

## DEFICIÊNCIA HÍDRICA VIA BALANÇO HÍDRICO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE CULTIVO DA SOJA NA REGIÃO DE UBERLÂNDIA-MG

**GABRIEL FERREIRA BARCELOS<sup>1</sup>; JÚLIO CÉSAR NEVES DOS SANTOS<sup>2</sup>;  
CLEENE AGOSTINHO DE LIMA<sup>3</sup>; HENRIQUE GUALBERTO VILELA PENHA<sup>2</sup> E  
JACQUES CARVALHO RIBEIRO FILHO<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Avenida Pádua Dias, número 11, 13418-900 - Piracicaba – São Paulo, Brasil. gabriel.barcelos@usp.br.

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberlândia, Faz. Sobradinho, S/N, CX POSTAL-592, 38400974 - Uberlândia, Minas Gerais – Brasil. juliosantos@iftm.edu.br; henriquegualberto@iftm.edu.br

<sup>3</sup> Centro Universitário do Triângulo (UNITRI), Avenida Nicomedes Alves dos Santos, S/N, Bairro Morada da Colina, 38411106 - Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. cleenelima2@gmail.com

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará (UFC), Av. Mister Hull s/n, Bairro Antônio Bezerra, 60455970 - Fortaleza, Ceará - Brasil. jacques.ribeiro021@gmail.com

### 1 RESUMO

Para que uma cultura alcance a sua capacidade máxima produtiva é necessária disponibilidade hídrica na zona radicular. Assim, o déficit hídrico é um dos fatores que mais limita o potencial desenvolvimento de uma lavoura. Nesse contexto, objetivou-se com esse estudo determinar a melhor época de cultivo da soja na região de Uberlândia-MG, levando em consideração uma série histórica de 40 anos (1980 a 2020) dados climáticos, através da análise dos déficits hídricos via balanço hídrico sequencial diário. Para os 40 anos agrícolas estudados calculou-se os balanços hídricos sequenciais diários, levando em consideração quatro diferentes datas de cultivo: 01 de novembro, 15 de novembro, 01 de dezembro e 15 de dezembro. Para cada data de cultivo analisaram-se os déficits hídricos ao longo de todo o ciclo da cultura, e em subperíodos fenológicos (S-V1/V2; V2-R1; R1-R5/R7; R7-R8). Para todas as datas de semeadura observaram-se deficiência hídrica em quase todos os subperíodos fenológicos da soja. Para a região de Uberlândia-MG as datas de plantio entre os dias 15 de novembro a 01 de dezembro apresentaram os menores déficits hídricos nas duas fases/subperíodos iniciais.

**Keywords:** balanço hídrico, evapotranspiração, demanda hídrica.

**BARCELOS, G. F.; SANTOS, J. C.; DE LIMA, C. A.; PENHA, H. G. V.; RIBEIRO  
FILHO, J. C.**

**WATER DEFICIENCY VIA WATER BALANCE IN DIFFERENT SOYBEAN  
GROWING TIMES IN THE UBERLÂNDIA-MG REGION**

### 2 ABSTRACT

For a crop to reach its maximum productive capacity, water availability in the root zone is necessary. Thus, water deficit is a factor that most limits the potential development of a crop. In this context, this study aimed to determine the best time for soybean cultivation in the region of Uberlândia-MG, considering a historical series of 40 years (1980 to 2020) climatic data,

through the analysis of water deficits via water balance daily sequential. For the 40 agricultural years studied, the daily sequential water balances were calculated, considering four different cropping dates: November 1st, November 15th, December 1st, and December 15th. For each cultivation date, water deficits were analyzed throughout the crop cycle, and in phenological sub-periods (S-V1/V2; V2-R1; R1-R5/R7; R7-R8). For all sowing dates, water deficit was observed in almost all soybean phenological sub-periods. For the region of Uberlândia-MG, the planting dates between November 15th and December 1st showed the lowest water deficits in the two initial phases/sub-periods.

**Keywords:** water balance, evapotranspiration, water demand.

### 3 INTRODUÇÃO

Mundialmente o Brasil é um dos mais importantes países produtores de soja junto com os Estados Unidos e Argentina (SENTELHAS et al., 2015). Com uma produção de aproximadamente 117 milhões de toneladas no ano agrícola de 2017/18 (CONAB, 2019), e com uma estimativa de aumento de 9 milhões de toneladas para a safra 2019/20, o Brasil ultrapassou os Estados Unidos, tornando-se o maior produtor de soja do mundo (USDA, 2020). Desse montante, a região do cerrado é responsável por aproximadamente 65% do total produzido (CONAB, 2019).

O clima é um dos fatores mais limitantes ao desenvolvimento das culturas, influenciando diretamente a produtividade. O déficit hídrico, por exemplo, é considerado um dos fatores mais limitantes da qualidade e produtividade da soja (GALÃO et al., 2014). Assim, o conhecimento da necessidade hídrica da cultura e a reposição da água evapotranspirada ao longo do ciclo são indispensáveis para o sucesso produtivo da lavoura. Em relação à necessidade hídrica, a cultura da soja precisa de aproximadamente 450 mm a 800 mm bem distribuídos em todo o ciclo (CARVALHO et al., 2013).

