

Planaltina, DF / Setembro, 2024

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTAVEL

13 ACÃO CONTRA A
MUDANÇA GLOBAL
DO CLIMA



Estabelecimento do momento de irrigação do trigo de inverno (BRS 264) para as condições edafoclimáticas do Cerrado do Brasil Central

Jorge Cesar dos Anjos Antonini⁽¹⁾, Alexsandra Duarte de Oliveira⁽¹⁾, Artur Gustavo Muller⁽¹⁾, Angelo Aparecido Sussel⁽¹⁾, Jorge Henrique Chagas⁽²⁾, Julio Cesar Albrecht⁽¹⁾, Marcos Vinicius Araújo dos Santos⁽³⁾, Altair Cesar Moreira de Andrade⁽³⁾, Lucas Oliveira Durães⁽³⁾ e Marielly de Souza Cavalcante⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisadores, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

⁽³⁾ Estagiários, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-
-Fortaleza
Caixa Postal 08223
73310-970, Planaltina, DF
www.embrapa.br/cerrados
www.embrapa.br/fale-conosco/
sac

Comitê Local de Publicações
Presidente
Eduardo Alano Vieira

Secretaria-executiva
Lidiamar Barbosa de Albuquerque

Membros
Alessandra de Jesus Boari
Alessandra Silva G. Faleiro
Angelo Aparecido Barbosa Sussel
Fábio Gelape Faleiro
Fabíola de Azevedo Araujo
Giuliano Marchi
Jussara Flores de Oliveira Arbus
Karina Pulrolnik
Maria Emilia Borges Alves
Natália Bortoleto Athayde Maciel

Edição executiva e
revisão de texto
Jussara Flores O. Arbus
Normalização bibliográfica
Marilaine Shauna Pelufe
(CRB-1/2023)
Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio
Diagramação
Wellington Cavalcanti
Publicação digital: PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

Resumo – O trigo (*Triticum aestivum*) é o segundo cereal mais produzido no mundo. A diferença entre a produção e o consumo no Brasil mostra que a produção de trigo deve ser aumentada para atender à demanda interna. O aumento da oferta pode ser obtido pelo incremento da área ou da produtividade, com o uso de tecnologias que viabilizem a produção com sustentabilidade econômica e ambiental. Nesse contexto, a irrigação tem um papel relevante, desde que utilizada adequadamente. O objetivo deste trabalho foi estabelecer o momento de irrigação do trigo (BRS 264) com base no fator de disponibilidade de água no solo (f), para as condições edafoclimáticas do Cerrado do Brasil Central. O estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, localizada na cidade de Planaltina, DF. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos foram diferenciados pelo fator de disponibilidade de água no solo (f) de 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8, na profundidade do solo de 0,4 m. Cada parcela foi constituída por 28 linhas de plantio, espaçadas em 0,175 m, com 6,0 m de comprimento. Os tratos culturais (adubação, regulador de crescimento, controle de pragas e invasoras) foram realizados de acordo com as recomendações técnicas da cultura do trigo para a região do Cerrado. O fator de disponibilidade de água no solo igual a 0,4 é o mais adequado para o manejo da irrigação do trigo.

Termos de indexação: *Triticum aestivum*, irrigação, manejo de água no solo, turno de rega.

Establishment of the irrigation timing for winter wheat ('BRS 264') for the edaphoclimatic conditions of the Central Brazilian Cerrado

Abstract – Wheat (*Triticum aestivum*) is the second most produced cereal in the world. The difference between production and consumption in Brazil shows that wheat production must be increased to meet domestic demand. An increase in supply can be obtained by increasing area or productivity using technologies that enable production with economic and environmental

sustainability. In this context, irrigation plays an important role, however it must be used appropriately. Therefore, the objective of this work was to establish of wheat irrigation (BRS 264) based on the soil water availability factor (f) for the edaphoclimatic conditions of the Cerrado of Central Brazil. The study was conducted in the experimental area of Embrapa Cerrados, located in the city of Planaltina, DF. The soil was classified Oxisol (Typic Haplustox). The experimental design consisted of randomized blocks with three replications. The treatments were differentiated by the soil water availability factor (f) of 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8, at a soil depth of 0.4 m. Each plot consisted of 28 planting lines, spaced 0.175 m apart, 6.0 m long. Cultural practices (fertilization, growth regulator, pest and invasive control) were carried out in accordance with the technical recommendations for wheat cultivation for the Cerrado region. The water availability factor equal to 0.4 is the most appropriate for wheat irrigation management, as it does not affect productivity or grain quality and provides less use of total water depth.

Index terms: *Triticum aestivum*, irrigation, soil water management, irrigation interval.

