



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



COMUNICADO
TÉCNICO

243

Sete Lagoas, MG
Julho, 2020



Planilha para o manejo simplificado da irrigação do milho para produção de grãos

Paulo Emílio Pereira de Albuquerque
Daniel Pereira Guimarães

Planilha para o manejo simplificado da irrigação do milho para produção de grãos

Introdução

A irrigação de culturas graníferas deve se acentuar doravante, tendo em vista o grande potencial dessas culturas como *commodities*. Entretanto, somente a prática da irrigação em si como tecnologia para o incremento da produtividade não é suficiente, pois há necessidade de agregar também a otimização dos demais insumos, além da água, para obtenção de uma agricultura irrigada de sucesso. Porém, com o foco somente sobre a irrigação, pode-se notar ainda pouco avanço em sua técnica de manejo, ou seja, há ainda muito empirismo e muitas práticas de tentativa e erro quando o tema é programar a irrigação das culturas para o alcance do seu momento e da respectiva lâmina de água corretos.

A maior dificuldade para fazer um manejo de irrigação correto ou mais próximo do correto reside no fato da

escassez de dados de clima, de solo e de cultura, principalmente, e da oferta de ferramentas de cálculos que estejam prontamente acessíveis e que sejam de uso prático e simplificado.

Embora existam diversas ferramentas de tecnologia da informação (TI) disponíveis, a maioria delas ainda requer que se obtenham dados dinâmicos de clima e banco de dados de características de solos e de culturas (Albuquerque, 2007). Normalmente, a maioria dos métodos para manejo de irrigação se baseia em variáveis do clima ou do solo ou, ainda, da combinação entre ambos. A planilha proposta se baseia com mais ênfase no clima, e essa necessidade de variáveis climáticas é fundamental para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o), que visa obter a demanda hídrica de qualquer cultura.

Atualmente, dados de ET_o podem ser obtidos de imagens de satélite diárias distribuídas pelo sistema NASA-POWER (Stackhouse Jr. et al., 2015) em tempo real ou quase real, além de sua série histórica.

Esta publicação objetiva apresentar uma planilha eletrônica que fornece de forma simplificada o turno de rega e a

respectiva lâmina de irrigação em quatro fases do ciclo da cultura do milho, em função da entrada de poucas características de clima, de solo e da cultura em si. Adicionalmente, um calendário de irrigação é apresentado, de acordo com a data de plantio, onde também se pode incluir a precipitação pluviométrica medida diariamente. O trabalho atende ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 12 – “Consumo e Produção Responsáveis”, tendo em vista que boas práticas de produção, mais especificamente o manejo de irrigação correto, são fatores primordiais para uma produção sustentável, com menor impacto ao meio ambiente, o que favorece também a sustentabilidade econômica da produção agrícola.

Divisão do ciclo da cultura do milho

Para efeito de manejo de irrigação para a cultura do milho (obtenção de coeficientes de cultura – K_c , e crescimento radicular – Z_0 a Z_{max}), o ciclo de desenvolvimento do cereal foi dividido em quatro fases, conforme Doorenbos e Pruitt (1977) e Allen et al. (1998). Considerou-se para efeitos práticos e simplificações que cada uma das quatro fases corresponde a 25% do ciclo total (Figura 1).

O crescimento radicular começa na profundidade de semeadura (Z_0), a 5 cm, desenvolvendo-se de forma linear até atingir o máximo ao final da Fase 2 (Z_{max}) (Figura 1).

Dentre as quatro fases onde há crescimento radicular e variações nos valores de K_c , houve subdivisões das fases em A, B e C, o que ocorreu nas fases 1, 2 e 4. Na Fase 1, embora K_c seja constante, há aumento de Z ; na Fase 2, há variação crescente no valor de K_c e aumento também de Z ; na Fase 3, Z (Z_{max}) e K_c (K_{c-max}) são constantes, e na Fase 4 o K_c é decrescente (até atingir o valor de 0,35 na maturação fisiológica) com Z constante (Z_{max}). Em termos da fenologia da cultura, pode-se considerar, para efeitos de manejo de irrigação, que a Fase 1 corresponde da semeadura até 50% do crescimento vegetativo; a Fase 2, de 50% até o pendoamento; a Fase 3 (período reprodutivo), do pendoamento até formação de grãos leitosos; e a Fase 4, de grãos pastosos até a maturação fisiológica (Magalhães et al., 1994).

