

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE IBIRUBÁ-RS DAS SAFRAS DE SOJA 2020/21 E 2021/22

FÁBIO DANIEL ROHR TIEMANN¹; JARDEL HENRIQUE KIRCHNER²; MARIA CLARA PIERI DE QUADROS SANDRI³ E MARCOS PAULO LUDWIG⁴

¹ Acadêmico de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rua Nelsi Ribas Fritsch, nº 1111, Bairro Esperança, CEP 98200-000, Ibirubá, RS, Brasil. E-mail: tiemannfabio@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, Rua. Nelsi Ribas Fritsch, 111 -Esperança, Ibirubá,RS, 98200-000,jardel.kirchner@ibiruba.ifrs.edu.br

³ Acadêmica de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rua Nelsi Ribas Fritsch, nº 1111, Bairro Esperança, CEP 98200-000, Ibirubá, RS, Brasil. E-mail: clarasandri@gmail.com.

⁴ Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, Rua. Nelsi Ribas Fritsch, 111 -Esperança, Ibirubá,RS, 98200-000,marcos.ludwig@ibiruba.ifrs.edu.br

1 RESUMO

Nas últimas safras de soja em algumas regiões do Brasil, vem se tornando frequente a ocorrência de severas estiagens, onde a distribuição irregular e escassa das precipitações compromete a produção da soja e causa prejuízo aos produtores rurais. O estudo das características climáticas do local de cultivo faz-se necessário na tentativa de mitigar o impacto da estiagem e propor soluções para as atividades agropecuárias. A presente pesquisa teve como objetivo identificar e quantificar excedentes e déficits hídricos nas safras 2020/21 e 2021/22 no município de Ibirubá-RS. Usando dados da estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia, o sistema de Thornthwaite e Mather (1955) e o método de Penman-Monteith, determinou-se a capacidade de água disponível no solo, a precipitação acumulada mensalmente, a evapotranspiração de referência diária e realizou-se o balanço hídrico climatológico (BHC). A safra de 2020/21 apresentou déficit hídrico em cinco dos sete meses estudados, chegando a 262 mm. Na safra seguinte houve quatro meses de deficiência hídrica com total acumulado de 330 mm e dois meses de excedentes com 149 mm. O conhecimento do BHC de duas safras distintas pode servir de referência para produtores e técnicos da região na programação da instalação, manejo e colheita das próximas safras.

Palavras-chave: balanço hídrico do solo, excedente pluviométrico, déficit pluviométrico, método de Penman-Monteith.

TIEMANN, F. D. R.; KIRCHNER, J. H.; SANDRI, M. C. P.; LUDWIG, M. P.
CLIMATIC WATER BALANCE OF THE MUNICIPALITY OF IBIRUBÁ-RS FROM
2020/21 AND 2021/22 SOYBEAN CROPS

2 ABSTRACT

In the last few soybean crops in some regions of Brazil, severe droughts have become more common, and the scarce and irregular distribution of precipitation compromises soy production and results in financial losses for farmers. Studying the climatic characteristics of the cultivation

site is necessary to mitigate the impact of drought and help propose solutions for agricultural activities. The aim of this research was to identify and quantify water surpluses and deficits in the 2020/21 and 2021/22 harvests in the municipality of Ibirubá -RS. Using data from a climatological station of the National Meteorological Institute (INMET), the Thornthwaite and Mather (1955) system and the Penman–Monteith method, it was possible to determine the available water capacity of the soil, the monthly accumulated rainfall, the daily reference evapotranspiration and the climatic water balance (CWB). The 2020/21 crop presented a water deficit in five of the seven months studied, reaching 262 mm. In the following harvest, there were four months of water deficit, with a cumulative total of 330 mm, and two months of water surplus, with 149 mm. The knowledge of the CWB from two different crops can be used as a reference for regional farmers and technicians when planning the installation, management and harvesting of future crops.

Keywords: soil water balance, rainfall excess, rainfall déficit, Penman-Monteith method.

3 INTRODUÇÃO

A agricultura possui como característica a atividade econômica mais dependente das condições agrometeorológicas e edafoclimáticas, sendo que estas envolvem o manejo adequado de solo, água, clima e a gestão dos recursos hídricos (Romani *et al.*, 2016).

De acordo com Zambiazzi *et al.* (2017), a soja é uma das leguminosas mais produzidas no Brasil e no mundo, sendo considerada uma das culturas agrícolas que mais cresceu nas últimas três décadas, com uma área de cultivo relevante correspondendo a mais de 50% de toda área cultivada com grãos no Brasil (Soja, 2022). Apresenta potencial econômico para a comercialização no mercado nacional e internacional, sendo a commodity que mais se destaca em território brasileiro e uma das principais culturas do agronegócio (Vinhali-Freitas, 2011).

Segundo Fietz e Urchei (2002) a produção de soja é altamente afetada de forma negativa quando se tem a ocorrência de secas ou estiagens no decorrer do seu ciclo. Nas últimas safras de soja no estado do Rio Grande do Sul a escassez ou má distribuição de chuvas vem se tornando frequente durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, sendo esse um

fator limitante à obtenção de altas produtividades.

A seca é conceituada como uma deficiência de precipitação durante um período prolongado que resulta em escassez de água para algumas atividades, grupo ou setor ambiental (Oliveira *et al.*, 2020). Já a queda acentuada das reservas hídricas de superfície e de subsuperfície de uma dada região é descrita como estiagem, que também causa consequências negativas sobre a atividade agropecuária (Souza Junior; Sausen; Lacruz, 2010).

Essas crescentes estiagens no Brasil que são influenciadas pelo fenômeno La Niña, vão intensificando o uso da irrigação nas culturas, tanto perenes quanto anuais. A irrigação envolve técnicas, formas ou meios para realizar a aplicação de água às plantas, de forma artificial, satisfazendo a necessidade hídrica do cultivo. Está associada a um elevado nível tecnológico, no entanto é praticada por muitos de forma inapropriada, com desperdício de água e energia (Marouelli *et al.*, 2011; Testezlaf, 2017).

Com o objetivo de alcançar o sucesso no planejamento agrícola e obtenção de alta produtividade é de suma importância o monitoramento climático para determinar a melhor época e áreas mais promissoras para semeadura. Neste sentido, o estudo e o

monitoramento dos períodos de maior ou menor ocorrência de precipitação, das temperaturas ótimas para as culturas, da disponibilidade de radiação e do balanço hídrico são fundamentais para haver retorno produtivo (Villa *et al.*, 2022).

Se tratando de agricultura, é de enorme importância a disponibilização de dados agrometeorológicos para se ter o conhecimento da distribuição no tempo e espaço dos recursos hídricos, tornando a atividade cada vez mais viável (Matos *et al.*, 2018). Ademais, o balanço hídrico climatológico possibilita classificar o clima de uma região, auxiliando no zoneamento agroclimático e ambiental, conhecendo os períodos de maior disponibilidade e necessidade hídrica no solo, favorecendo o planejamento de recursos hídricos (Santos; Hernandez; Rossetti, 2010; Souza *et al.*, 2013).