De acordo com o desenvolvimento vegetativo a necessidade hídrica tende a aumentar, atingindo a quantidade máxima no período de floração e enchimento de grãos, necessitando de até 7,4 mm dia<sup>-1</sup>

(GAVA et al., 2015). Após este pico, os valores se reduzem até a maturação final. Dessa forma, para cultivos não irrigados o sucesso da produtividade depende de chuvas bem distribuídas ao longo do ciclo de produção, especialmente nos períodos críticos de maior demanda evapotranspiométrica (PARDO et al., 2015).

O déficit hídrico é caracterizado por uma demanda evapotranspiométrica potencial maior que a disponibilidade de água no solo. Dependendo do nível desse estresse e do estágio fisiológico que a planta estiver, diferentes processos podem ser afetados (TAVARES et al., 2013), gerando redução irreversível de produtividade. Na cultura da soja, os períodos mais sensíveis em relação à disponibilidade hídrica são a germinação / emergência e floração / enchimento de grãos (NEUMAIER et al., 2020).

No período de germinação / emergência tanto a falta quanto o excesso de água afetam o estabelecimento da soja e a uniformidade da população de plantas. Já no período reprodutivo, a falta de água pode causar fechamento estomático e enrolamento das folhas, ocasionando queda prematura das folhas, flores e vagens (EMBRAPA, 2013).

A época de semeadura é também um fator de suma importância, uma vez que afeta o rendimento, a arquitetura, o comportamento da planta e está relacionado diretamente ao fotoperíodo, temperatura e

disponibilidade de água (FRIGERI et al., 2019). Nesse sentido, estudos vêm sendo realizados com o intuito de determinar as melhores épocas de plantio para a cultura da soja, a exemplo de Silva et al. (2018) e Carmo et al. (2018).

Arantes et al. (2010) ao estudarem a cultura da soja na região central do Brasil, com destaque para o Triângulo Mineiro, verificaram que a época ideal compreende a segunda semana de outubro até a segunda semana de dezembro. Mais especificamente para a região de Uberlândia-MG, Amorim et al. (2011) estudando sete cultivares de soja em campo na safra de 2001/02, determinaram que as melhores épocas de cultivo se encontram no intervalo entre 15 de novembro e 14 de dezembro. Entretanto, o referido trabalho não considera a variabilidade das chuvas ao longo dos anos, o que pode alterar as melhores épocas de cultivo.

Nesse contexto, objetivou-se com o presente estudo determinar a melhor época de plantio da soja na região de Uberlândia-MG, levando em consideração uma série histórica de 40 anos dados climáticos, através da análise dos déficits hídricos via balanço hídrico sequencial diário.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma série de dados meteorológicos do município de Uberlândia-MG. O banco de

dados foi composto de uma série histórica de 40 anos (janeiro de 1980 a maio de 2020), obtida na estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com coordenadas geográficas 18°55'S, 48°15' W e altitude média de 869 m. O clima da região de Uberlândia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw (Clima tropical com pluviosidade maior no verão que no inverno).

As variáveis meteorológicas diárias utilizadas foram: precipitação; temperatura do ar máxima, média e mínima; umidade relativa do ar média; velocidade do vento e radiação global.

Os balanços hídricos climatológicos diários sequenciais e a deficiência hídrica da soja nas condições edafoclimáticas do município de Uberlândia-MG foram realizados utilizando a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955). Para efeitos do balanço hídrico foi considerado o uso de uma variedade de soja com ciclo médio de 120 dias. Os cálculos e gráficos foram desenvolvidos em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel®.

O cálculo da evapotranspiração da cultura foi realizado pela multiplicação da evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>) pelos coeficientes da cultura (Kc) para cada fase fenológica. A partir dos dados meteorológicos diários, foram calculadas as evapotranspirações potenciais de referência – ETo, por meio da equação de Penman – Monteith (Equação 1) (ALLEN et al., 1998):

$$ETo = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} v^2 (es - ea)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 v^2)} \quad (1)$$

Em que:

ETo - evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>;  
Rn - radiação líquida total do gramado, MJ m<sup>-2</sup> dia;

G - densidade do fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;  
Tmed - temperatura média diária do ar, °C;  
v2 - velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>;  
es - pressão de saturação de vapor, kPa;  
ea - pressão parcial de vapor, kPa;

$\Delta$  - declividade da curva de pressão de vapor, kPa C<sup>-1</sup>;

$\gamma$  - coeficiente psicrométrico, kPa C<sup>-1</sup>.

A deficiência hídrica da soja foi simulada para quatro épocas diferentes de semeadura no município de Uberlândia-MG, sendo elas: 01 de novembro, 15 de novembro, 01 de dezembro e 15 de

dezembro. Essas datas foram selecionadas por ser o período que se costuma semear a soja na região (AMORIM et al., 2011). Para representar a variação das fases fenológicas da cultura, foram gerados quatro subperíodos, considerando-se a variação do Kc e profundidade efetiva do sistema radicular da soja (Tabela 1).