Introdução

Embora o trigo (*Triticum aestivum*) seja o segundo cereal mais cultivado no mundo (FAO, 2022), no Brasil, historicamente, a produção não é suficiente para satisfazer a demanda interna, sendo necessárias importações para cobrir o déficit (Souza; Vieira Filho, 2020). A área cultivada no País, na safra de 2023, foi de 3,09 milhões de hectares, com uma produção de 9,0 milhões de toneladas. No entanto, nesse mesmo período, o consumo foi de 12,4 milhões de toneladas (Conab, 2024). A autossuficiência na produção de trigo tem sido uma busca constante, por meio do melhoramento genético, de tecnologias de cultivo e da incorporação de novas regiões de produção, como é o caso da região dos cerrados do Brasil Central (Goiás, Minas Gerais, Distrito Federal, Bahia e Mato Grosso), onde se observa grande potencial para a produção de trigo, tanto em cultivo de sequeiro quanto irrigado (Souza; Vieira Filho, 2020).

A produtividade e a qualidade tecnológica dos grãos de trigo produzidos em sistema de cultivo irrigado na região do Cerrado do Brasil Central têm sido altamente satisfatórias. As novas cultivares, obtidas pelo programa de melhoramento genético do trigo irrigado, desenvolvido pela Embrapa e parceiros, apresentam produtividade de grãos em torno de 6 mil quilogramas por hectare (Albrecht, 2021). Uma

das cultivares mais utilizadas na região nos últimos 15 anos (2010 a 2024) foi a BRS 264, que ocupa 75% da área tritícola plantada (Albrecht, 2021). Segundo Albrecht et al. (2007), essa cultivar apresenta alta adaptabilidade a todas as condições do Cerrado do Brasil Central, com elevado potencial produtivo. É indicada para condições irrigadas, possui precoceza, com ciclo médio de 50 dias da emergência ao espigamento e 110 dias da emergência à maturação. Tem estatura média de plantas (90 cm), moderada resistência ao acamamento, espiga aristada e fusiforme, e o grão é classificado como vermelho e duro. Apresenta moderada suscetibilidade à germinação natural na espiga e resistência à debulha natural. Em relação à reação às doenças, a cultivar é moderadamente resistente ao crestamento, mas suscetível à ferrugem da folha, à helmintosporiose, ao oídio e à brusone. Apresenta massa do hectolitro (MH) em torno de 80 kg hL⁻¹ e massa de mil grãos (MMG) em torno de 39 g, o que, na industrialização, caracteriza a cultivar como do tipo 1 e com tamanho que facilita as operações de limpeza e moagem.

Considerando que a área com potencial para a produção de trigo irrigado no Cerrado é estimada em 1,5 milhão de hectares (Ribeiro Júnior et al., 2007) e que a área plantada em 2023 foi estimada em torno de 300 mil hectares (Conab, 2024), conclui-se que essa região possui relevante potencial para a expansão da produção de trigo no Brasil.

O uso da tecnologia de irrigação exige a adoção de estratégias apropriadas para o manejo da água, de forma a tornar a prática viável do ponto de vista econômico e ambiental, obtendo aumento de produtividade e qualidade, com redução no consumo de água e energia. Para tanto, é necessário definir os parâmetros de manejo da irrigação da cultura de interesse, no sentido de estabelecer o momento adequado para irrigar e a quantidade suficiente de água a ser aplicada (Brito et al., 2015).

Em irrigação, considera-se que a água disponível para a cultura está armazenada no perfil correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular, denominada capacidade de água disponível do solo (CAD), definida pela diferença entre a umidade do solo na capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) (Albuquerque, 2010). No entanto, quando o nível de esgotamento da CAD atinge um determinado limite, o rendimento das culturas começa a ser afetado pela condição hídrica do solo. Por isso, em função da cultura, das condições de clima e de solo, é estabelecido o fator de disponibilidade de água (f), que representa a fração limite de esgotamento da CAD, como indicativo do momento de irrigação (Bernardo et al., 2019).

Em condições de irrigação controlada, o atingimento desse limite de esgotamento pode ser observado pelo acompanhamento diário do balanço hídrico no solo, representado pela contabilização da água que entra na área cultivada (chuva e irrigação) e a que sai, representada pela evapotranspiração da cultura (ETc), que, para fins de manejo da água de irrigação, pode ser estimada a partir do produto entre a evapotranspiração de referência (ET₀) e o coeficiente de cultivo (K_c) da respectiva cultura (Allen et al., 1998).