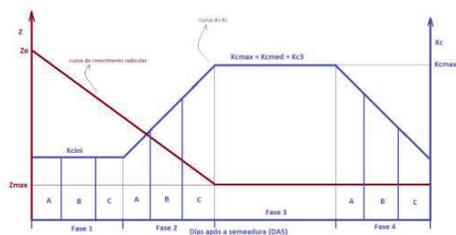


Figura 1. Divisão em quatro fases do ciclo da cultura do milho para obtenção de coeficientes de cultura (K_c) e crescimento radicular da semeadura (Z_0) até um valor máximo efetivo (Z_{max}).

Planilhas componentes da pasta de trabalho

A pasta de trabalho “Manirrig-Milho_v1” é composta por sete planilhas: Fase 1, Fase 2, Fase 3, Fase 4, Resumo, Calendário e ETo-Sete Lagoas, como são apresentadas nos Apêndices I, II, III, IV, V, VI e VII, respectivamente.

A pasta de trabalho mencionada pode ser acessada em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1123922>

Planilha “Fase 1”

A planilha “Fase 1” corresponde ao início do ciclo da cultura, ocasião em que se entra com a maioria dos dados para o manejo de irrigação.

As quatro primeiras células a serem preenchidas são de caracterização geral da cultura, portanto com valores selecionados válidos para o ciclo completo da cultura e, por isso, também válidos para as demais fases.

Convencionou-se que todas as entradas de dados nas planilhas sejam feitas em células na cor amarela, para ficarem mais fáceis as respectivas localizações.

Também se convencionou que as células informativas de opções possuem as cores azul, verde e laranja, sendo que as condições mais favoráveis são

de cor azul, as condições médias, verde, e as mais desfavoráveis são laranja. Em nenhuma célula para entrada de dados são aceitos valores fora do intervalo estipulado.

Há um total de sete células a serem preenchidas nessa fase, cujas identificações são: B5, E5, H5, K5, N5, Q5 e T5.

A primeira célula amarela a ser preenchida está à esquerda e se refere à duração do ciclo total da cultura, em dias, podendo variar de 80 a 160 dias, desde a sementeira até a maturação fisiológica (Figura 2).

Duração total do ciclo (dias):	130
	opções:
desde a sementeira (de 80 a 160 dias)	80 a 160

Figura 2. Célula amarela B5 na planilha “Fase 1” para entrar com a duração do ciclo da cultura do milho (Por exemplo, 130 dias).

A segunda célula é a capacidade de água disponível no solo (CAD), em % volume, com quatro opções. Normalmente, solos mais arenosos, com baixa capacidade de retenção, estão em torno de 5% volume, e solos mais argilosos, com alta capacidade de retenção possuem CAD acima de 15% volume (Figura 3). Mais detalhes sobre CAD e como obter os seus valores são abordados por Reichardt (1987).

Capacidade de água disponível do solo (CAD) (% volume):	2
opções:	
5%	< 1
10%	< 2
15%	< 3
20%	< 4

Figura 3. Célula amarela E5 na planilha “Fase 1” correspondente à capacidade de água disponível do solo (CAD) com quatro opções em % volume (Por exemplo, opção 2 – solo com 10% volume de CAD).

A terceira célula é a umidade inicial do solo (U_i), em % da CAD, com cinco opções, desde solo totalmente seco (0% CAD) até totalmente úmido (100% CAD) (Figura 4). A U_i é importante para a determinação da irrigação do dia do plantio, de tal forma a irrigar o perfil do solo até a profundidade máxima efetiva do sistema radicular da cultura (Z_{max}). A U_i deve ser determinada até a Z_{max} tendo em vista que a reserva de água ficará disponível até o sistema radicular atingir a Z_{max} .

Umidade inicial do solo (U_i):	4
opções:	
0% CAD	< 1
25% CAD	< 2
50% CAD	< 3
75% CAD	< 4
100% CAD	< 5

Figura 4. Célula amarela H5 na planilha “Fase 1” para entrada da umidade inicial do solo no dia do plantio, em % da CAD, com cinco opções, sendo 0% CAD solo totalmente seco e 100% CAD solo totalmente úmido (Por exemplo, opção 4 – 75% da CAD).

A quarta célula é referente à profundidade efetiva máxima do sistema radicular (Z_{max}). Em milho essa profundidade pode variar muito, entretanto na maioria dos casos, considera-se que está na faixa de 40 a 60 cm (Figura 5). Para uma profundidade maior, a cultura possui uma reserva hídrica também maior.

Profundidade máxima efetiva do sistema radicular (Z) (cm):	2
opções:	
40	< 1
50	< 2
60	< 3

Figura 5. Célula amarela K5 na planilha “Fase 1” para entrada da profundidade máxima efetiva do sistema radicular (Z_{max}), em cm, com três opções, de 40, 50 e 60 cm (Por exemplo, opção 2 – 50 cm).