Apesar da realização de estudos da temática ser uma prática pouco comum, o conhecimento das características climáticas do município de Ibirubá se faz necessário, principalmente no que diz respeito à geração de informações sobre a dinâmica da água no solo, sobretudo no período de cultivo da soja no município.

Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo obter, organizar e analisar os dados climáticos e gerar o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) para o município de Ibirubá – RS durante as safras de soja 2020/21 e 2021/22.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado no município de Ibirubá, localizado na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Os dados foram coletados da Estação Meteorológica Automática de Ibirubá (Latitude 28°39'12,4" S, Longitude 53°06'42,6" W, altitude 455 metros)

pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no setor agrícola do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá.

A estação meteorológica entrou em funcionamento no dia 13 de dezembro de 2012. Ela mede e registra a cada horário o valor das seguintes variáveis meteorológicas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, ponto de orvalho, pressão atmosférica, velocidade do vento, radiação e chuva. Os dados registrados na estação são encontrados no site do INMET.

De acordo com o levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), o município de Ibirubá possui uma área de 607,185 km² com uma distância da capital Porto Alegre de 292 km. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo predominante do município é classificado como Latossolo Vermelho (Museu de Solos do Rio Grande do Sul, 2022).

O clima do município de Ibirubá segundo a classificação climática de Koppen é do tipo Cfa (temperado, úmido e com verões quentes). As temperaturas médias máximas do município variam em torno de 25 °C e as temperaturas médias mínimas chegam em até 13,1 °C. A precipitação média anual do município é de 1810,1 mm, ocorrendo os maiores acumulados no mês de outubro e os menores acumulados no mês de maio (Instituto Rio Grandense do Arroz, 2022).

4.2 Realização do balanço hídrico

A partir da série de dados climáticos de outubro de 2020 a abril de 2021 e outubro de 2021 a abril de 2022 foi realizado o balanço hídrico climatológico. O mês de outubro é caracterizado pelo início da semeadura da cultura no município. De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático identifica as áreas aptas e os

períodos de semeadura com menor risco climático para o cultivo da soja (Brasil, 2022). É realizado um modelo de balanço hídrico da cultura, levando em consideração a precipitação pluviométrica (série histórica de no mínimo 15 anos), a evapotranspiração potencial, fase fenológica da cultura (ciclos variando de 100 a 180 dias), coeficiente da cultura e disponibilidade máxima de água no solo.

São considerados solos do tipo 1,2 e 3 com capacidade de armazenamento de água de 35, 55 e 75 mm, respectivamente. São considerados três faixas de risco, 20%, 30% e 40%, e para indicação por macrorregião sojícola, as cultivares são agrupadas de acordo com seu grupo de maturação relativa (GMR), onde para macrorregião 1 do Rio Grande do Sul deve ser seguido a especificação de cultivares Grupo I ($GMR < 6.2$), Grupo II ($6.2 \leq GMR \leq 7.2$) e Grupo III ($GMR > 7.2$).

A tabela de período de semeadura indica a época de semeadura por decênios (períodos de 10 dias). O dia 1º a 10 de janeiro representa o primeiro decênio e o trigésimo sexto (último decênio) ocorre do dia 21 a 31 de dezembro. No município de Ibirubá durante a semeadura ocorre a predominância de utilização de cultivares com GMR menor que 6.2, levando em consideração solo do tipo III o período de semeadura com a faixa de risco de 20% ocorre do dia 11 de outubro a 10 de janeiro, e na faixa de risco de 30% do dia 11 de janeiro a 31 de janeiro, segundo o ZARC para safra 2021/22.

O ciclo da cultura é dependente do grupo de maturidade de cada cultivar, que varia normalmente de 120 a 160 dias. No mês de abril normalmente ocorre a colheita da soja no município, por este motivo se deu a escolha do período descrito para elaboração do BHC, pois é o período de cultivo da soja no município.

Os dados climáticos foram obtidos do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), acessando a ferramenta “Tabela de dados das estações”

na aba “Dados Meteorológicos”, selecionado o tipo de estação (automática ou convencional), o estado que a estação está instalada, a estação e o período da coleta de dados. A estação automática mede e registra os dados a cada hora, tendo uma precisão superior que as estações convencionais que captam dados apenas três vezes ao dia. Para determinação da precipitação (P) foi realizada a soma diária dos acumulados para posterior soma mensal.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, onde atualmente é o método considerado padrão para se estimar a ET_o (Bernardo; Soares; Mantovani, 2013). Foi utilizada uma planilha no software Microsoft Excel desenvolvida pela Embrapa, que tem como objetivo calcular a evapotranspiração de referência de forma automática utilizando as mesmas variáveis do método de Penman-Monteith FAO.

Para a determinação diária da ET_o foi necessário preencher na planilha confeccionada e disponibilizada pela Embrapa as informações de data, latitude, dia juliano, altitude e município. Posteriormente foram preenchidas as células das variáveis meteorológicas temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), umidade relativa máxima (%), umidade relativa mínima (%), pressão atmosférica (hPa), velocidade do vento ($m.s^{-1}$) e radiação global ($KJ.m^{-2}$) com os valores de cada horário. Em seguida foi realizado o somatório da ET_o de cada dia para obter a evapotranspiração de referência mensal.

Foram utilizados dados climáticos de temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), umidade relativa máxima (%), umidade relativa mínima (%), pressão atmosférica (hPa), velocidade do vento ($m.s^{-1}$) e radiação global ($KJ.m^{-2}$) para determinação da ET_o diária.

4.2.1 Método de Thornthwaite e Mather (1955)

O balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1955), traz um ótimo embasamento quando se busca quantificar o armazenamento, excedente e déficit hídrico (Reis, 2016). A definição da capacidade de água disponível (CAD) é um dos primeiros passos e consiste no intervalo de umidade do solo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), dependente do tipo de solo e da cultura (Borges; Hernandez; Fauvel, 2021). A CAD foi determinada utilizando a equação 1:

$$CAD = CAD_{média} \times Z_r \quad (1)$$

Em que:

CAD - capacidade de água disponível (mm);

$CAD_{média}$ - capacidade de água disponível média (mm/cm);

Z_r - profundidade específica do sistema radicular (cm).

Doorenbos e Kassam (1994), determinaram que para solos argilosos deve-se considerar o valor de CAD média de 2,0 mm/cm. Para Alfonsi, Pedro Júnior e Camargo (1995), a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura da soja é de 50 cm (Sentelhas; Angelocci, 2012). Sendo então adotada uma CAD de 100 mm.

Depois de determinado a P, ETo e CAD, foi quantificada a diferença entre precipitação e evapotranspiração de referência (P-ETo). Os meses em que a P-ETo é positiva significa que a precipitação foi maior que a evapotranspiração, por outro lado, quando a P-ETo for negativa, a evapotranspiração foi maior que a precipitação. O cálculo é necessário para determinação dos negativos acumulados. A P-ETo foi determinada pela equação 2:

$$P - ETo_n = P_n - ETo_n \quad (2)$$

Onde:

$P - Eto_n$ - diferença de precipitação e evapotranspiração de referência (mm);

P - precipitação (mm);

ETo - evapotranspiração de referência (mm);

n - mês de referência do cálculo.