Beshara et al. (2013), ao estudarem o manejo de irrigação do trigo em Kafr El-Sheikh, no Egito, constataram que a produtividade foi afetada para diferentes níveis de f, sendo a melhor resposta obtida com f = 0,4. No mesmo local, Amer et al. (2016) observaram que, além da produtividade, o peso de mil grãos também foi afetado, sendo a melhor resposta obtida com f = 0,5. Mahamed et al. (2011), ao avaliarem o efeito de f sobre o rendimento e peso de mil grãos do trigo de inverno, cultivado em condições semiáridas na Etiópia, concluíram que esses parâmetros foram afetados significativamente, e que os valores médios mais elevados foram registrados com f = 0,5. De modo geral, Doorenbos e Kassam (1979) recomendam f = 0,55 para o manejo de irrigação do trigo.

Embora existam estudos anteriores que estabelecem o momento de irrigação do trigo para a região do Cerrado, a maioria foi realizada com base na tensão de água no solo e utilizando cultivares抗gas, com potencial produtivo inferior ao das novas recomendadas (Guerra et al., 2003; Moreira et al., 2004). Assim, a hipótese aqui apresentada é que as necessidades hídricas das culturais mais produtivas sejam mais elevadas, necessitando, portanto,

de ajustes nos parâmetros que compõem o manejo da irrigação, de modo a proporcionar condições hídricas para que essas novas culturais expressem seu potencial produtivo. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estabelecer o momento de irrigação do trigo ('BRS 264') com base no fator de disponibilidade de água no solo (f), para as condições edafoclimáticas do Cerrado do Brasil Central.

A publicação contribui para a criação de métricas e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) contidos na Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas. Assim, o trabalho relaciona-se com o ODS 13 – Ação Climática –, no que se refere à resiliência e à capacidade de mitigar/adaptar sistemas agrícolas ao contexto das mudanças climáticas na agricultura, nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, localizada na cidade de Planaltina, DF (latitude: 15°35'30"S; longitude: 47°42'30"W; altitude: 1.030 m). Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (Cardoso et al., 2014), o clima da região é do tipo tropical Aw, caracterizado pela ocorrência de temperaturas médias superiores a 18 °C no mês mais frio. A precipitação média anual é de 1.345,8 mm, sendo 87% distribuída entre os meses de outubro a março, e 13% entre maio a setembro. A temperatura média anual é de 21,9 °C, com verão quente e úmido e inverno seco (Silva et al., 2017). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (Santos et al., 2013), e suas características físico-hídricas estão discriminadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-hídricas do solo da área experimental.

Camada (cm)	Areia	Argila (%)	Silte	Ds ⁽¹⁾	Cc ⁽²⁾ (g cm ⁻³)	PMP ⁽³⁾ (cm ³ cm ⁻³)	CAD ⁽⁴⁾ (mm)
0 a 20	33	52	16	1,08	0,32	0,19	26,00
20 a 40	32	54	14	1,06	0,31	0,19	24,40

⁽¹⁾ Densidade do solo.

⁽²⁾ Capacidade de campo.

⁽³⁾ Ponto de murcha permanente.

⁽⁴⁾ Capacidade de água disponível.

O experimento foi instalado em área de plantio direto, em 12 parcelas (6 × 6 m), separadas entre si por 12 m (Figuras 1 e 2), sendo cada parcela constituída por 28 linhas de plantio de trigo, espaçadas a 0,175 m. O plantio ocorreu no início da estação seca, no mês de maio, nos anos de 2021, 2022 e

2023, utilizando-se a 'BRS 264'. O plantio foi realizado para obter uma densidade de 420 plantas por metro quadrado (Albrecht, 2021).

Os tratamentos aplicados foram em função do fator de disponibilidade de água no solo (f), na profundidade efetiva do sistema radicular do trigo,

estabelecida em 0,4 m, para as condições do solo. Os níveis de f estudados foram 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8, ou seja, as irrigações foram processadas quando 20, 40, 60 e 80% da capacidade de água disponível no solo (CAD) foram consumidas pela evapotranspiração da cultura. A CAD foi definida como a lâmina de água retida no solo entre a capacidade de campo (Cc) e o ponto de murcha permanente (Pmp), na profundidade efetiva do sistema radicular do trigo (Tabela 1) (Bernardo et al., 2019).