**Tabela 1.** Representação da duração dos estádios fenológicos de uma cultivar de soja com ciclo de 120 dias com seus respectivos coeficientes de cultivo (Kc) e profundidades efetivas do sistema radicular.

| Subperíodo | Duração (dias) | Coefficiente de cultivo (Kc) | Profundidade (cm) |
|------------|----------------|------------------------------|-------------------|
| S-V1/V2    | 15             | 0,56                         | 15                |
| V2-R1      | 35             | 1,21                         | 30                |
| R1-R5/R7   | 40             | 1,50                         | 40                |
| R7-R8      | 30             | 0,9                          | 40                |

**Fonte:** Adaptado de FARIAS et al. (2001) e FIETZ e URCHEI (2002). S - Semeadura; V2 - Segundo nó; R1 - Início do florescimento; R5 - Início do enchimento de grãos, R7 – Início da maturação fisiológica e R8 – maturação plena.

Os valores dos coeficientes de cultivo (Kc) utilizados foram recomendados por Farias et al. (2001), cujos períodos foram adaptados aos estádios fenológicos propostos por Costa (1996). A profundidade efetiva para cada estágio ao longo do seu desenvolvimento foi determinada por Fietz e Urchei (2002) (Tabela 1). A deficiência hídrica total da soja de cada subperíodo foi determinada no balanço hídrico em que consistiu no somatório das diferenças diárias entre a evapotranspiração potencial de referência (ET<sub>o</sub>) e a evapotranspiração real da cultura (ET<sub>r</sub>).

Para determinação da Capacidade de Armazenamento de Água no solo (CAD), foram considerados os atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico presente no campus Uberlândia do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM). Esse tipo de solo é representativo por ser o mais abundante na região (EMBRAPA, 2018).

Para o início do balanço hídrico considerou-se o solo na capacidade de campo. Os valores de umidade do solo com base em volume na capacidade de campo

(tensões 33 kPa) e no ponto de murcha permanente (tensões 1500 kPa) foram de 39,6% e 29,1%, respectivamente, e a Densidade do solo de 1,15 g cm<sup>-3</sup>, ambas análises foram realizadas no laboratório de solos do IFTM-Campus Uberlândia.

Os dados de deficiência hídrica foram submetidos à análise de variância (ANOVA), segundo o delineamento em blocos casualizados, com tratamentos composto dos períodos de semeaduras e as repetições/blocos pelos 40 anos agrícolas estudados. As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, ao nível de 0,05 de probabilidade, utilizando o programa computacional SISVAR® (FERREIRA, 2019).

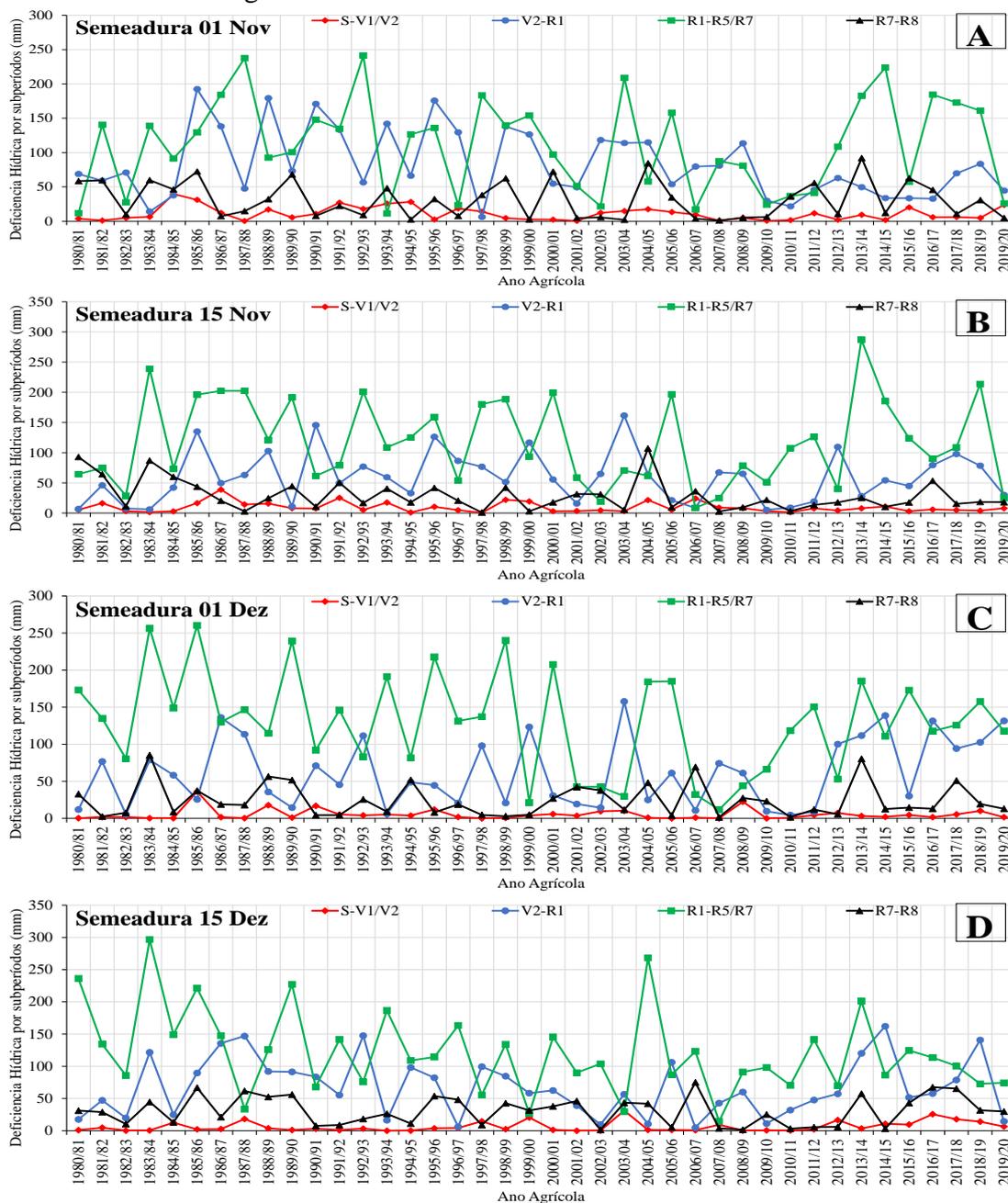
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 observa-se os valores de déficit hídrico simulados para a cultura da soja em 40 anos agrícolas em diferentes datas de semeadura e fases fenológicas (subperíodos). De acordo com as