Em seguida foi determinado o negativo acumulado (NAc), que consiste no somatório da sequência de valores negativos de P-ETo. O NAc representa em que mês o balanço hídrico foi inicializado, sendo muito importante para quantificar o armazenamento de água no solo. Foram observadas as seguintes situações para sua determinação:

O cálculo do NAc é iniciado no primeiro mês de P-ETo negativo após uma sequência positiva de P-ETo, repetindo para o NAc o mesmo valor negativo de P-ETo do mês em questão.

Se no mês seguinte o valor de P-ETo continua-se negativo, foi realizado o somatório do valor P-ETo do mês em questão com o valor do NAc do mês anterior.

Se o armazenamento do mês for maior ou igual a CAD, o valor de NAc será 0.

O mês em que a P-ETo voltar a ser positiva após uma sequência negativa, foi calculado primeiro o armazenamento pela equação 3, e depois o NAc foi quantificado pela equação 4.

$$ARM = (P - ETo)_n + ARM_{n-1} \quad (3)$$

Em que:

ARM - armazenamento de água no solo (mm);

$P - Eto$ - diferença de precipitação e evapotranspiração de referência (mm);

n - mês de referência do cálculo.

$$NAc = CAD \times \ln \ln (ARM/CAD) \quad (4)$$

Onde:

NAc - negativo acumulado (mm);

CAD – capacidade de água disponível (mm);

ARM – armazenamento de água no solo (mm).

Com o negativo acumulado quantificado, foi determinado o armazenamento de água no solo (ARM), que é a quantidade de água que estava presente no solo considerando suas entradas e saídas, onde:

- Os meses em que P-ET_o for < 0, para quantificar o armazenamento foi utilizada a equação 5.

$$ARM_n = CAD \times e^{-[Nac/CAD]} \quad (5)$$

Onde:

ARM – armazenamento de água no solo (mm);

CAD – capacidade de água disponível (mm);

NAC – negativo acumulado (mm);

n – mês de referência.

Com o ARM quantificado, foi possível determinar a variação de armazenamento de água no solo (ALT), quanto o armazenamento de água no solo variou de mês a mês, sendo importante na determinação da evapotranspiração real e o excedente hídrico. Foi utilizada a equação (6) para calcular a alteração do armazenamento de água no solo.

$$ALT_n = ARM_n - ARM_{n-1} \quad (6)$$

Em que:

ALT – variação de armazenamento de água no solo (mm);

ARM – armazenamento de água no solo (mm);

n – mês de referência do cálculo.

Posteriormente foi calculada a evapotranspiração real (ETR), que seria a evapotranspiração que realmente ocorre em função da disponibilidade de água no solo. A ETR é utilizada para determinação do déficit hídrico, sendo que nos meses de deficiência

hídrica sempre é inferior a evapotranspiração de referência. Foram consideradas as seguintes situações no cálculo da ETR:

- Os meses em que a P-ET_o foi ≥ 0 , para a ETR foi adotado o mesmo valor da ET_o;
- Os meses em que a P-ET_o foi < 0, foi utilizada a equação 7 para determinar a ETR:

$$ETR_n = P_n + [ALT_n] \quad (7)$$

Onde:

ETR – evapotranspiração real (mm);

P – precipitação (mm);

ALT – variação de armazenamento de água no solo (mm);

n – mês de referência do cálculo.

Em seguida foi determinada a deficiência hídrica no solo (DEF), ou seja, quantidade de água que faltou no solo, pois a saída de água no solo foi maior que a quantidade que ficou retida, sendo utilizada a equação 8:

$$DEF_n = ET_{o_n} - ETR_n \quad (8)$$

Em que:

DEF – deficiência hídrica (mm);

ET_o – evapotranspiração de referência (mm);

ETR – evapotranspiração real (mm);

n – mês de referência do cálculo.

Após a determinação do DEF foi quantificado o excedente de água no solo (EXC), ou seja, a quantidade de água que sobrou, que não foi aproveitada pela vegetação, que foi perdida por percolação ou escoamento superficial pois o solo atingiu sua capacidade máxima de retenção de água, em que:

- Os meses que tiveram o ARM < CAD, o valor adotado para o excedente hídrico foi 0;
- Os meses que apresentaram o ARM \geq CAD, foi utilizado a equação 9 para a quantificação do excedente;

$$EXC_n = (P - ET_o)_n - ALT_n \quad (9)$$

Onde:

EXC – excedente hídrico (mm);

P – Eto – diferença entre precipitação e evapotranspiração de referência (mm);

ALT – variação de armazenamento de água no solo (mm);

n – mês de referência do cálculo.

Os dados de precipitação e evapotranspiração foram inseridos no software Microsoft Excel para realizar o somatório mensal. A partir dos dados de capacidade de água disponível, precipitação, evapotranspiração de referência, negativo acumulado, armazenamento de água no solo, variação do armazenamento de água no solo

e evapotranspiração real foi quantificado o déficit e excedente de água no solo do período estudado. Em seguida foi realizada a aferição do balanço, observando a exatidão dos cálculos utilizando as seguintes relações:

$$\Sigma P = \Sigma ET_o + \Sigma (P - ET_o);$$

$$\Sigma P = \Sigma ETR + \Sigma EXC;$$

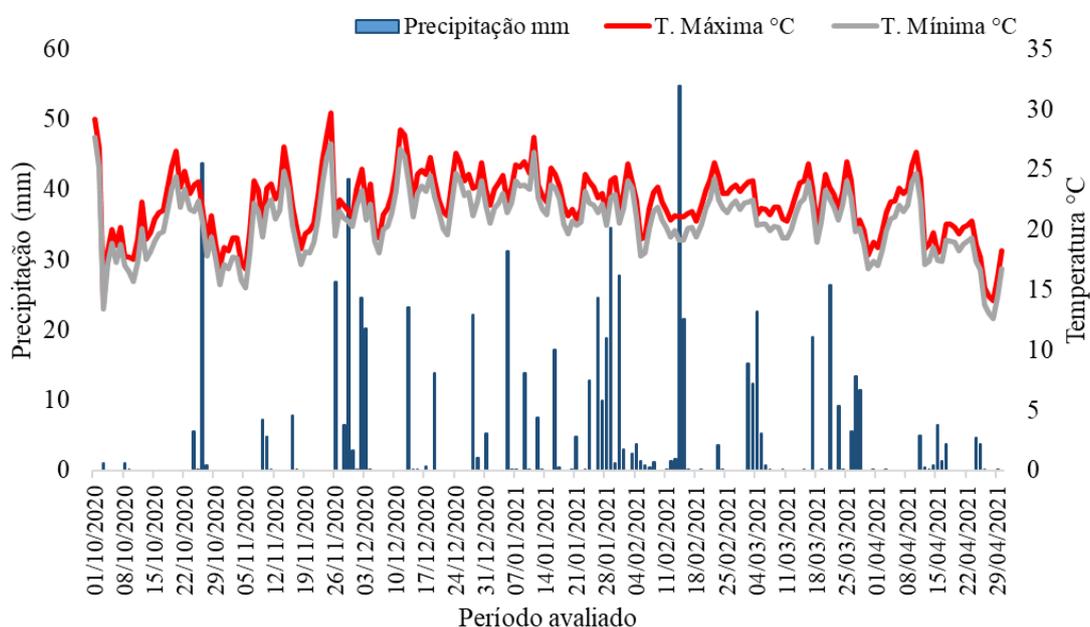
$$\Sigma ET_o = \Sigma ETR + \Sigma DEF;$$

$$\Sigma ALT = 0.$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está representada a variação da precipitação e temperatura no período de 01 de outubro de 2020 a 30 de abril de 2021.