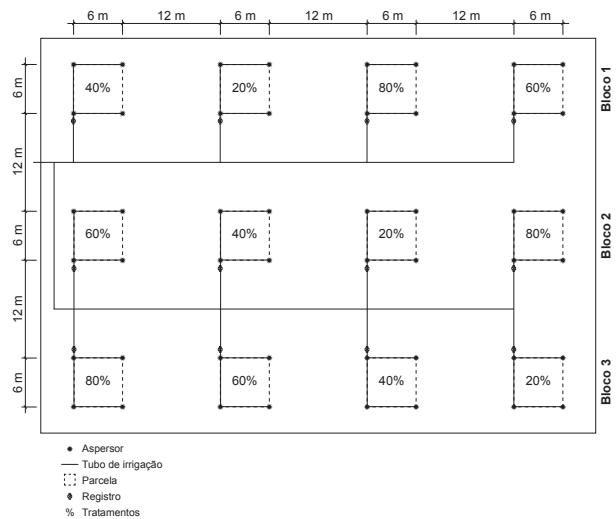


Figura 1. Desenho da área experimental.

Ilustração: Wellington Cavalcanti.

Fonte: Antonini et al. (2024).



Figura 2. Imagem da área experimental.

Fonte: Antonini et al. (2024).

Os tratos culturais (adubação, regulador de crescimento, controle de pragas e plantas invasoras) foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do trigo na região do Cerrado (Antonini et al., 2024). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os parâmetros avaliados foram produtividade (P), massa do hectolitro (MH) e massa de mil grãos (MMG). Inicialmente, foi analisada a homocedasticidade entre os experimentos (anos) para cada parâmetro, para posteriormente se realizar a análise conjunta dos anos experimentais. Em seguida, foi realizada a análise de variância ($p < 0,05$) e, quando houve significância estatística, foi feita

a comparação entre médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (Gomes, 1991).

Após o plantio, todas as parcelas foram irrigadas utilizando-se um sistema de irrigação convencional, com quatro aspersores de impacto por parcela, operando com pressão de 1,4 bar e vazão de $0,804 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. O sistema foi avaliado em campo, e a intensidade de aplicação de água estimada foi de 9 mm h^{-1} , com 95% de uniformidade na distribuição de água na área da parcela. Na primeira irrigação, foi aplicada uma lâmina de água de 20 mm. A seguir, com intervalos de 2 dias, foram realizadas mais duas irrigações, aplicando-se uma lâmina de água suficiente para elevar a umidade do solo ao nível de capacidade de campo (Cc) na profundidade efetiva do sistema radicular. A partir do estabelecimento da cultura, foram aplicados os tratamentos. Para decidir o momento de irrigação e a quantidade de água a ser aplicada em cada tratamento, foi feito um balanço hídrico diário. As irrigações foram realizadas no momento em que se atingia o nível de depleção de cada tratamento, aplicando-se uma lâmina de água suficiente para elevar o perfil de controle novamente à umidade de capacidade de campo (Cc).

O acompanhamento da depleção da capacidade de água disponível (CAD) foi realizado por meio do monitoramento diário da umidade do solo, entre as irrigações, nas profundidades de 0,10 m, 0,30 m e 0,50 m, com o auxílio de uma sonda de nêutrons. A estimativa da porcentagem de consumo da CAD (PCCAD) foi obtida diariamente, utilizando-se a Equação 1, alimentada com os dados de umidade atual e características físico-hídricas do solo da área experimental.

$$PC_{CAD} = \{[(\theta_{Cc10} - \theta_{A10}) \times E_{C10}] + [(\theta_{Cc30} - \theta_{A30}) \times E_{C30}]\} \times \frac{100}{CAD} \quad (1)$$

em que

PC_{CAD} = percentagem de consumo da CAD (%).

θ_{Cc10} = umidade na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) na profundidade de 10 cm.

θ_{A10} = umidade atual do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) na profundidade de 10 cm.

E_{C10} = Espessura da camada de solo (mm), com umidade estimada na profundidade de 10 cm.

θ_{Cc30} = umidade na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) na profundidade de 30 cm.

θ_{A30} = umidade atual do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) na profundidade de 30 cm.

E_{C30} = espessura da camada de solo (mm), com umidade estimada na profundidade de 30 cm.

CAD = capacidade de água disponível no solo (mm), na camada de 40 cm de espessura.

As irrigações foram suspensas, em todos os tratamentos, quando se observou a maturação fisiológica do grão de trigo.

As amostras para estimativa da produtividade de grãos (P), a massa do hectolitro (MH) e massa de mil grãos (MMG) constaram de cinco linhas, com 5 m de comprimento, localizadas na parte central da parcela experimental. Os efeitos dos diferentes tratamentos de f na produtividade, massa do hectolitro (MH) e massa de mil grãos (MMG) foram avaliados para identificar o momento adequado de irrigação e foi considerado aquele, em que o f utilizado proporcionou estatisticamente a maior produtividade e qualidade de grãos.