simulações de balanço hídrico diário sequencial do cultivo, verificou-se que ao longo dos 40 anos agrícolas estudados houve déficit hídrico na maior parte dos subperíodos/estádios (Figura 1). Contudo, conforme apresentado na Figura 1 em todos os estádios fenológicos das plantas houve

anos sem deficiência hídrica, principalmente entre S-V1/V2 e R7-R8. Exemplo das safras sem déficit hídrico para S-V1/V2 podem ser observados na safra de 2005/06, quando semeado em 1º de dezembro (Figura 1 C) e na safra de 1993/94 (Figura 1 B), quando semeado em 15 de dezembro.

**Figura 1.** Deficiência hídrica (mm) para a cultura da soja em diferentes estádios fenológicos e diferentes datas de semeadura, sendo elas: 01 de novembro (A); 15 de novembro (B); 01 de dezembro (C) e 15 de dezembro (D), no município de Uberlândia-MG, em 40 anos agrícolas.



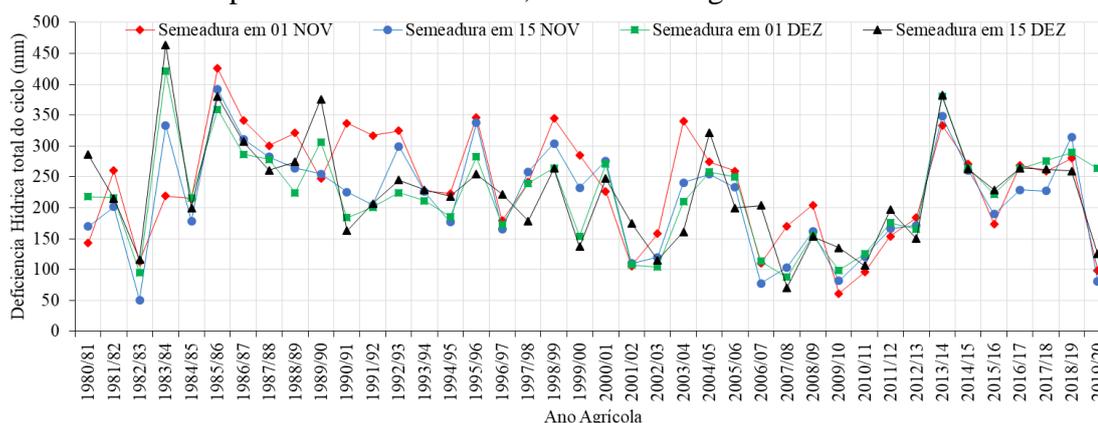
Fonte: Autores

Fietz e Urchei (2002), obtiveram resultados similares em simulações de balanço hídricos para o solo em Dourados-MS, os referidos autores observaram deficiência hídrica em todas as fases (subperíodos) e épocas de plantio estudadas (15 de novembro e 15 de dezembro). Assim, o déficit de água pode provocar alterações nas folhas de soja influenciando diretamente na redução da taxa fotossintética, condutância estomática e na transpiração das plantas (ZHANG et al., 2016).

Considerando a simulação de semeadura no dia 01 de novembro, o déficit hídrico total do ciclo da soja variou de 61,1

mm (safra 2009/10) a 425,6 mm (safra 1985/86), com média de 236,1mm (Figura 2). A maior deficiência hídrica ocorreu entre V2-R1 (Figura 1A), aproximadamente 200 mm. Ressalta-se que entre R1-R5/R7 o déficit hídrico foi menor que entre V2-R1. Este comportamento também foi observado por Souza et al. (2016) em um experimento realizado na safra de 2007/08 no município de Paragominas-PA, em que a máxima evapotranspiração da cultura compreendeu o mesmo período citado acima, se concentrando principalmente na fase de enchimento dos grãos (R5).