Figura 1. Variação da precipitação e temperatura no município de Ibirubá do dia 01 de outubro de 2020 a 30 de abril de 2021.



Observa-se na figura anterior que nos meses de outubro a dezembro as temperaturas mínimas variaram de 13 °C a 27 °C e máximas de 13 °C a 29 °C. Nos meses de janeiro a março as temperaturas situaram-se na faixa de 18 °C a 28 °C. No

mês de abril as temperaturas começaram a diminuir principalmente a partir da segunda quinzena do mês. De acordo com Farias, Neumaier e Nepomuceno (2021), temperaturas inferiores a 20 °C no momento de semeadura, atrasam o processo de

germinação-emergência. Temperaturas na faixa de 30 °C são ideais para o desenvolvimento da cultura.

O início do mês de outubro é caracterizado pelo baixo volume e distribuição irregular das precipitações, não havendo umidade no solo que possibilitasse a semeadura da cultura ou para as áreas semeadas uma boa germinação e emergência de plântulas.

Somente no final do mês houve uma precipitação com um volume significativo que possibilitou a semeadura da soja. Para o mês de novembro novamente o início do mês foi caracterizado com precipitações com baixos volumes de água, sendo que somente na segunda quinzena do mês as precipitações tiveram altos volumes de água, trazendo maior segurança aos produtores do município para semear a cultura.

Os meses de janeiro, fevereiro e março compreendem o período que normalmente a maioria das áreas de soja no município passam da fase vegetativa para fase reprodutiva, sendo que na fase reprodutiva a cultura aumenta sua demanda hídrica, pois após o início da floração ela necessita de um volume maior de água para formar os legumes e posteriormente os grãos. Vale ressaltar que essa mudança de

fase é dependente do fotoperíodo e do grupo de maturação relativa que varia entre as cultivares adotadas pelos produtores. Os meses de janeiro e março foram os dois meses durante o cultivo da soja no município que tiveram precipitações mais frequentes e com os maiores acumulados.

De acordo com Oliveira *et al.* (2021), a quantidade e distribuição das chuvas entre janeiro e março podem ser os principais fatores limitantes à produtividade da soja no Rio Grande do Sul. A colheita da soja normalmente ocorre na segunda quinzena de março e no mês de abril. Na segunda quinzena de março no município de Ibirubá são colhidas às áreas de soja semeadas mais cedo (outubro e início de novembro) e no mês de abril são colhidas as áreas onde a semeadura ocorreu na segunda quinzena de novembro e também. Observou-se que no mês de abril as precipitações tiveram distribuição irregular e baixo volume de água. Pensando na cultura da soja, é importante que não ocorra muitas precipitações no momento de colheita para não afetar a qualidade dos grãos.

O balanço hídrico climatológico seguindo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955) do município de Ibirubá durante a safra de soja 2020/21 está representado na Tabela 1.

Tabela 1. Balanço hídrico climatológico para o município de Ibirubá durante a safra de soja 2020/21.

Mês	P	ET _o	(P-ET _o)	N _{Ac}	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
(mm)									
Out	53	153	-100	-180	17	-28	81	72	0
Nov	98	159	-61	-241	9	-8	106	53	0
Dez	112	176	-64	-305	5	-4	116	60	0
Jan	206	146	+60	-43	65	60	146	0	0
Fev	97	133	-36	-79	45	-20	117	16	0
Mar	142	123	+19	-45	64	19	123	0	0
Abr	27	107	-80	-80	45	-19	46	61	0
Σ	735	997	-262	-	-	0	735	262	0

Observação: P = Precipitação; ET_o=Evapotranspiração de referência; (P-ET_o)=Diferença entre precipitação e evapotranspiração de referência; N_{Ac}=Negativo acumulado; ARM=Armazenamento de água no solo; ALT=Alteração de armazenamento de água no solo; ETR=Evapotranspiração real; DEF=Deficiência hídrica e EXC=Excedente hídrico.

A safra 2020/21 foi caracterizada com precipitação total durante o período avaliado de 735 mm, onde as maiores precipitações mensais ocorreram nos meses de janeiro e março, 206 e 142 mm respectivamente. Por outro lado, no mês de abril ocorreram apenas 27 mm de precipitação. De acordo com Carvalho *et al.* (2013) a cultura da soja possui uma necessidade hídrica que varia entre 450 e 850 mm para obtenção de altas produtividades. Observou-se que no decorrer da safra a precipitação acumulada nos meses de cultivo da soja no município esteve dentro da necessidade da cultura.

Apesar de um significativo volume precipitado no período avaliado, observa-se a mal distribuição dessa precipitação. Sabe-se que a frequência e distribuição das precipitações devem ser regulares durante o desenvolvimento da soja. Souza (2019) descreve que a distribuição irregular das chuvas durante o ciclo da cultura da soja afeta a disponibilidade de água às plantas.

O município durante o período avaliado teve uma evapotranspiração de referência acumulada de 997 mm, com maior valor no mês de dezembro, 176 mm. O mês de abril apresentou o menor valor de evapotranspiração de referência, 107 mm.

Os meses de janeiro e março foram caracterizados por terem precipitado mais do que evapotranspirado, ao contrário dos meses de outubro, novembro, dezembro, fevereiro e abril, onde evapotranspirou mais do que precipitou.

Nos meses de outubro, novembro e dezembro a cultura da soja encontra-se no estágio vegetativo, as plântulas desenvolvem seu sistema radicular, emitem folhas unifolioladas, após o desenvolvimento inicial começam a emitir folhas trifolioladas e novos ramos até sua fase reprodutiva, nestes meses o armazenamento de água no solo foi muito baixo, principalmente nos meses de novembro e dezembro, que tiveram apenas 9 e 5 mm de água armazenada no solo, respectivamente.

Os meses de janeiro a abril, período compreendido pela mudança da fase vegetativa para a reprodutiva da cultura da soja, onde as plantas deixam de emitir novos ramos e trifólios para desenvolver legumes e grãos, o armazenamento de água no solo foi superior aos três meses anteriores.

De acordo com Costa *et al.* (2015) o armazenamento de água no solo depende da sua textura, distribuição e tamanho dos poros e da estrutura do solo. Deve-se considerar que a maior parte da área cultivada com soja no Rio Grande do Sul é sob plantio direto e que, apesar dos benefícios, tem-se observado a ocorrência de compactação da camada superficial do solo devido ao tráfego de máquinas ou pisoteio do gado (Souza, 2019).