A quinta célula se refere ao fator de disponibilidade (f) da água no solo, em % da CAD. Para milho, normalmente está na faixa de 0,4 a 0,6, ou 40% a 60% da CAD, respectivamente (Figura 6). Esse valor pode ser diferente em função da fase do milho. Um valor mais baixo (40% CAD) significa que o solo se mantém mais úmido entre irrigações, e valor mais elevado (60% CAD), que o solo pode secar um pouco mais. Em condições de alta demanda hídrica (muito calor, baixa umidade do ar e muito vento) e na fase inicial da cultura é recomendável manter o solo mais úmido (40% CAD), e em condições contrárias, o solo um pouco mais seco (60% CAD).

Fator de disponibilidade da água no solo (f):	2
opções:	
40% CAD	< 1
50% CAD	< 2
60% CAD	< 3

Figura 6. Célula amarela N5 na planilha “Fase 1” em que há três opções para o fator de disponibilidade (f) da água no solo (Por exemplo, opção 2 – 50% da CAD).

A sexta célula é o valor predominante da evapotranspiração de referência (ET_o), em mm/dia, predominante para essa Fase 1. Esse valor pode variar de 0 a 10 mm/dia, podendo inclusive ser digitado um valor fracionado (Figura 7). Em condições de alta demanda evaporativa (clima quente, seco e com mais vento) os seus valores são mais altos, e o inverso é observado em condições de baixa demanda. Nas condições brasileiras, dificilmente a ET_o atinge valores próximos de 10 mm/dia. Mais detalhes sobre a obtenção de valores de ET_o, incluindo a descrição do método de Penman-Monteith como o padrão, podem ser observados em Allen et al.(1998).

Evapotranspiração de referência (ET _o)* (mm/dia):	3,8
opções:	
1	< 1
2	< 2
3	< 3
4	< 4
5	< 5
6	< 6
7	< 7
8	< 8
9	< 9
10	< 10

* podem ser usados valores fracionados entre 0 e 10

Figura 7. Célula amarela Q5 na planilha “Fase 1” em que há 10 opções para valores de evapotranspiração de referência (ET_o), embora esses valores também possam ser fracionados entre 0,1 e 10,0 mm/dia (Por exemplo, valor 3,8 mm/dia).

A sétima e última célula a ser preenchida na planilha “Fase 1” corresponde ao coeficiente de cultura (K_c) para essa fase (Figura 8). Para as condições mais propícias, os seus valores são mais baixos, como no preparo de solo em plantio direto na palha. Por outro lado, em condição de solo descoberto e mantido mais úmido nessa fase, os valores de K_c são mais elevados. O valor de K_c na Fase 1 se mantém constante até o término dessa fase, conforme o gráfico da Figura 1 (K_cini). As subdivisões dessa fase em A, B e C são equidistantes no tempo de duração dela. Também essas mesmas subdivisões são feitas para as fases 2 e 4, conforme a Figura 1. Os valores de K_c das subfases 2A, 2B, 2C, 4A, 4B e 4C

são os pontos médios das suas respectivas faixas apresentadas na Figura 1.

Coefficiente de cultura inicial (Kc-ini):	3
opções:	
0,5	< 1
0,6	< 2
0,7	< 3
0,8	< 4
0,9	< 5
1	< 6
1,1	< 7

Figura 8. Célula amarela T5 na planilha “Fase 1” para o coeficiente de cultura (Kc) nessa fase (Kc-ini), com sete opções de valores (Por exemplo, opção 3 – Kc = 0,7).

Após o preenchimento obrigatório dessas sete células na planilha “Fase 1”, obtém-se à direita os valores das lâminas líquidas (LL) do dia do plantio, o intervalo em dias após a semeadura (DAS) das fases 1A, 1B e 1C, as LL para essas fases e os respectivos turnos de rega (TR) (Figura 9, Apêndice I). Embora sejam somente apresentadas LL, é imprescindível calcular a lâmina bruta (LB), que é função da eficiência de irrigação (Ei) do sistema utilizado. Dependendo do sistema, Ei deve variar entre 85 e 95%. Os sistemas localizados geralmente apresentam maiores Ei. A LB é a razão entre a LL e a Ei (em decimal), isto é, $LB = LL/Ei$.