**Figura 2.** Deficiência hídrica total (mm) para a cultura da soja em diferentes datas de semeadura: 01 de novembro; 15 de novembro; 01 de dezembro e 15 de dezembro, no município de Uberlândia-MG, em 40 anos agrícolas.



Fonte: Autores

Para semeadura no dia 15 de novembro a deficiência hídrica total do ciclo variou de 50,8 mm (safra de 1982/83) a 391,4 mm (safra de 1985/86) com média de 215,9 mm (Figura 2). Na maioria dos anos agrícolas os subperíodos que ocorreram índices máximos de deficiência hídrica correspondem ao subperíodo R1 a R5/R7, início do florescimento, passando pelo enchimento dos grãos e se estendendo até início da maturação e, pela fase vegetativa, do segundo nó ao início do florescimento (V2 a R1) (Figura 2). Este comportamento pode ser explicado pelos estádios fenológicos ocorrerem entre o final de

novembro e o início de fevereiro, meses com altas demandas evapotranspirativas no município (ETo média mensal variando de 187 a 133 mm/mês em novembro e fevereiro, respectivamente). Conforme a Figura 1, apenas em três safras (1980/81, 2004/05 e 2006/07) os déficits máximos ocorreram no subperíodo R7-R8.

Na análise das deficiências hídricas totais para as semeaduras realizadas no mês de dezembro, tem-se que quando semeada no dia 01 de dezembro os déficits hídricos variaram de 87,7 mm (safra 2007/08) a 420,7 mm (1983/84) com média de 220,6 mm (Figura 2). Para as semeaduras em 15 de

dezembro observa-se deficiências hídricas variando de 70,5 mm (2007/08) a 463,5 mm (1983/84) e média de 225,5 mm (Figura 2). O comportamento foi o mesmo observado nas semeaduras no mês de novembro, concentrando os valores máximos de déficit nos subperíodos R1 a R5/R7 e V2 a R1, com valores maiores no primeiro.

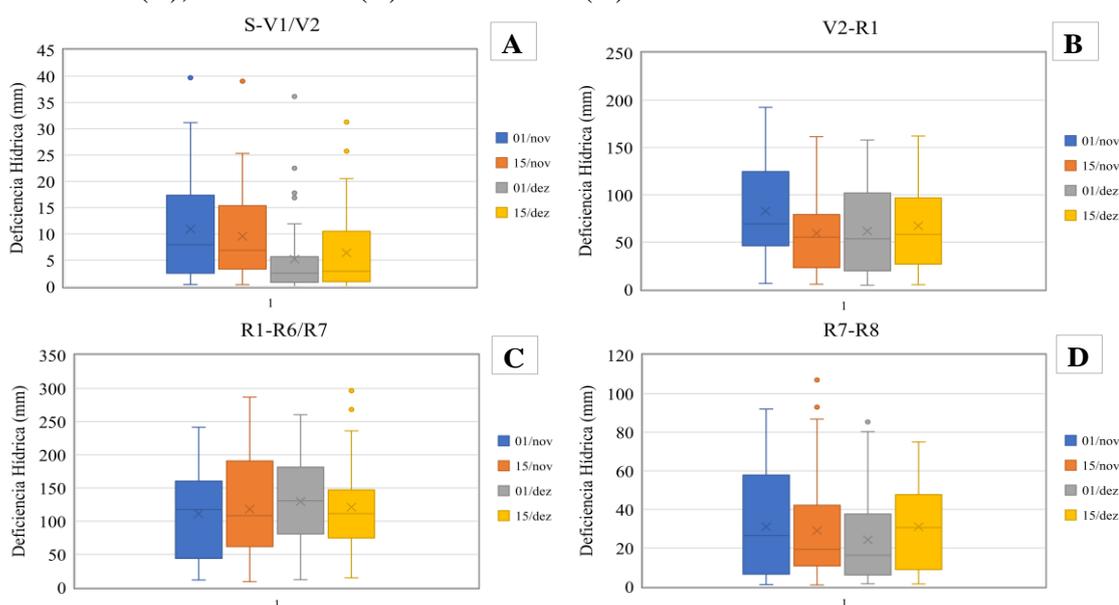
Todavia, no mês de dezembro nas safras de 2005/06 e 2009/10 para o plantio no primeiro dia do mês e na safra de 1993/94 semeado no décimo quinto dia não foram observados déficits hídricos no primeiro subperíodo do ciclo da cultura. A época de semeadura resulta em diferença na maioria das características agrônômicas da cultura, havendo decréscimo de altura de planta e número de dias para a floração, à medida que se atrasa a semeadura (AMORIM et al., 2011).