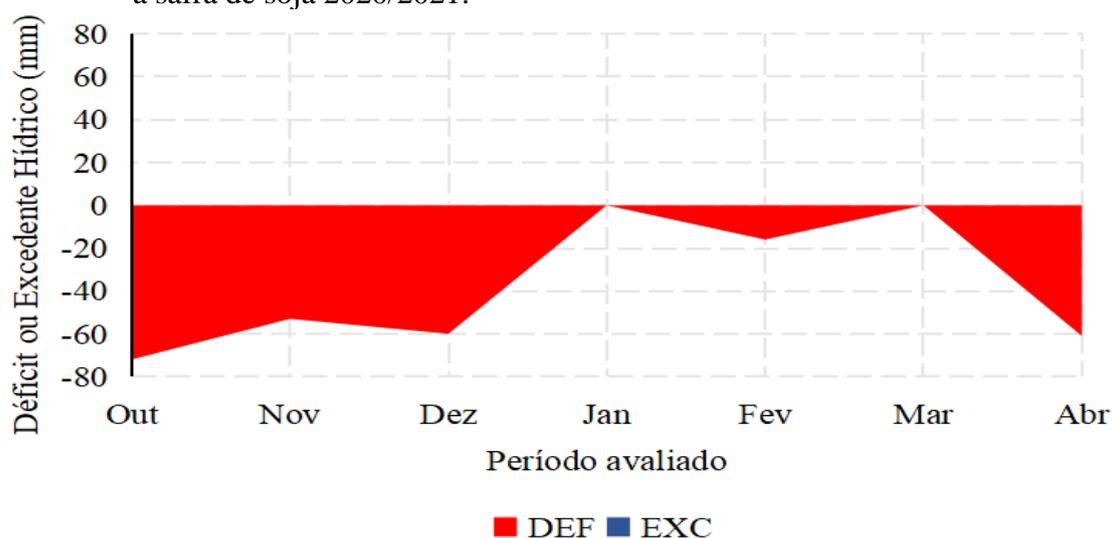
Os usos do solo que causam a sua compactação diminuem o armazenamento

de água neste, pois a organização das partículas sólidas do solo durante o processo de compactação faz com que o espaço poroso do solo sofra redução, diminuindo a infiltração de água no solo e a distribuição do sistema radicular da cultura (Costa *et al.*, 2015).

O total acumulado da ETR chegou a 735 mm. Nos meses de janeiro e março em que a precipitação foi maior que a evapotranspiração, ou seja, não houve déficit hídrico, a evapotranspiração real foi a mesma que a de referência, a ETR foi inferior a ETo nos meses que a evapotranspiração de referência ultrapassou a precipitação mensal.

A Figura 2 demonstra os déficits e os excedentes hídricos do balanço hídrico climatológico durante a safra 2020/21.

Figura 2. Representação do balanço hídrico climatológico para o município de Ibirubá durante a safra de soja 2020/2021.



Na figura acima é possível observar que em nenhum mês houve excedente hídrico, mesmo com um alto acumulado de precipitação no período compreendido pelo cultivo da soja no município, pois em nenhum dos meses o armazenamento de água no solo atingiu a CAD. Quanto a deficiência hídrica, o BHC caracterizou 262 mm de déficit hídrico.

Analisando o período de semeadura da soja no município, que normalmente ocorre nos meses outubro a dezembro, observa-se que ocorreu um grande déficit hídrico, principalmente no mês de outubro, que teve o maior déficit de água no solo durante a safra 2020/21.

Os meses de janeiro e março não apresentaram deficiência de água no solo, pois o volume de água precipitado foi maior

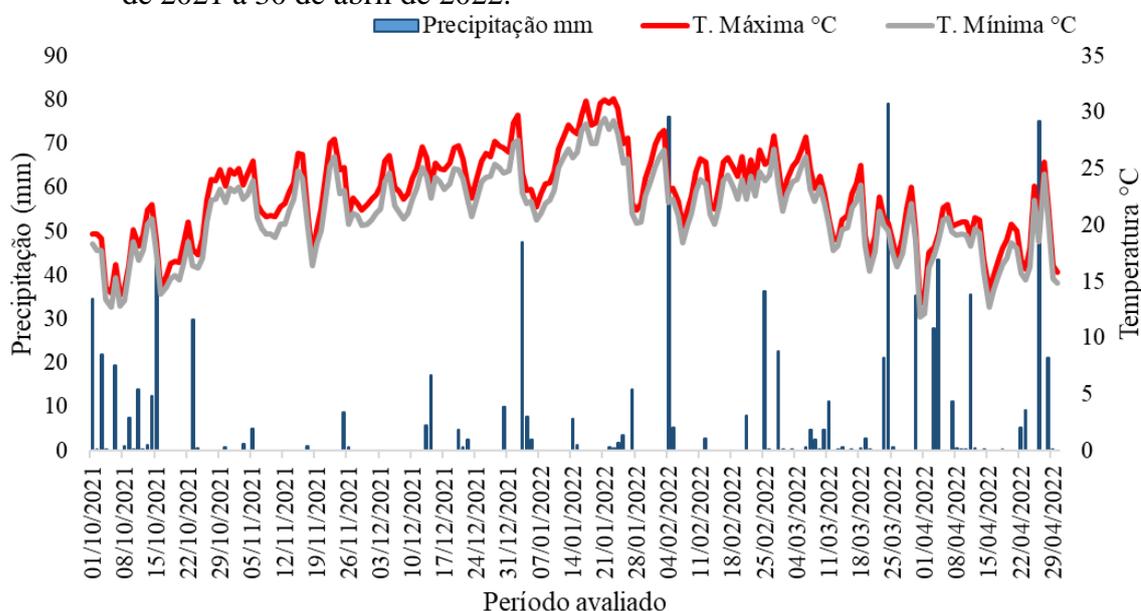
que o volume de água evapotranspirado. É de extrema importância que a cultura da soja nos estádios reprodutivos (florescimento e enchimento de grãos) não sofra com o estresse hídrico. Os efeitos do estresse hídrico na fase reprodutiva da soja segundo Gava *et al.* (2016) são abortamentos de flores, óvulos e legumes, posteriormente é afetado o tamanho dos grãos.

Com o balanço hídrico observou-se que somente o mês de fevereiro apresentou déficit hídrico no solo no período de

florescimento e enchimento de grãos, pois o volume e frequência das precipitações foram inferiores em relação aos meses de janeiro e março. O mês de abril ficou caracterizado por ocorrer o segundo maior déficit hídrico mensal durante a safra 2020/21, devido a distribuição irregular e baixo acumulado mensal das precipitações.

A Figura 3 representa a variação da precipitação e temperatura no município de Ibirubá do dia 01 de outubro de 2021 a 30 de abril de 2022.

Figura 3. Variação da precipitação e temperatura no município de Ibirubá do dia 01 de outubro de 2021 a 30 de abril de 2022.



