla Alessandra. et al. Sistemas de manejo e relações hídricas do solo na produtividade da cultura da soja, em Ponta Grossa – Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.5, p.403-412, Sept./Oct. 2009. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/15199>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

BERTOL, Ildegardis. et al. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. 2004, vol.28, n.3, pp.485-494. ISSN 1806-9657. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0100-06832004000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-06832004000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 20 mai. 2019.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. **Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean.** Crop Science, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.

BORRMANN, Daniela. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas a soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores.** Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)–Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-25092009-150741/en.php>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: oitavo levantamento, maio/2018 – Brasília: Conab, 2018.** Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 30 jan. 2019.

CONCENÇO, Germani; AGUILA, Lilia Sichmann Heiffig Del, VERNETTI JR, Francisco de Jesus. Produtividade da soja no Rio Grande do Sul: Genética ou Manejo? **Revista Cultivar – Grandes Culturas**, nº 221, Ano XVIII, outubro de 2017. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165272/1/Germani-Concenco-ArtigoSojaEmbrapa-CULTIVAR.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 33). Tradução de H. R. Gheyi; A. A. de Sousa; F. A. V. Damasceno; J. F. de Medeiros.

EMATER/RS - EMPRESA DE ASSISTENCIA TECNICA E EXTENSAO RURAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Emater divulga dados oficiais da colheita de soja no Rio Grande do Sul, 2018.** Disponível em: < <https://estado.rs.gov.br/emater-divulga-dados-oficiais-da-colheita-de-soja-no-rio-grande-do-sul>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

EMATER-RS - EMPRESA DE ASSISTENCIA TECNICA E EXTENSAO RURAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Estimativa da área de plantio, produção e produtividade. Gerência de planejamento, núcleo de informações e análises.** Porto Alegre, 26 de abril de 2019. Disponível em: < [http://www.emater.tche.br/site/arquivos\\_pdf/safra/safraTabela\\_14092018.pdf](http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/safra/safraTabela_14092018.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Ecofisiologia da soja.** Circular técnica. Paraná, 2007. ISSN 1516-7860. 9p. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/470308/ecofisiologia-da-soja> >. Acesso em: 25 abr. 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

GAVA, Ricardo. et al. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada.** v.9, nº.6, p. 349 - 359, 2015. ISSN 1982-7679 (On-line). Disponível em: <[http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/viewFile/368/pdf\\_248](http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/viewFile/368/pdf_248)>. Acesso em: 22 mai. 2019.

GOZUBUYUK, Zinnur.; et al. **Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semiarid region with a cool climate.** Catena, v. 118, p. 195-205, 2014.

MERCAU, Jorge Luis. et al. **Predicting on-farm soybean yields in the pampas using CROPGRO-soybean.** Field Crops Research, v. 100, n. 2, p. 200-209, 2007.

NEPOMUCENO, M. et al. **Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional.** Planta daninha [online]. 2007, vol.25, n.1, pp.43-50. ISSN 0100-8358.

OLIVEIRA, Zanandra Boff de. **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. Disponível em: < <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3631>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

PETTER, F.A. et al. **Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico.** Semina: Agrárias, v.34, p.3307-3320, 2013.



PORTUGAL, J. R. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense* via foliar associada à doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29., 2012, Águas de Lindóia-SP. **Anais...** Campinas: IAC-ABMS, 2012. v.1., p.1413-1419.

PREVEDELLO, Juliana. **Dinâmica do Armazenamento e da Disponibilidade de Água em Argissolo sob Eucalipto**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Santa Maria. 2012. 120 f. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/ppgef/images/Teses/Juliana-Prevedello.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2019.

RICHTER, G.L. et al. **Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo**. *Bragantina*, Campinas, v. 73, n. 4, 2014. p.416-425.

ROCHA, Renato Santos. et al. Desempenho agrônômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 154-162, jan-mar, 2012.

ROS, C. O. da. et al. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.241-247, 1997

SALES, V.H.G. et al. Teor de óleo e proteína em grãos de soja em diferentes posições da planta. **Revista Agro@ambiente** 10(1), 22 – 29, 2016.

SALINAS, A. R. et al. **Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 31, n. 5, p. 331-338, 1996. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7577/Dissertacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 mai. 2019.

SEDIYAMA, T.; GLASENAPP, J. S.; MATSUO, E. **Estresse abiótico**. In: SEDIYAMA, T. *Melhoramento Genético da Soja*. Londrina: Mecenias, 2015, p. 103-126.

SENTELHAS, P. C. et al. 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.

SETIYONO, T. D. et al. **Leaf area index simulation in soybean grown under near-optimal conditions**. *Field Crops Research*, v.108, p. 82-92, 2008.

SINCLAIR, Thomas R.; HAMMER, Graeme L.; VAN OOSTEROM, Erik J.. **Potential yield and water-use efficiency benefits in sorghum from limited maximum transpiration rate**. *Functional Plant Biology*, 2005, 32, 945–952. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/43450053\\_Potential\\_yield\\_and\\_water-use\\_efficiency\\_benefits\\_in\\_sorghum\\_from\\_limited\\_maximum\\_transpiration\\_rate](https://www.researchgate.net/publication/43450053_Potential_yield_and_water-use_efficiency_benefits_in_sorghum_from_limited_maximum_transpiration_rate)>. Acesso em: 28 mai. 2019.

TAGLIAPIETRA, Eduardo Lago. et al. Optimum leaf área index to reach soybean yield potential in subtropical environment. **Agronomy Journal**, v.110, p. 932-938, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology** (4th ed.). Sunderland: Sinauer Associates. 764 p. 2006.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. **Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja**. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 29, n. 9, p. 1.389-1.396, 1994.

TRENTIN, Roberto. et al. **Subperíodos fenológicos e ciclo da soja conforme grupos de maturidade e datas de semeadura**. Universidade Federal de Santa Maria. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.48, n.7, p.703-713, jul. 2013 DOI: 10.1590/S0100-204X2013000700002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n7/02.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

VIVAN, Gisele Aparecida; et al. **Rendimento relativo da cultura da soja em função da lâmina de irrigação**. Irriga, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 282-292, abril-junho, 2013. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Adroaldo\\_Robaina/publication/287595423\\_RENDIMENTO\\_RELATIVO\\_DA\\_CULTURA\\_DA\\_SOJA\\_EM\\_FUNCAO\\_DA\\_LAMINA\\_DE\\_IRRIGACAO/links/575e9c2008ae414b8e54335b.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Adroaldo_Robaina/publication/287595423_RENDIMENTO_RELATIVO_DA_CULTURA_DA_SOJA_EM_FUNCAO_DA_LAMINA_DE_IRRIGACAO/links/575e9c2008ae414b8e54335b.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2019.

ZANDONÁ, Renan Ricardo. et al. **Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja**. Pesquisa Agropecuária Tropical, 45: 2015. 128-137.

ZANON, Alencar Junior; et al. **Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas**. Bragantina (São Paulo, SP. Eletrônico) p. 00-00, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/2015nahead/0006-8705-brag-1678-44990043.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

ZANON, Alencar Júnior; et al. **Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades**. Santa Maria, RS: Palloti, 2018. 136 p.