Como citado, em todas as condições foram observados valores maiores de déficits hídricos na fase reprodutiva (R1 a R5/R7). De acordo com a Embrapa (2013) e Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007), este comportamento é explicado pelo

aumento da demanda hídrica em função do desenvolvimento da cultura, atingindo os maiores valores durante a floração e enchimento de grãos, podendo chegar a consumir entre 7 a 8 mm dia<sup>-1</sup>. Após este período a demanda hídrica tende a reduzir, fato tal, observado em todas as condições analisadas. Suyker e Verma (2008) também obtiveram picos de evapotranspiração máxima e índices de área foliar (IAF) da soja na fase reprodutiva. O mesmo comportamento foi encontrado por Zanon et al. (2015) em que verificaram picos maiores entre R1 e R5.

A data de semeadura de maior risco por deficiência hídrica ou estresse hídrico para o subperíodo de S a V1/V2 para a cultura da soja na região de Uberlândia ocorreu em 01 de novembro, em que se observa maiores valores de deficiência, maior mediana e maior dispersão dos dados anuais (Figura 3A). Para essa fase ou subperíodo verificou-se a segunda maior dispersão e mediana nos cultivos em 15 de novembro, e em terceiro lugar para o cultivo em 15 de dezembro.

**Figura 3.** Boxplot de variabilidade da Deficiência hídrica (mm) para a cultura da soja em diferentes datas de semeadura (01 de novembro; 15 de novembro; 01 de dezembro e 15 de dezembro) e diferentes subperíodos de desenvolvimento: S a V1-V2 (A); V2 a R1 (B), R1 a R5/R7 (C) e de R7 a R8 (D).



Fonte: Autores

Na fase inicial da cultura tanto a falta quanto o excesso de água são considerados um problema, sendo o primeiro mais prejudicial à cultura afetando tanto o estabelecimento da soja quanto a uniformidade da população de plantas (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2009). Portanto, considerando essa fase inicial da cultura para a região estudada, os cultivos em 01 de dezembro são mais

vantajosos, devido a menor escassez hídrica ao longo dos 40 anos estudados (Tabela 2). Ao comparar estatisticamente os valores médios de deficiência hídrica observa-se que para semeadura no dia 01 de dezembro foram verificados menores valores de déficit hídrico que no do dia 01 de novembro o que contribui para melhorar o desenvolvimento inicial da cultura (Tabela 2 e Figura 3A).

**Tabela 2.** Médias do déficit hídrico (mm) da soja em função de suas fases fenológicas e diferentes períodos de semeadura para região de Uberlândia-MG

| Semeadura | Fases fenológicas da soja |          |          |         | Total    |
|-----------|---------------------------|----------|----------|---------|----------|
|           | S-V1/V2                   | V2-R1    | R1-R6/R7 | R7-R8   |          |
| 01/Nov    | 10,93 a                   | 82,84 a  | 111,31 a | 31,01 a | 236,09 a |
| 15/Nov    | 9,55 ab                   | 59,33 b  | 118,03 a | 29,02 a | 215,94 a |
| 01/Dez    | 5,21 b                    | 61,61 ab | 129,53 a | 24,20 a | 220,56 a |
| 15/Dez    | 6,40 ab                   | 67,14 ab | 120,95 a | 30,98 a | 225,46 a |

Valores de déficit hídrico em mm. Os valores médios seguidos pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ao analisar o segundo subperíodo (V2 a R1) observa-se que as datas de cultivo mais vantajosas foram as de 15/Nov e 01/Dez (Tabela 2) por demonstrarem as menores medianas, sendo 55 e 53,5 mm de deficiência hídricas, respectivamente, e menores valores no percentímetro de 25% (Figura 3B). Nesse subperíodo a falta de água reduz o número e o tamanho de vagens e sementes, devido ao encurtamento dos estágios (KRISHNAN et al., 2014). Além disso, para a data de 15/Nov houve menores valores de déficit hídrico e menor amplitude do intervalo interquartil no boxplot (Figura 3B). Estatisticamente a semeadura de 15/Nov (menor média de déficit hídrico) diferiu da semeadura precoce de 01/Nov em V2-R1 (Tabela 2), sendo a referida semeadura (01/Nov) responsável por maior risco por estresse hídrico, com elevada amplitude dos dados e valor de percentímetro de 25% (46,1 mm) próximo da mediana das outras datas de semeadura (Figura 3B).

Já quando se analisa o terceiro subperíodo (R1 a R6/R7), que trata do momento de florescimento e enchimento de grãos, observa-se menores medianas nos valores de Deficiência hídrica para as datas de semeadura em 15/Nov e 15/Dez, com valores de 108,2 e 111,3 mm, respectivamente (Figura 3C), apesar de não haver diferença estatística nas médias (Tabela 2). Para esse subperíodo os intervalos interquartílicos foram reduzidos à medida que as datas de semeadura foram mais tardias, apresentando menores valores para o dia 15 de dezembro. Apesar de essa ser uma das fases da cultura mais crítica ao estresse hídrico, não houve diferenças expressivas em relação à dispersão dos dados de deficiência hídrica (Figura 3C). Dessa forma, é necessário observar o comportamento nos subperíodos anteriores.