Na figura observa-se que nos períodos mais chuvosos tanto a temperatura máxima quanto a mínima foram inferiores em relação ao período de escassez de água. No período de maior escassez de chuvas as temperaturas máximas ultrapassaram a faixa de 30 °C e as temperaturas mínimas situavam-se na faixa de 20 °C a 25 °C. Segundo Nepomuceno, Farias e Neumaier (2007), altas temperaturas aliadas a escassez de água, intensificam a redução de produtividade da cultura da soja, principalmente no período de floração e enchimento de grãos. Temperaturas baixas na fase de maturação da cultura, associadas

a períodos chuvosos ou alta umidade, causam atraso na maturação, e consequentemente atrasam a colheita.

Observando as precipitações, no mês de outubro elas tiveram frequência e distribuição um pouco mais uniforme, como também apresentou altos acumulados de precipitação. Os meses de novembro e dezembro, meses que também compreendem o período de semeadura da soja no município, apresentaram um cenário diferente em relação a outubro, tiveram uma distribuição muito irregular e acumulados muito baixos de precipitação, prejudicando o processo de semeadura e a germinação e

emergência de plântulas. O desenvolvimento inicial da cultura nas áreas que foram semeadas entre final de outubro e início de novembro foi severamente castigado pela escassez de água.

Além disso, a essa escassez de precipitações no mês de novembro ocasionou muita insegurança aos produtores para semear a cultura em um solo com baixa umidade, onde os mesmos optaram em atrasar a semeadura para o mês de dezembro, no entanto o mês de dezembro também ficou caracterizado pela distribuição irregular e baixos acumulados das precipitações. Assim, muitos produtores do município semearam a soja fora do período indicado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para safra em questão. Segundo Silva e Aguila (2020), a época de semeadura determina a exposição da soja à variação dos fatores climáticos, portanto, semeaduras em épocas fora do período indicado podem afetar o porte, o ciclo e o rendimento de grãos.

Em virtude da ocorrência de severas estiagens que vem ocorrendo em algumas regiões do Rio Grande do Sul nas últimas safras de soja, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento definiu seis classes de capacidade de água disponível

para o ZARC da safra de soja 2023/24 para o RS, sendo elas as classes AD1, AD2, AD3, AD4, AD5 e AD6, com as capacidades de armazenamento 24 mm, 32 mm, 42 mm, 55 mm, 72 mm e 95 mm, respectivamente (Brasil, 2023). Também passou a considerar a profundidade do sistema radicular da soja em 60 cm. Assim é caracterizado melhor os momentos de menor risco climático para a semeadura da cultura em cada município do Estado.

Os meses de janeiro, fevereiro e março também apresentaram uma distribuição muito irregular das precipitações, no entanto com exceção do mês de janeiro, os acumulados das precipitações foram altos.

No mês de abril observa-se que as precipitações tiveram uma distribuição mais regular em relação aos meses anteriores, como também altos acumulados. De acordo com Giasson (2015), o excesso de chuvas na colheita da soja atrasa a retirada do produto da lavoura, acelera o processo de deterioração e viabilidade das sementes e afeta negativamente a qualidade dos grãos.

O balanço hídrico climatológico do município de Ibirubá durante a safra de soja 2021/22 está representado na Tabela 2.

Tabela 2. Balanço hídrico climatológico para o município de Ibirubá da safra de soja 2021/22.

Mês	P	ETo	(P-ETo)	Nac	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
(mm)									
Out	187	135	+52	0	100	0	135	0	52
Nov	17	167	-150	-150	22	-78	95	72	0
Dez	41	203	-162	-312	4	-18	59	144	0
Jan	86	202	-116	-428	1	-3	89	113	0
Fev	151	152	-1	-429	1	0	151	1	0
Mar	165	114	+51	-65	52	51	114	0	0
Abr	231	86	+145	0	100	48	86	0	97
Σ	878	1059	-181	-	-	0	729	330	149

Observação: P=Precipitação; ETo=Evapotranspiração de referência; (P-ETo)=Diferença de precipitação e evapotranspiração de referência; NAc=Negativo acumulado; ARM=Armazenamento de água no solo; ALT=Alteração de armazenamento de água no solo; ETR=Evapotranspiração real; DEF=Deficiência hídrica e EXC=Excedente hídrico.

Para a safra 2021/22 foi caracterizada uma precipitação acumulada no período avaliado de 878 mm, atendendo a quantidade requerida pela cultura da soja e com 143 mm superior que o total acumulado de precipitações em relação à safra anterior, no entanto com uma distribuição muito irregular das precipitações.

Os meses com maior precipitação mensal foram outubro, mês que inicia a semeadura da soja no município de Ibirubá, e o mês de abril, que corresponde ao mês em que ocorre a colheita da soja. O período com menor precipitação ocorreu nos meses de novembro e dezembro, com apenas 17 mm e 41 mm de precipitação respectivamente.

A evapotranspiração de referência acumulada no período foi de 1059 mm, com maiores valores nos meses de dezembro e janeiro, 203 e 202 mm respectivamente. Comparando com a safra anterior, a safra 2021/22 teve uma evapotranspiração superior de 62 mm. O mês de abril apresentou o menor volume de evapotranspiração de referência.

Nos meses de novembro a fevereiro a evapotranspiração de referência foi

superior a precipitação, de maneira oposta aos meses de outubro, março e abril, onde a precipitação foi maior que a evapotranspiração.

De acordo com o balanço hídrico, o armazenamento de água no solo ficou bem distinto no decorrer da safra 2021/22. Nos meses de outubro e abril o armazenamento excedeu a CAD do solo para o município de Ibirubá. Por outro lado, nos meses de novembro a março o armazenamento de água no solo foi muito baixo, principalmente durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, onde possuíram um armazenamento de água no solo muito próximo a zero.

Com o armazenamento de água no solo muito baixo, as fases vegetativa e reprodutiva da cultura da soja foram muito prejudicadas pela baixa disponibilidade de água às plantas.

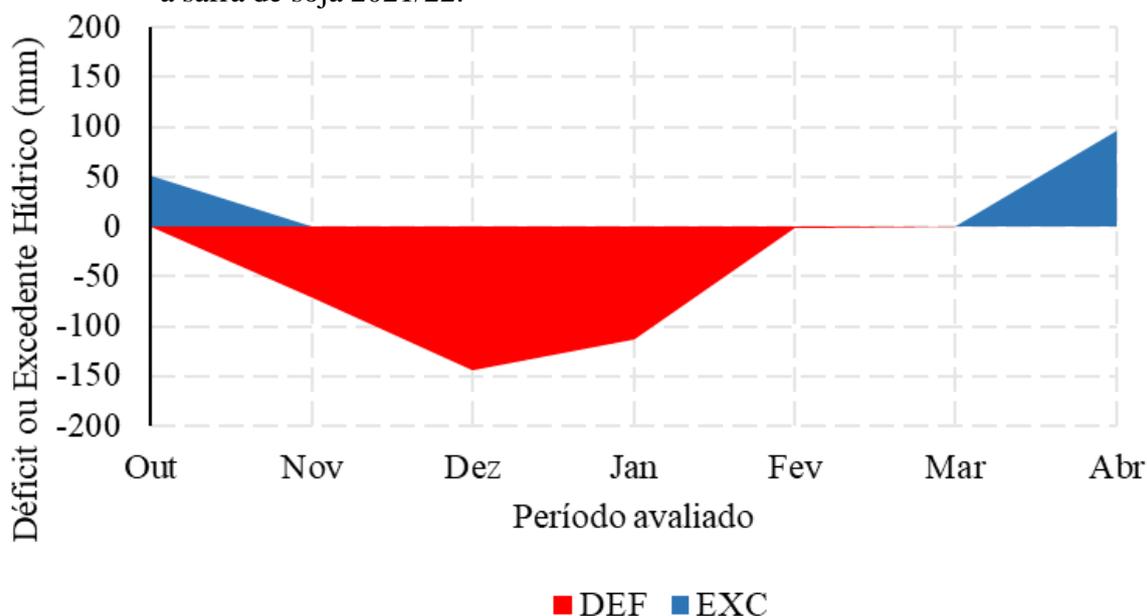
A evapotranspiração real durante o período avaliado teve um total acumulado de 729 mm. Os meses de outubro, março e abril ficaram caracterizados por precipitado mais do que evapotranspirado, assim a evapotranspiração real teve os mesmos