Resultados e discussão

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk, a 5% de significância, os resíduos seguem a distribuição normal e, portanto, a análise de variância foi utilizada no estudo dos dados obtidos dos diferentes parâmetros estudados. Procedeu-se à análise conjunta dos dados, uma vez que os quocientes obtidos por meio da razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo das análises de variância individuais dos parâmetros revelaram valores inferiores a sete, indicando a existência de homogeneidade nas variâncias dos erros entre os 3 anos experimentais.

A lâmina de água aplicada (LA) e o número de irrigações (NI) realizadas ao longo do ciclo da cultura assumiram valores variáveis de acordo com o f utilizado para indicar o momento da irrigação (Tabela 2). As diferenças observadas para LA e NI indicam que, no manejo de irrigação, é importante o conhecimento do momento adequado para se processar as irrigações, o que se refletirá em economia de água e energia.

Tabela 2. Valores dos parâmetros determinados para o período de 2021 a 2023.

Fator de disponibilidade de água (f)	Lâmina de água (mm)	Número de irrigações (unidade)
0,2	498,23	38
0,4	486,40	21
0,6	459,17	14
0,8	444,68	11

De acordo com a Anova, houve diferença significativa para produtividade quando considerado um

dos fatores (f ou A) ($p < 0,05$). Porém, a interação entre eles não apresentou diferença significativa, o que permite que a análise dos resultados seja feita em função da média dos valores. Adicionalmente, houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores disponibilidade de água no solo e ano de cultivo para os componentes de qualidade, massa do hectolitro (MH) e massa de mil grãos (MMG) (Tabela 3).

Observa-se, na Tabela 4, que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey entre as médias de produtividade quando se compararam os níveis de esgotamento da CAD no momento da irrigação igual a 0,2 e 0,4. Entretanto, ambos apresentaram produtividade significativamente maior quando comparados aos níveis de esgotamento da CAD igual a 0,6 e 0,8, que foram semelhantes entre si. Esses resultados sugerem que, quando as irrigações são realizadas com $f = 0,4$, pode-se economizar água e energia e ainda assim obter a produtividade máxima da cultura.

Esses resultados demonstram que o nível de umidade do solo, no momento da irrigação, influencia a produtividade de grãos de trigo, provavelmente devido à maior dificuldade de absorção de água e nutrientes provocada pelo aumento da força de retenção de água à medida que a umidade do solo diminui. O estresse hídrico pode reduzir a translocação de assimilados das folhas, além de diminuir a fotossíntese, contribuindo para a redução da produtividade de grãos (Aurangzaib et al., 2021). Vários estudos têm relatado que o decréscimo da capacidade de água disponível, a partir de um determinado nível, provoca queda na produtividade do trigo (Agami et al., 2018; Adrees et al., 2020; Pour-Aboughadareh et al., 2020; Soares et al., 2021). Alguns resultados de pesquisas corroboram os obtidos neste estudo, como no caso de Beshara et al. (2013), em Kafr El-Sheikh, no Egito, onde observaram que a produtividade do trigo foi afetada para diferentes níveis de f , sendo a melhor resposta obtida quando se utilizou $f = 0,4$. No mesmo local, Amer et al. (2016) observaram o mesmo comportamento da produtividade em relação a f , mas a melhor resposta foi obtida para $f = 0,5$. Por outro lado, Mahamed et al. (2011), ao avaliarem o efeito de f sobre o rendimento de grãos de trigo de inverno cultivado em condições semiáridas na Etiópia, concluíram que a produtividade foi significativamente afetada em função de f , e constataram que os valores mais elevados de produtividade foram obtidos quando se utilizou $f = 0,5$. De modo geral, Doorenbos e Kassam (1979) recomendam $f = 0,55$ para o manejo de irrigação do trigo.

Tabela 3. Resumo da análise de variância conjunta, média e coeficiente de variação (CV%) dos parâmetros de produtividade de grãos em kg ha⁻¹ (P), massa do hectolitro em kg hL⁻¹ (MH) e massa de mil grãos em g (MMG) avaliados na cultivar de trigo (*Triticum aestivum*) (BRS 264) irrigado, quando o fator de disponibilidade de água (f) atingia os valores de 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8, nas safras de 2021, 2022 e 2023, em Planaltina, DF.

FV ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	QM ⁽³⁾		
		P ⁽⁴⁾	MH ⁽⁵⁾	MMG ⁽⁶⁾
Fator de disponibilidade de água (f)	3	3.821.681,05*	1,56*	4,47 ^{ns}
Ano de cultivo (A)	2	19.421.353,67*	8,31*	40,47*
f x A	6	1.078.798,76 ^{ns}	3,50*	11,18*
Resíduo (R)	22	443.067,56	0,29	2,64
Total	35	—	—	—
Média	—	6.312,28	80,74	36,01
Coeficiente de Variação (CV%)	—	10,6	0,67	4,51

⁽¹⁾Fonte de variação.