DAS* nas fases:			LL** do plantio (mm): 12,5																	
Em 1A:	1	a 11																		
Em 1B:	12	a 22																		
Em 1C:	23	a 33																		
<small>*DAS = dias após a semeadura</small>			<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">LL** nas fases (mm):</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TR+ nas fases (dias):</td> </tr> <tr> <td>Em 1A:</td> <td>2,7</td> <td>Em 1A:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Em 1B:</td> <td>8,0</td> <td>Em 1B:</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Em 1C:</td> <td>10,6</td> <td>Em 1C:</td> <td>4</td> </tr> </table>		LL** nas fases (mm):		TR+ nas fases (dias):		Em 1A:	2,7	Em 1A:	1	Em 1B:	8,0	Em 1B:	3	Em 1C:	10,6	Em 1C:	4
LL** nas fases (mm):		TR+ nas fases (dias):																		
Em 1A:	2,7	Em 1A:	1																	
Em 1B:	8,0	Em 1B:	3																	
Em 1C:	10,6	Em 1C:	4																	
			<small>**LL = lâmina líquida +TR = turno de rega</small>																	

Figura 9. Resultados apresentados na planilha “Fase 1” para dias após a semeadura (DAS), lâminas líquidas (LL) do plantio e das fases 1A, 1B e 1C e os respectivos turnos de rega (TR), de acordo com as opções mostradas nos exemplos das Figuras 2 a 8.

Planilha “Fase 2”

Há apenas três células (N5, Q5 e T5) a serem preenchidas nessa planilha. As outras necessárias aos cálculos (que estão à esquerda) já foram previamente preenchidas na planilha “Fase 1” (Figura 10).

Duração total do ciclo * (dias):	130	Capacidade de água disponível do solo (CAD) * (% volume):	2	Umidade inicial do solo (U) *:	4	Profundidade máxima efetiva do sistema radicular (Z) * (cm):	2
opções:		opções:		opções:		opções:	
desde a semeadura (de 80 a 160 dias)	80 a 160	5% 10% 15% 20%	< 1 < 2 < 3 < 4	0% CAD 25% CAD 50% CAD 75% CAD 100% CAD	< 1 < 2 < 3 < 4 < 5	40 50 60	< 1 < 2 < 3
<small>* Já selecionados na Fase 1</small>							

Figura 10. Células (em rosa) já previamente definidas na planilha “Fase 1”. São necessárias aos cálculos, mas sem necessidade de serem novamente preenchidas.

O fator de disponibilidade (f) para essa fase é mostrado conforme está na Figura 6, e a evapotranspiração de referência (ETo) predominante para essa fase, conforme a Figura 7. Entretanto, valores de f e ETo podem ser iguais ou diferentes daqueles selecionados para a Fase 1.

Já o coeficiente de cultura (Kc) para a Fase 3 é preenchido nessa planilha, tendo em vista que os Kcs da Fase 2 são variáveis entre os da Fase 1 até a Fase 3 (Figura 11).

Coefficiente de cultura na fase intermediária* ($Kc-med$):	4
opções:	
1,1	< 1
1,15	< 2
1,2	< 3
1,25	< 4
1,3	< 5
1,35	< 6
1,4	< 7

+ é o valor da Fase 3

Figura 11. Célula amarela T5 na planilha “Fase 2” para o coeficiente de cultura (Kc) na Fase 3 ($Kc-med$ ou $Kcmax$), com sete opções de valores (Por exemplo, opção 4 – $Kc = 1,25$).

Após o preenchimento obrigatório das três células na planilha “Fase 2” obtém-se à direita o intervalo em dias após a semeadura (DAS) das fases 2A, 2B e 2C, as respectivas lâminas líquidas (LL) para essas fases e os turnos de rega (TR) (Figura 12, Apêndice II).

DAS* nas fases:			LL** nas fases (mm):		TR+ nas fases (dias):		
Em 2A:	34	a	45	Em 2A:	15,1	Em 2A:	6
Em 2B:	46	a	57	Em 2B:	17,6	Em 2B:	6
Em 2C:	58	a	65	Em 2C:	23,4	Em 2C:	7

*DAS = dias após a semeadura **LL = lâmina líquida +TR = turno de rega

Figura 12. Resultados apresentados na planilha “Fase 2” para dias após a semeadura (DAS), lâminas líquidas (LL) das fases 2A, 2B e 2C e os respectivos turnos de rega (TR), de acordo com as opções mostradas nos exemplos das Figuras 2 a 5 e 11. Para a Figura 6, f é opção 2 e para a Figura 7, $ETo = 3,0$ mm/dia, mas utilizando-se a planilha “Fase 2”.

Planilha “Fase 3”

Há apenas duas células (N5 e Q5) a serem preenchidas nessa planilha. Da mesma forma como na planilha “Fase 2”, os cálculos necessários foram previamente definidos na planilha “Fase 1”.

O coeficiente de cultura (Kc) dessa fase também já foi definido na planilha “Fase 2”, conforme já reportado (Figura 13).