No último subperíodo (R7 a R8) por se tratar da fase de secamento dos grãos a planta já não apresenta tanta sensibilidade ao estresse hídrico. Além disso, é interessante que a colheita ocorra em momento de

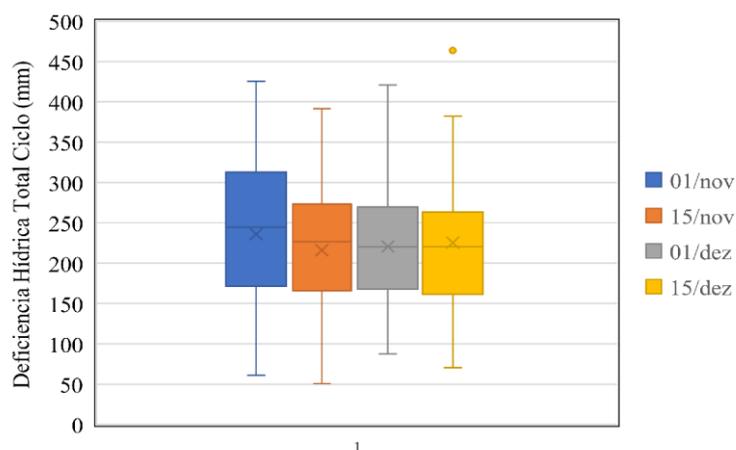
ausência de chuvas (SOUZA et al., 2016). Ao se observar a Figura 3D, nos subperíodos de R7 a R8 verifica-se que as menores deficiências hídricas ocorreram em cultivos nas datas de semeadura em 01/Dez e 15/Nov, com medianas de 16,6 e 19,3 mm, respectivamente (Figura 3D), apesar de não haver diferença estatística nas médias (Tabela 2). Para essas datas é possível melhor qualidade dos grãos, contudo há maior risco de chuvas no momento da colheita.

O déficit de água no período reprodutivo mais especificamente na fase final de floração e na formação das vagens pode levar a um abortamento das flores e vagens, no qual essa falta de carga pode ainda provocar uma segunda florada que normalmente é infértil resultando em retenção foliar (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005; SILVA; CANTERI; SILVA, 2013). Simeão et al. (2018) observaram que o

déficit hídrico nas fases de floração e enchimento de vagens inibiu o crescimento da cultivar BRS Sambaíba RR, contribuindo para a redução de até 33,2, 34,7, 41,3 e 13,7% da altura da planta, número de folhas, índice de área foliar e massa seca total, respectivamente, comparado ao controle.

Ao analisar em conjunto os dados dos quatro subperíodos (Figura 3) e a variabilidade da deficiência hídrica total do ciclo (Figura 4) constatou-se que as datas de cultivo entre 15 de novembro a 01 de dezembro apresentaram os menores déficits hídricos nas duas fases/subperíodos iniciais, apresentando assim maior potencial para o cultivo na região de Uberlândia. A semeadura muito precoce no dia 01/Nov além de maiores dispersões dos dados de déficit hídrico, observados em alguns subperíodos (Figura 3), apresenta maior intervalo interquartilístico quando se considera o ciclo completo da cultura (Figura 4).

**Figura 4.** Boxplot de variabilidade da Deficiência hídrica total do ciclo (mm) para a cultura da soja em diferentes datas de semeadura (01 de novembro; 15 de novembro; 01 de dezembro e 15 de dezembro) ao longo de 40 anos em Uberlândia-MG.



Fonte: Autores

Para as datas de plantio após 15 de novembro os valores da mediana de deficiência hídrica total são menores que em plantio mais precoce (01 de novembro), gerando assim na maioria dos anos estudados menores deficiência hídrica (Figura 4), em valores absolutos. Entretanto, estatisticamente as médias são iguais,

conforme a Tabela 2. O déficit hídrico é considerado um dos fatores limitantes da qualidade e produtividade da soja (GALÃO et al., 2014; TAVARES et al., 2013; FIETZ; URCHER, 2002).

## 6 CONCLUSÃO

Houve deficiência hídrica em todos os subperíodos fenológicos estudados para a cultura da soja em quaisquer dos momentos de semeadura estudados para a região de Uberlândia. Assim, a duração do déficit hídrico e a fase ou subperíodo em que ocorre são potencialmente os principais limitantes da produtividade em cultivo de soja não irrigado.

Os maiores valores de déficits hídricos encontrados na fase inicial e reprodutiva da cultura da soja foram os principais indicadores para recomendação do melhor momento de semeadura, levando em consideração uma longa série de dados meteorológicos (40 anos).