⁽²⁾Grau de liberdade.

⁽³⁾Quadrado médio.

⁽⁴⁾Parâmetros de produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

⁽⁵⁾Massa do hectolitro (kg hL⁻¹).

⁽⁶⁾Massa de mil grãos (g).

Traço (—): informação não aplicável.

^{ns} Não significativo.

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Tabela 4. Produtividade média do trigo (*Triticum aestivum*) (BRS 264) em função do fator de disponibilidade de água no solo (f), no momento de irrigação, e do ano de cultivo, nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal.

Fator de disponibilidade de água no solo (f)	Produtividade (kg ha ⁻¹)			Média (kg ha ⁻¹)	
	Ano de cultivo				
	2021	2022	2023		
0,2	6.990,72	8.469,83	5.337,90	6.932,82 a	
0,4	7.136,09	7.857,40	5.448,75	6.814,08 a	
0,6	4.714,86	7.293,32	5.065,32	5.691,17 b	
0,8	4.993,94	7.274,60	5.164,58	5.811,04 b	
Média	5.958,90 b	7.723,79 a	5.254,14 c		

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

Na Tabela 5, consta o desdobramento das médias do parâmetro massa do hectolitro (MH). Esse parâmetro é utilizado na classificação e comercialização do trigo, sendo influenciado pela uniformidade, forma, densidade, tamanho do grão, conteúdo de matérias estranhas e de grãos quebrados na amostra. O trigo é classificado como do tipo 1 quando apresenta valor mínimo de 78 kg hL⁻¹, e considera-se que, quanto maior o seu valor, maior o rendimento de farinha e, portanto, melhor a qualidade do produto (Nunes et al., 2011). Observa-se, ainda, que os valores médios de MH foram todos acima do mínimo, independentemente do ano de cultivo e do fator de disponibilidade de água adotado no

momento da irrigação, demonstrando que a classificação do trigo não foi afetada.

No entanto, ao se analisar individualmente os fatores de disponibilidade de água no solo (Tabela 5), observa-se que, em 2021, quando se utilizou f = 0,2, o valor de MH foi significativamente maior do que quando se utilizou f = 0,8, resultado este contrário ao obtido em 2022. Por outro lado, em 2023, os valores de MH não foram significativamente diferentes entre si para todos os valores de f utilizados. Observa-se, ainda, que os valores de MH foram significativamente maiores em 2021 quando comparados aos obtidos em 2022 e 2023 para f = 0,2; 0,4 e 0,6, diferindo apenas para f = 0,8,

em que o valor de MH foi significativamente maior em 2022.

Diante desses resultados, não é possível afirmar que o fator de disponibilidade de água no solo interferiu de maneira homogênea no valor de MH nas condições em que foi realizado o experimento. É importante salientar que as diferenças

significativas encontradas em 2021 e 2022 têm influência da alta precisão de estimativa deste parâmetro, indicada pelo baixo valor do coeficiente de variação do erro ($CV = 0,67\%$) obtido na análise de variância (Tabela 3). Mesmo com todos os valores significativamente inferiores, eles ainda são elevados e mantêm os grãos na classe 1.

Tabela 5. Efeitos da interação fator de disponibilidade de água no solo versus ano de cultivo para o parâmetro massa do hectolitro, avaliado na cultivar de trigo (*Triticum aestivum*) (BRS 264), nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal.

Fator de disponibilidade de água no solo (f)	Média da massa do hectolitro ($kg\ hL^{-1}$)		
	Ano de cultivo		
	2021	2022	2023
0,2	82,42 Aa	80,13 Bb	80,22 Ab
0,4	82,08 Aa	79,38 Bb	80,28 Ab
0,6	81,42 ABa	79,75 Bb	79,55 Ab
0,8	80,75 Bb	82,65 Aa	80,20 Ab

Médias seguidas da mesma letra maiúscula e minúscula, na coluna ou na linha, respectivamente, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O desdobramento das médias do parâmetro massa de mil grãos (MMG) está explicitado na Tabela 6. Este parâmetro é utilizado para classificar o trigo pelo tamanho. Os grãos de trigo podem ser classificados de acordo com o tamanho em muito pequenos (PMG de 15 a 25 g), pequenos (PMG de 26 a 35 g), médios (PMG de 36 a 45 g), grandes (PMG de 46 a 54 g) e muito grandes (PMG ≥ 55 g). Grãos de tamanho excessivo não são desejados pela indústria, pois podem provocar perdas devido às dificuldades de regulagem dos equipamentos de limpeza e moagem, enquanto grãos pequenos podem passar pelas peneiras de limpeza e causar perdas na produção de farinha, pela diminuição da quantidade de trigo moído (Guarienti, 1993).