Coeficiente de cultura na fase intermediária+ (Kc-med):	4
opções:	
1,1	< 1
1,15	< 2
1,2	< 3
1,25	< 4
1,3	< 5
1,35	< 6
1,4	< 7

+ Já selecionado na Fase 2 para a Fase 3

Figura 13. Célula (em rosa) já previamente definida para o coeficiente de cultura (Kc) da Fase 3 na planilha “Fase 2”.

Assim como na Fase 1, o fator de disponibilidade (f) e a evapotranspiração de referência (ETo) predominantes nessa Fase 3 estão mostrados nas Figuras 6 e 7, respectivamente. Assim, como discutido para a Fase 2, tanto f quanto ETo podem ser iguais ou diferentes entre as três fases.

Após o preenchimento obrigatório das duas células na planilha “Fase 3” obtém-se à direita o intervalo em dias após a semeadura (DAS) da Fase 3 e a respectiva lâmina líquida (LL) para essa fase e o turno de rega (TR) (Figura 14, Apêndice III).

DAS* na fase 3:			LL** (mm) e TR+ (dias) na fase 3:			
66	a	98	LL**:	21,9	TR+:	5

*DAS = dias após a semeadura **LL = lâmina líquida +TR = turno de rega

Figura 14. Resultados apresentados na planilha “Fase 3” para dias após a semeadura (DAS), lâmina líquida (LL) da Fase 3 e o respectivo turno de rega (TR), de acordo com as opções mostradas nos exemplos das Figuras 2 a 5 e 11. Para a Fase 2, na Figura 6, f é opção 2 e para a Figura 7, ETo = 3,0 mm/dia. Já para a Fase 3, f é opção 2 e ETo = 3,5 mm/dia.

Planilha “Fase 4”

Assim como na Fase 3, há apenas duas células (N5 e Q5) a serem preenchidas nessa planilha. Da mesma forma como nas planilhas “Fase 2” e “Fase 3”, os cálculos necessários foram previamente definidos na planilha “Fase 1”.

O coeficiente de cultura (Kc) dessa fase decresce linearmente do Kc estimado na Fase 3 até o valor de 0,35, que é o da maturação fisiológica.

Como nas outras fases, o fator de disponibilidade (f) e a evapotranspiração de referência (ETo) predominantes nessa Fase 4 estão mostrados nas Figuras 6 e 7, respectivamente. E também, como já bem frisado, tanto f quanto ETo podem ser iguais ou diferentes entre as quatro fases.

Após o preenchimento obrigatório das duas células na planilha “Fase 4” obtém-se à direita o intervalo em dias após a semeadura (DAS) das fases 4A, 4B e 4C, as respectivas lâminas líquidas

(LL) para essas fases e os turnos de rega (TR) (Figura 15, Apêndice IV).

DAS* nas fases:			LL** nas fases (mm):		TR+ nas fases (dias):		
Em 4A:	99	a	109	Em 4A:	28,9	Em 4A:	6
Em 4B:	110	a	120	Em 4B:	30,1	Em 4B:	8
Em 4C:	121	a	130	Em 4C:	29,7	Em 4C:	11

*DAS = dias após a sementeira
**LL = lâmina líquida
+TR = turno de rega

Figura 15. Resultados apresentados na planilha “Fase 4” para dias após a sementeira (DAS), lâminas líquidas (LL) das fases e os respectivos turnos de rega (TR), de acordo com as opções mostradas nos exemplos das Figuras 2 a 5 e 11. Para a Fase 2, na Figura 6, f é opção 2 e para a Figura 7, ETo = 3,0 mm/dia. Para a Fase 3, f é opção 2 e ETo = 3,5 mm/dia. Para a Fase 4, f é opção 3 e ETo = 4,7 mm/dia.

Planilha “Resumo”

Nessa planilha há uma compilação dos resultados obtidos nas planilhas das fases, portanto não há necessidade de preenchimento de células. São mostrados sinteticamente: duração do ciclo da cultura, a capacidade de água disponível do solo (CAD), a profundidade máxima do sistema radicular (Z max), a umidade inicial do solo (Ui), o intervalo dos dias após a sementeira (DAS) de todas as fases, as respectivas lâminas líquidas (LL) e turnos de rega (TR), o fator de disponibilidade (f), a evapotranspiração de referência (ETo) e os coeficientes de cultura (Kc) de todas as fases (Figura 16, Apêndice V).