valores da evapotranspiração de referência nestes três meses. Para os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro a evapotranspiração real foi inferior a evapotranspiração de referência, pois a

precipitação foi inferior a evapotranspiração de referência.

A Figura 4 representa os déficits e excedentes de água no solo do balanço hídrico climatológico do município de Ibirubá durante a safra de soja 2021/22.

Figura 4. Representação do balanço hídrico climatológico para o município de Ibirubá durante a safra de soja 2021/22.



O acumulado do excedente hídrico durante o cultivo da cultura da soja no município de Ibirubá foi de 149 mm. Na figura acima observa-se que o excedente hídrico ocorreu nos meses de outubro e abril, pois o armazenamento de água no solo nesses dois meses excedeu a capacidade de água disponível do solo.

O déficit de água no solo ocorreu nos meses de novembro a fevereiro, com um total de 330 mm de déficit. Comparado a safra anterior, a safra 2021/22 apresentou superioridade de 68 mm de déficit hídrico. O mês de dezembro ficou caracterizado com o maior déficit hídrico mensal. Mesmo a precipitação mensal ser menor em novembro comparado a precipitação mensal de dezembro, o déficit hídrico foi menor em novembro pois o mês de outubro teve excesso de água no solo, adentrando ao mês

de novembro o solo ainda possuía alguma umidade.

Analisando o período de florescimento e enchimento de grãos, que normalmente ocorre de janeiro a março, observa-se que janeiro apresentou um acentuado déficit hídrico. O mês de fevereiro apresentou somente 1 mm deficiência hídrica. O mês de março não apresentou deficiência de água no solo, pois a precipitação do mês foi maior que sua evapotranspiração, como também não apresentou excedente de água no solo pelo fato do mês de fevereiro possuir um armazenamento de água no solo muito baixo, não contribuindo para que o armazenamento de março excedesse a CAD.

Resultados semelhantes foram encontrados por Schaparini *et al.* (2019), no qual realizou um balanço hídrico climatológico para o município de

Carazinho, RS, entre os meses de outubro a março das safras de soja 2015/16, 2016/17 e 2017/18. O balanço hídrico foi determinado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) e a ETP foi estimada pelo método de Penman-Monteith. A CAD utilizada foi de 150 mm, 50 mm a mais que a capacidade de água disponível adotada neste trabalho.

O BHC realizado por Schaparini *et al.* (2019) caracterizou déficit hídrico na safra 2015/16 no mês de janeiro. Na safra 2016/17 o déficit hídrico ocorreu no final do mês de dezembro e entre o final do mês de janeiro e início de fevereiro. A safra 2017/18 apresentou um período muito pequeno de déficit hídrico, somente na segunda quinzena de janeiro.

Observa-se que o déficit hídrico durante as três safras coincidiu com alguns períodos de deficiência hídrica que foram caracterizados nas safras 2020/21 e 2021/22, principalmente no período que a cultura da soja se encontra na fase de maior necessidade hídrica.

Observando a produção de soja, o que justifica a produção ser superior na safra 2020/21 em comparação à safra 2021/22 no estado do Rio Grande do Sul e no município de Ibirubá, é que no momento de estabelecimento da cultura não houve problemas graves por umidade muito baixa no solo, atrasando o processo de semeadura, como ocorreu na safra 2021/22.

Relacionando o balanço hídrico climatológico das suas safras de soja no município de Ibirubá com o período de maior necessidade hídrica da cultura da soja (florescimento-enchimento de grãos), que normalmente ocorre nos meses de janeiro, fevereiro e março, observou-se que a safra 2020/21 teve menor déficit hídrico neste período que a safra 2021/22. A distribuição das precipitações durante o cultivo da cultura no município foi um pouco mais regular na safra 2020/21 em comparação a safra posterior, no qual estas circunstâncias justificam a superioridade da produção da

soja da safra 2020/21 em relação à safra 2021/22 no município e região.

6 CONCLUSÃO

Com a realização do presente trabalho foi possível caracterizar o balanço hídrico climatológico como uma ótima ferramenta para o conhecimento dos períodos de maior risco climático no que tange a respeito sobre déficit ou excedente hídrico, sendo uma ferramenta importante para o planejamento agrícola.

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram conhecer a distribuição da precipitação, a quantidade de água evapotranspirada, o armazenamento de água no solo durante duas safras de soja distintas no município de Ibirubá, como também identificar os meses que possuíram déficit ou excedente hídrico. Sendo possível servir como referência para os produtores da região para se programarem nas atividades agrícolas relacionadas com a cultura da soja.

O balanço hídrico climatológico demonstrou que não é suficiente as precipitações atingirem as necessidades hídricas da cultura da soja se elas não ocorrerem com frequência e distribuição uniforme durante seu desenvolvimento, principalmente nos períodos de maior necessidade hídrica.

Além disso, destaca-se a importância de aumentar o acúmulo de água no solo, para amenizar os efeitos das estiagens, intensificando a utilização de práticas de manejo conservacionistas do solo que visam aumentar a infiltração de água no solo.

7 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

Ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do IFRS – Campus Ibirubá.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – campus Ibirubá pela formação acadêmica e fornecimento da bolsa de fomento interno para projetos de pesquisa e inovação 2022/2023.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia pela disponibilização de dados climáticos para realização deste trabalho.

A Embrapa pela disponibilização da planilha utilizada para determinação da evapotranspiração.