Na Tabela 6, pelos valores de MMG, observa-se que os grãos de trigo produzidos em função do f podem ser classificados como pequenos em 2021, com exceção quando se utilizou $f = 0,4$ (grão médio). Na produção de 2022/2023, os grãos foram classificados como médios, com exceção quando se utilizou $f = 0,2$ em 2022 (grão pequeno). O comportamento da MMG em relação a f foi semelhante ao comportamento da MH, visto que esses parâmetros são definidos levando em consideração a massa de um volume e de uma quantidade de grãos, respectivamente. Observa-se ainda que, em todos os anos de cultivo, os grãos produzidos foram classificados como de tamanho médio quando se utilizou $f = 0,4$, tal como desejado pela indústria de farinha.

Tabela 6. Efeitos da interação fator de disponibilidade de água no solo versus ano de cultivo para o parâmetro massa de mil grãos (MMG), avaliado na cultivar de trigo (*Triticum aestivum*) (BRS 264), nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal.

Fator de disponibilidade de água no solo (f)	Média da massa de mil grãos (g)		
	Ano de cultivo		
	2021	2022	2023
0,2	34,67 ABb	34,17 Bb	38,33 Aa
0,4	36,33 Aa	37,83 Aba	37,00 Aa
0,6	33,33 ABb	36,50 ABab	37,50 Aa
0,8	31,33 Bb	38,67 Aa	36,50 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula e minúscula, na coluna e na linha, respectivamente, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos neste experimento divergem dos obtidos por Mahamed et al. (2011), no Centro de Pesquisa Agrícola de Malkassa, na Etiópia, em que constataram uma diminuição significativa dos valores MMG ao utilizarem valores de $f = 0,50$, $0,60$ e $0,75$. Outros pesquisadores, como Karam et al. (2009) e Johari-Pireivatlou (2010), também relatam que à medida que aumenta o valor de f , a MMG diminui.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal, pelo apoio financeiro (FAPDF N° 00193-00001136/2021-13).

Conclusão

Os resultados permitiram indicar um uso racional de água para irrigação sem afetar a produtividade e a qualidade do grão. Assim, o fator de disponibilidade de água no solo (f) igual a $0,4$ é o mais adequado para o manejo da irrigação do trigo de inverno no Cerrado do Brasil Central.

Referências

- ADREES, M.; KHAN, Z. S.; ALI, S.; HAFEEZ, M.; KHALID, S.; REHMAN, M. Z. U.; HUSSAIN, A.; HUSSAIN, K.; CHATHA, S. A. S.; RIZWAN, M. Simultaneous mitigation of cadmium and drought stress in wheat by soil application of iron nanoparticles. *Chemosphere*, v. 238, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124681>.
- AGAMI, R. A.; ALAMRI, S. A. M.; ABD EL-MAGEED, T. A.; ABOUSEKKEN, M. S. M.; HASHEM, M. Role of exogenous nitrogen supply in alleviating the deficit irrigation stress in wheat plants. *Agricultural Water Management*, v. 210, p. 261-270, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.034>
- ALBRECHT, J. C. **Cultivar Trigo BRS 264**: precocidade, qualidade industrial e altos rendimentos para o cerrado do Brasil Central. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 14 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 49).
- ALBRECHT, J. C.; VIEIRA, E. A. V.; SILVA, M. S. E.; ANDRADE, J. M. V. de; SCHEEREN, P. L.; TRINDADE, M. da G.; SOARES SOBRINHO, J.; SOUSA, C. N. A. de; REIS, W. P.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; FRONZA, V.; CARGNIN, A.; YAMANAKA, C. H. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1727-1734, dez. 2007.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Manejo de irrigação. *Informe Agropecuário*, v. 31, n. 259, p. 17-24, nov./dez. 2010.
- 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).
- AMER, M. M.; AIAD, M. A.; EL-SANAT, G. M. A. Impact of different soil moisture depletion, nitrogen and biofertilizer application levels on yield-water productivity of wheat and sunflower at north delta. *International Journal of Advanced Research*, v. 4, n. 8, p. 2180-2191, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.2147/IJAR01/1436>.
- ANTONINI, J. C. dos A.; MULLER, A. G.; OLIVEIRA, A. D. de; RIBEIRO, F. P.; CHAGAS, J. H.; SUSSEL, A. A. B.; MALAQUIAS, J. V.; SANTOS, M. V. A. dos; ALBRECHT, J. C. Winter wheat irrigation parameters in the Brazilian Cerrado. *Australian Journal of Crop Science*, v. 2, p. 99-106, 2024.
- AURANGZAIB, M.; AHMAD, Z.; JALIL, M. I.; NAWAZ, F.; SHAHEEN, M. R.; AHMAD, M.; HUSSAIN, A.; EJAZ, M. K.; TABASSUM, M. A. Foliar spray of silicon confers drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) by enhancing morpho-physiological and antioxidant potential. *Silicon*, v. 12, p. 4793-4807, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01271-5>.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. DA; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: UFV, 2019. 545 p.
- BESHARA, A. T.; BORHAM, T. I.; SAIED, M. M.; EL-HASSANIN, A. S. Impact of soil moisture depletion and splitting the recommended nitrogen fertilizer rate on water requirements and water use efficiencies of wheat crop in North Africa. *Egyptian Journal Soil Science*, v. 53, n. 2, p. 249-266, 2013.
- BRITO, R. R. de; GRASSI FILHO, H.; SAAD, J. C. C.; OLIVEIRA, S. R. M. Produtividade do feijoeiro sob diferentes potenciais matriciais e fatores de depleção da água no solo. *Nativa*, Sinop, v. 3, n. 2, p. 109-114, abr./jun.2015. DOI: [10.31413/nativa.v3i2.2039](https://doi.org/10.31413/nativa.v3i2.2039).
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de köppen-geiger para o estado de goiás e o distrito federal. *Acta Geographica*, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300019>.
- CONAB. **Série Histórica de Grãos**: Trigo, 2024. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>. Acesso em: 21 maio 2024.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua em rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Estúdio FAO. Riego y Drenage, 33).