duracao total (dias):	130	CAD (%volum):	10	Z max (cm):	50	Umidade inicial do solo (%CAD):	75
Fase	DAS*	LL** (mm)	TR+ (dias)	fator f (%CAD)	ETo (mm/dia)	Kc	
Plantio	0	12,5	-				
1A	1 a 11	2,7	1	50	3,0	0,7	
1B	12 a 22	8,0	3	50	3,5	0,7	
1C	23 a 33	10,6	4	50	3,5	0,7	
2A	34 a 45	15,1	6	50	3	0,84	
2B	46 a 57	17,6	6	50	3	0,86	
2C	58 a 65	23,4	7	50	3	1,11	
3	66 a 98	21,9	5	50	3,5	1,25	
4A	99 a 109	28,9	6	60	4,7	1,03	
4B	110 a 120	30,1	8	60	4,7	0,80	
4C	121 a 130	29,7	11	60	4,7	0,58	

*DAS = dias após a sementeira
**LL = lâmina líquida
+TR = turno de rega

Figura 16. Resultados apresentados na planilha “Resumo” compilados dos cálculos realizados nas planilhas das fases. O exemplo mostrado foi obtido com os dados apresentados nas Figuras 2 a 15.

Planilha “Calendário”

Caso se deseje obter o calendário de irrigações, a planilha “Calendário” é ativada a partir da entrada de uma data do plantio, desde que as células das planilhas anteriores já estejam preenchidas. A ocorrência de chuvas altera o manejo de irrigação apresentado por essa planilha.

Como nas demais planilhas, a entrada de dados é feita nas células de cor amarela.

Os dados das datas de irrigação são apresentados com a informação “SIM” nas células da coluna com o cabeçalho “Irigar?”. Os dados das lâminas líquidas recomendadas (LLR) são apresentados à direita.

Além disso, há uma coluna onde se informa a reserva de água no solo antes da irrigação ou chuva (em % da CAD).

Há ainda a possibilidade da entrada de dados diários de chuva ou de alguma lâmina líquida aplicada (LLA), em mm.

O balanço de água para a obtenção da LLR é feito rigorosamente com dados calculados a partir dos dados de entrada para cada fase do ciclo da cultura, portanto, em princípio, não tem como modificá-los, a não ser com a mudança de dados nas planilhas das fases. Entretanto, mudanças poderão ser feitas com entrada de dados de chuva ou de alguma lâmina líquida aplicada (LLA) na coluna correspondente. Dados de chuva ou LLA maiores ou iguais à LLR são incluídos, como a LLR daquele dia. Dados de chuva ou LLA menores que a LLR não modificam a data da irrigação, mas reduzem a LLR.

É importante frisar que toda LLR apresentada é considerada como se fosse implementada.

Caso se deseje que a LLR de qualquer dia não seja implementada, então se pode usar o artifício de cancelá-la ao digitar um “x” na célula do dia da coluna correspondente ao seu cancelamento. Somente a LLR da irrigação da data do plantio não pode ser cancelada por esse artifício, a não ser por lâminas de chuva ou LLA maiores que a LLR, ou também por modificação da umidade inicial do solo (Ui) na planilha “Fase 1”. No dia em que não houver LLR (ou “SIM” para

irrigar), a marcação com “x” não tem efeito nenhum.

Finalmente, na última coluna da direita há a possibilidade de descrever qualquer tipo de observação para aquela data específica.

Na Figura 17 é apresentada a parte superior da planilha com os detalhes descritos e com os exemplos das figuras anteriores, com uma data cadastrada para o plantio. Exemplos também podem ser visualizados nos Apêndices VI e VII.

Data do Plantio (dd/mm/aaaa):		01/12/2019							
*LLR = lâmina líquida recomendada; LLA = lâmina líquida aplicada; NC = não cancelável									
DAS	data	irrigar?	LLR* (mm)	chuva ou LLA* (mm)	Reserva de água no solo antes da irrigação (%CAD)	Observação			
0	01/12/2019	SIM	12,5		87,5	NC*			
1	02/12/2019	SIM	2,7		69,6				
2	03/12/2019	SIM	2,7		69,6				
3	04/12/2019	SIM	2,7		69,6				
4	05/12/2019				69,6	x			
5	06/12/2019	SIM	2,7		69,2				
6	07/12/2019	SIM	2,7		69,6				
7	08/12/2019	SIM	2,7		69,6				
8	09/12/2019	SIM	1,5	1,2	69,6				
9	10/12/2019	SIM	2,7		69,6				
10	11/12/2019			3,3	69,6				
11	12/12/2019	SIM	2,7		69,6				
12	13/12/2019				60,6				
13	14/12/2019				44,2				
14	15/12/2019	SIM	8,0		27,8				
15	16/12/2019				83,6				
16	17/12/2019				67,3				
17	18/12/2019	SIM	8,0		50,9				
18	19/12/2019				53,6				
19	20/12/2019				67,3				
20	21/12/2019	SIM	8,0		50,9				
21	22/12/2019				63,6				
22	23/12/2019				67,3				

Figura 17. Resultados apresentados na planilha “Calendário” com dados dos exemplos das figuras anteriores e data de plantio de 01/12/2019 (célula G5). Detalhes para as colunas de chuva ou LLA (coluna G) e da decisão de cancelar a LLR do dia (coluna H).