8 REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R. R.; PEDRO JUNIOR, M. J.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento agroclimático e probabilidade de atendimento hídrico para as culturas de soja, milho, arroz de sequeiro e feijão no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1995. (Boletim Científico, 37).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2013.
- BORGES, L. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; FAUVEL, J. M. P. Balanço hídrico como ferramenta para o planejamento da irrigação em Cassilândia – MS. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 30., 2021, Ilha Solteira. **Anais [...]**. Ilha Solteira: Inovagri, 2021. p. 1-7. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidadeengenhariaruralesolos715/irrigacao5868/inovagri_2021_borges_b_hidrico_cassilandia.pdf. Acesso em: 29 maio 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático para cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul safra 2021/22**. Brasília, DF: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/riscosseguro/programanacionaldezoneamentoagrola-deriscoclimatico/portarias/safravigente/riograndedosul/word/PORTN261SOJARS.pdf>. Acesso em: 17 maio 2023.
- CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. **Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 969-985, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/DEMANDA%20HIDRICA.pdf>. Acesso em: 29 maio 2023.
- COSTA, C. D. O.; ALVES, M. C.; SOUSA, A. de P.; SILVA, H. R.; SOUTO FILHO, S. N.; ARRUDA, O. G. de. Capacidade de armazenamento de água dos solos sob processo de degradação em uma sub-bacia hidrográfica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais [...]**. Natal: SBCS, 2015. p. 1-4. Disponível em: <https://eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/2523.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2023.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1994. (Irrigação e Drenagem, n. 33).
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa, 2007.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Soja: temperatura**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/exigencias->

climaticas/temperatura. Acesso em: 13 jun. 2023.

FIETZ, C. R.; URCHEI, M. A. Deficiência hídrica da cultura da soja na região Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 262-265, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000200014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Z7bNQFKQbNNLBYxvqvCvkr/?lang=pt>. Acesso em: 03 maio 2022.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; ALMEIDA, B. M.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 10, n. 3, p. 305-315, 2016. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENGG/article/download/427/298/1397>. Acesso em: 9 jun. 2023.

GIASSON, N. F. **Métodos de seleção de genótipos de soja para tolerância a chuva na pré-colheita**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/4537/dissertacao_nizio_fernando_giasson.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Ibirubá**. Brasília, DF: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/ibiruba/panorama>. Acesso em: 15 jun. 2022.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Médias climatológicas**. Porto alegre: IRGA. 2022. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/medias-climatologicas>. Acesso em: 16 jun. 2022.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo de água de irrigação. *In*: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. cap. 5, p. 158-232. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/915574>. Acesso em: 04 jun. 2022.

MATOS, R. M. Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 1, p. 2366-2373, 2018. DOI: 10.7127/rbai.v12n100732. Disponível em: https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/732/pdf_448. Acesso em: 4 maio 2022.

MUSEU DE SOLOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Solos do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 2022. Disponível em: <https://www.ufsm.br/museus/msrs/unidade-de-solos>. Acesso em: 15 jun. 2022.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da soja**. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-soja>. Acesso em: 2 jun. 2023.

OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; BOTTEGA, E. L.; SILVA, C. M. Estimativa da demanda hídrica da soja utilizando modelo de balanço hídrico do solo e dados da previsão do tempo. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 492-507, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n3p>

492-507. Disponível em: link de acesso.
Acesso em: 3 jun. 2022.

OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; BOTTEGA, E. L.; SILVA, C. M.; GOMES, J. I. T. Influência da irrigação suplementar na produtividade de cultivares de soja para a safra e safrinha 2018-19 e 2019-20 na região central do RS. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 15580-15595, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-263. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24666/19709>. Acesso em: 1 jun. 2023.

REIS, G. Q. **Balanço hídrico normal e da sucessão soja-milho da bacia do rio Caiubi**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Campus Universitário de Sinop, Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, 2016.

ROMANI, L.A.S.; BAMBINI, M. D.; COLTRI, P. P.; LUCHIARI JUNIOR, A.; KOENIGKAN, L. V.; OTAVIAN, A. F.; EVANGELISTA, S. R. M.; ZULLO JR., J.; PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. Sistema de monitoramento agrometeorológico - Agritempo: inovação em rede apoiando políticas públicas e a tomada de decisão agrícola. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 24, n. 1, p. 29-40, 2016. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/24879/13561>. Acesso em: 2 maio 2022.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/rbai_v4_n3_p142_149_bh.pdf. Acesso em: 5 maio 2022.

SCHAPARINI, L. P.; FONTANA, D. C.; DALMAGO, G. A.; RODIGHERI, G.; FERNANDES, J. M. C.; SANTI, A.; VARGAS, P. R. Análise comparativa entre índices de vegetação e sua relação com o balanço hídrico. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 27, n. 1, p. 183-190, set 2019. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/26574/14668>. Acesso em: 14 jun. 2023.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. **Balanço Hídrico climatológico normal e sequencial de cultura e para manejo de irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2012. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/Aula9_2012.pdf. Acesso em: 21 jun. 2022.

SILVA, S. M.; AGUILA, L. S. H. A importância da época de semeadura para o sucesso da cultura da soja. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 29., 2020, Pelotas. **Anais [...]**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2020. p. 1-4. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2020/CA_00541.pdf. Acesso em: 14 jun. 2023.

SOJA. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 01, n. 01, p. 1-9, 2022. Safra 2021/22, Décimo segundo levantamento. Disponível em: https://www.gov.br/fazenda/pt-br/central-de-conteudo/publicacoes/conjuntura-economica/agricola/2023/20230906_levantamento-de-safras_conab.pdf. Acesso em: 17 maio 2023.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa - Pesquisas Agrárias e**

Ambientais, Sinop, v. 01, n. 01, p.34-43, out./dez., 2013. DOI:

10.31413/nativa.v1i1.1334. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1334/pdf>. Acesso em: 8 maio 2022.

SOUZA, I. J. **Influência da irrigação suplementar no desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em Cachoeira do Sul**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/19275>. Acesso em: 25 maio 2023.

SOUZA JUNIOR, M. A.; SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Monitoramento de estiagem na região sul do Brasil utilizando dados EVI/MODIS no período de dezembro de 2000 a junho de 2009**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010. Disponível em: <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/05.07.16.56/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 5 maio 2022.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, 2017. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/tezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf. Acesso em: 4 maio 2022.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Laboratory of Climatology**.

Publications in climatology, Centerton, v. 8, n. 1, p. 1-104, 1955.

VILLA, B.; PETRY, M. T.; MARTINS, J. D.; TONETTO, F.; TOKURA, L. K.; MOURA, M. B.; SILVA, C. M.; GONÇALVES, A. F.; CERVEIRA, M. P.; SLIM, J. E.; SANTOS, M. S. dos; BELLÉ, M. G.; JIMENEZ, D. H. Balanço hídrico climatológico: uma revisão. **Research, Society and Development**, Santa Maria, v. 11, n. 6, p. 1-9, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.26669. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360460217_Balanco_hidrico_climatologico_uma_revisao. Acesso: 4 maio 2022.

VINHAL-FREITAS, I. C. Germinação e vigor de sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Agropecuária técnica**, Areia, v. 32, n. 1, p. 108-114, 2011. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v32i1.9567>. Disponível: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/at/articloe/view/9567/5838>. Acesso em: 3 maio 2022.

ZAMBIAZZI, E. V.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; SOARES, I. O.; MENDES, A. E. S.; TERESANI, A. L. R.; GWINNER, R.; CARVALHO, J. P. S.; MOREIRA, S. G.. Desempenho agrônômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 3, p. 543-553. 2017. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA16055>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16492/13438>. Acesso em: 2 maio 2022.