Para a região de Uberlândia-MG as datas de plantio entre os dias 15 de

novembro a 01 de dezembro apresentaram os menores déficits hídricos nas duas fases/subperíodos iniciais.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM)/PROPI -Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, pelo apoio e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica ao primeiro autor.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- AMORIM, F. A.; HAMAWAKI, O. T.; SOUSA L. B.; LANA, R. M. Q.; HAMAWAKI, C. D. L. Época de semeadura no potencial produtivo de soja em Uberlândia - MG. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1793-1802, 2011.
- ARANTES, N.; ZITO, R.; ZANETTI, A.; FRONZA, V.; SÁ M. E. L. Cultivares de soja: Minas Gerais e Região Central do Brasil: safra 2010/2011. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 47 p.
- CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018. DOI: 10.5965/223811711712018061. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/9684/pdf>. Acesso em: 12 maio 2020.
- CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; DALMIR, A.; ROSA, G. M. Demanda Hídrica das Culturas de Interesse Agrônomo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 969-985, 2013.
- CONAB. Perspectivas para a agropecuária - Safra 2019/2020. **Perspectivas para a Agropecuária**, Brasília, DF., v. 7, p. 1-100, 2019.

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Evangraf, 1996. 233 p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de Soja-região central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 355 p.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização do risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 415-421, 2001.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa, 2007. v. 48, 9 p. (Circular Técnico, 48).

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 261-277.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FIETZ, C. R.; URCHER, M. A. Deficiência hídrica da cultura da soja na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 262-265, dez. 2002.

FRIGERI, A. R.; LAZARINI, E.; ORIOLI JÚNIOR, V.; BERNARDES, V. S. Épocas de semeadura e população de plantas para três cultivares de soja. **Acta Iguazu**, Cascavél, v. 8, n. 4, p. 41-52, 2019.

GALÃO, O. F.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G.; SANTOS JÚNIOR, O. O.; MARUYAMA, S. A.; FIGUEIREDO, L. C.; BONAFE, E. G.; VISENTAINER, J. V. Differences of fatty acid composition in Brazilian genetic and conventional soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) grown in different regions. **Food research international**. Essex, v. 62, p. 589-594, 2014.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; FRAGA JUNIOR, E. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 6, p. 349-359, 2015. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v9n600368>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/288499201\\_Estresse\\_hidrico\\_em\\_diferentes\\_fases\\_da\\_cultura\\_da\\_soja](https://www.researchgate.net/publication/288499201_Estresse_hidrico_em_diferentes_fases_da_cultura_da_soja). Acesso em: 20 maio 2020.

KRISHNAN, P.; RAVENDER, S.; VERMA, A. P. S.; JOSHI, D. K.; SHEORAJ, S. Changes in seed water status as characterized by NMR in developing soybean seed grown under moisture stress conditions. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Philadelphia, v. 444, n. 4, p. 485-490, 2014.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31 p.

NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; MERTZ-HENNING, L. M.; FOLONI, J.; MORAES, L. A. C.; GONCALVES, S. Ecofisiologia da soja. *In*: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; JUNIO, A. A. B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; LEITE, R. M. V. B. C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 33-54.

PARDO, E. M.; VELLICCE, G. R.; AGUIRREZABAL, L.; IRUJO, G. P.; ROCHA, C. M. L.; GARCÍA, M. G.; ANGUEIRA, S. P.; WELIN, B.; SANCHEZ, J.; LEDESMA, F.; CASTAGNARO, A. P. Drought tolerance screening under controlled conditions predicts ranking of waterlimited yield of field-grown soybean genotypes. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 201, n. 4, p. 95-104, 2015.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A.; NENDEL, C. The Soybean Yield Gap in Brazil - Magnitude, Causes and Possible Solutions for a Sustainable Production. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 153, n. 8, p. 1394-1411, 2015.

SILVA, A. J.; CANTERI, M. G.; SILVA, A. L. Haste verde e retenção foliar na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 39, n. 3, p. 151-156, 2013.

SILVA, A.V.; SILVA, C. M.; PAVAN, B. E.; PESSOA, W. R. L. S.; MIELEZRSKI, F. Época de semeadura x grupos de maturação nos componentes de rendimentos de soja. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 27, n. 1, p. 44-56, 2018.

SIMEÃO, M.; ADERSON, S. A. J.; EVERALDO, M. S.; AURELIANO, A. R.; EDSON, A. B. Soybean development under soil water deficit. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 13, n. 15, p. 771-781, 2018. DOI: 10.5897/AJAR2017.12815. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/69729CC56624>. Acesso em: 20 maio 2020.

SOUZA, P. J. O. P.; FARIAS, S. O.; ROCHA, E. J. P.; SOUSA, A. M. L.; SOUZA, E. B. Consumo hídrico da soja no nordeste paraense. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. edição especial, p. 218-231, 2016.

SUYKER, A. E.; VERMA, S. B. Interannual water vapor and energy exchange in an irrigated maize-based agroecosystem. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 148, n. 3 p. 417- 427, 2008.

TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; BRUNES, A. P.; TUNES, L. M.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 8, p. 1357-1363, 2013.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. v. 8, 104 p. (Publications in Climatology, n. 1).

USDA. **Circular series wap 3-20**: World Agricultural Production. 1 ed. United States: USDA, 2020. 32 p.

ZANON, A. J.; RICHTER, G. L.; BECKER, C. C.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, A. P.; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER, P. S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p. 279-290, 2015.

ZHANG, J.; LIU, J.; YANG, C.; DU, S.; YANG, W. Photosynthetic performance of soybean plants to water deficit under high and low light intensity. **South African Journal of Botany**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 279-287, 2016.