Planilha “ETo- Sete Lagoas”

Informações de evapotranspiração de referência (ETo), calculadas pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), são apresentadas para o município de Sete Lagoas-MG, cujos dados médios diários de ETo são mostrados por decêndio e por mês. A obtenção de ETo é proveniente de variáveis climáticas obtidas de série histórica. O ideal é que a ETo seja proveniente de dados diários reais, pois os dados históricos não se repetem na escala diária. Para dados reais, sugere-se que o usuário baixe as informações de clima, como o do INMET ou outro, para cálculo diário.

Esses dados poderão subsidiar o preenchimento das planilhas para estimar o manejo de irrigação do milho para o local e a região.

Referências

- ALBUQUERQUE, P. E. P. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 97).
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Roma: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1994. 27 p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 20).
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.
- STACKHOUSE JR., P. W.; WESTBERG, D.; CHANDLER, W. S.; ZHANG, T.; HOELL, J. M. **Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER): agroclimatology, methodology, version 1.0.2**. Washington, DC: The National Aeronautics and Space Administration, 2015. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/documents/Agroclimatology_Methodology.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2020.

Apêndice II

Manejo Simplificado da Irrigação do Milho - Fase 2

Atenção: Preencher apenas as células com a cor amarela **1**, conforme o que se pede.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1	Manejo Simplificado da Irrigação do Milho - Fase 2																															
2	Atenção: Preencher apenas as células com a cor amarela 1 , conforme o que se pede.																															
3	1. Definição da área de irrigação (ha) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
4	2. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
5	3. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
6	4. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
7	5. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
8	6. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
9	7. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
10	8. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
11	9. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
12	10. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
13	11. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
14	12. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
15	13. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
16	14. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
17	15. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
18	16. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
19	17. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
20	18. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
21	19. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
22	20. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
23	21. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
24	22. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
25	23. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
26	24. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
27	25. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
28	26. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
29	27. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
30	28. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
31	29. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															
32	30. Definição da quantidade de água disponível para a cultura (mm) e da quantidade de água disponível para a cultura (mm)																															

DST (mm)		DST (mm)	
1	100	1	100
2	100	2	100
3	100	3	100
4	100	4	100
5	100	5	100
6	100	6	100
7	100	7	100
8	100	8	100
9	100	9	100
10	100	10	100
11	100	11	100
12	100	12	100
13	100	13	100
14	100	14	100
15	100	15	100
16	100	16	100
17	100	17	100
18	100	18	100
19	100	19	100
20	100	20	100
21	100	21	100
22	100	22	100
23	100	23	100
24	100	24	100
25	100	25	100
26	100	26	100
27	100	27	100
28	100	28	100
29	100	29	100
30	100	30	100
31	100	31	100
32	100	32	100

DST (mm)		DST (mm)	
1	100	1	100
2	100	2	100
3	100	3	100
4	100	4	100
5	100	5	100
6	100	6	100
7	100	7	100
8	100	8	100
9	100	9	100
10	100	10	100
11	100	11	100
12	100	12	100
13	100	13	100
14	100	14	100
15	100	15	100
16	100	16	100
17	100	17	100
18	100	18	100
19	100	19	100
20	100	20	100
21	100	21	100
22	100	22	100
23	100	23	100
24	100	24	100
25	100	25	100
26	100	26	100
27	100	27	100
28	100	28	100
29	100	29	100
30	100	30	100
31	100	31	100
32	100	32	100

Fase 2

Diagrama de irrigação em 4 fases (A, B, C) mostrando a evolução da água disponível e a aplicação de água. A Fase 1 é a fase de estabelecimento, a Fase 2 é a fase de crescimento, a Fase 3 é a fase de maturação e a Fase 4 é a fase de colheita. O eixo Y representa a água disponível (mm) e o eixo X representa o tempo (dias).