FAO. **Agricultural production statistics: 2000-2020.** Rome, 2022. (FAOSTAT Analytical Brief Series, n. 41). Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9180e>. Acesso em: 20 out. 2023.

GOMES, F. P. Análise de grupos de experimentos. In: GOMES, F. P. (ed.). **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: Nobel, 1991. p. 168-197.

GUARENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1993. 27 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 8).

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; ROCHA, O. C.; EVANGELISTA, W. **Necessidades hídricas no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no bioma Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/568970>. Acesso em: 24 out. 2024.

JOHARI-PIREIVATLOU, M. Effect of water stress on yield and proline content of four wheat lines. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 036-040, 2010.

KARAM, F.; KABALAN, R.; BREIDI, J.; ROUPHAEL, Y.; OWEIS, T. Yield and water function of two durum wheat cultivars growing under different irrigation and nitrogen regimes. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 4, p. 603-615, 2009.

MAHAMED, M. B.; SABOROL, E.; TILAHUN HORDOFA, KAEWRUENG, S. VERAWUDH, J. Effects of soil moisture depletion at different growth stages on yield and water use efficiency of bread wheat grown in semi arid conditions in Ethiopia. **Kasetsart Journal, Natural Science**, v. 45, n. 2, p. 201-208, 2011.

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; TRINDADE, M. DA G.; CÁNOVAS, A. D. **Manejo da irrigação para o trigo no sistema plantio direto.** Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2004, 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 91). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/213631>. Acesso em: 24 out. 2024.

NUNES, A. DA S.; SOUZA, L. C. F. DE; VITORINO, A. C. T.; MOTA, L. H. DE S. Adubos verdes e doses de

nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, out./dez. 2011.

DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32n4p1375.

POUR-ABOUGHADAREH, A.; MOHAMMADI, R.; ETMINAN, A.; SHOOSHTARI, L.; MALEKI-TABRIZI, N.; POCZAI, P. Effects of drought stress on some agronomic and morpho-hysiological traits in Durum wheat genotypes. **Sustainability**, v. 12, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12145610>.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S. e. Viabilidade do cultivo do trigo no Cerrado do Brasil Central. In: FALEIRO, F. G.; SOUSA, E. S. **Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação para o Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. Cap. 5, p. 55-60.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, F. A. M.; EVANGELISTA, B. A.; MALAQUIAS, J. V.; OLIVEIRA, A. D.; MULLER, A. G. **Análise Temporal de Variáveis Climáticas Monitoradas entre 1974 e 2013 na Estação Principal da Embrapa Cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. 121 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 340). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092102>. Acesso em: 30 set. 2024.

SOARES, G. F.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; PEREIRA, L. F.; LIMA, C. A. de; SOARES, D. dos S.; MULLER, O.; RASCHER, U.; RAMOS, M. L. G. Characterization of wheat genotypes for drought tolerance and water use efficiency. **Scientia Agricola**, v. 78, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0304>.

SOUZA, R. G. de; VIEIRA FILHO, E. R. **Produção de trigo no Brasil:** indicadores regionais e políticas públicas. Brasília, DF: Ipea, 2020. 39 p.