Apêndice III

Manejo Simplificado da Irrigação do Milho - Fase 3

3. **Atenção: Preencher apenas as células com a cor amarela >** , conforme o que se pede.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF		
4	Manejo Simplificado da Irrigação do Milho - Fase 3																																	
5	Duração total do ciclo * (dias):		Capacidade de irrigação do solo (mm):		Unidades inicial do solo (t/ha):		Fertilizantes aplicados (kg/ha):		Fator de disponibilidade da água no solo (f):		Proporção da produção da colheita (t/ha):		Condição cultural (mm/ha):		DAS* na Fase 3:		L1** (mm) e T1 (dias) na Fase 3:		L2** (mm) e T2 (dias) na Fase 3:															
6	opções:		opções:		opções:		opções:		opções:		opções:		opções:		opções:		opções:		opções:		opções:													
7	80		5%		50%CAD		40		60%CAD		1		3,1		L1**		L2**																	
8	160		10%		75%CAD		50		50%CAD		2		3,15		a		b																	
9	160		15%		50%CAD		80		50%CAD		3		3,2		a		b																	
10	160		20%		70%CAD		80		50%CAD		4		3,25		a		b																	
11	160		20%		100%CAD		80		50%CAD		5		3,3		a		b																	
12	160		20%		100%CAD		80		50%CAD		6		3,35		a		b																	
13	160		20%		100%CAD		80		50%CAD		7		3,4		a		b																	
14	160		20%		100%CAD		80		50%CAD		8		3,4		a		b																	
15	160		20%		100%CAD		80		50%CAD		9		3,4		a		b																	
16	160		20%		100%CAD		80		50%CAD		10		3,4		a		b																	
17	** J1 = irrigação na Fase 1																																	
18	** J2 = irrigação na Fase 2																																	
19	** J3 = irrigação na Fase 3																																	
20	** J4 = irrigação na Fase 4																																	
21	** J5 = irrigação na Fase 5																																	
22	** J6 = irrigação na Fase 6																																	
23	** J7 = irrigação na Fase 7																																	
24	** J8 = irrigação na Fase 8																																	
25	** J9 = irrigação na Fase 9																																	
26	** J10 = irrigação na Fase 10																																	
27	** J11 = irrigação na Fase 11																																	
28	** J12 = irrigação na Fase 12																																	
29	** J13 = irrigação na Fase 13																																	
30	** J14 = irrigação na Fase 14																																	
31	** J15 = irrigação na Fase 15																																	
32	** J16 = irrigação na Fase 16																																	
33	** J17 = irrigação na Fase 17																																	
34	** J18 = irrigação na Fase 18																																	

Diagrama de Irrigação:

Diagrama de irrigação mostrando a curva de crescimento da planta e a aplicação de água em três fases (Fase 1, Fase 2, Fase 3). A curva de crescimento é representada por uma linha vermelha que sobe e depois se estabiliza. A aplicação de água é representada por uma linha azul que sobe e depois se estabiliza. O diagrama mostra a duração total do ciclo (Z) e a duração de cada fase (Z1, Z2, Z3).

Legenda:

- *** DAS = dias após a semeadura
- ** L1 = lâmina líquida (LR = altura da rega)
- ** L2 = lâmina líquida (LR = altura da rega)

Apêndice V

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Manejo Simplificado da Irrigação do Milho - Resumo												
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													

durção total (dias):	CAD (% volume):	Z máx (cm):	Umidade inicial do solo (%CAD):

Atenção: Não preencher nenhuma célula.

Fase	DAS*	LL** (mm)	TR+ (dias)	fator f (%CAD)	ETo (mm/dia)	Kc
Plântio	0		-	-	-	-
1A	a					
1B	a					
1C	a					
2A	a					
2B	a					
2C	a					
3	a					
4A	a					
4B	a					
4C	a					

*DAS = dias após a semeadura
 **LL = lâmina líquida
 †TR = turno de rega

Resumo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Manejo Simplificado da Irrigação do Milho - Calendário									

Atenção: Preencher apenas as células com a cor amarela, conforme o que se pede.

Data do Plantio (dd/mm/aaaa):	
----------------------------------	--

	DAS	data	Irigar?	LLR* (mm)	chuva ou LLA* (mm)	Reserva de água no solo antes da irrigação (NCAD)	Maisar com x se for cancelar a LLR*	Observação
8								
9							NC*	
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

*LLR = lâmina líquida recomendada; LLA = lâmina líquida aplicada; NC = não cancelável

Calendário

Apêndice VII

decândia	ETo por decândia (mm/dia)	mês	ETo por mês (mm/dia)
1	4,29	jan	4,42
2	4,49		
3	4,49		
4	4,57	fev	4,64
5	4,76		
6	4,58		
7	4,37	mar	4,16
8	4,02		
9	4,08		
10	3,87	abr	3,71
11	3,68		
12	3,57		
13	3,28	mai	3,05
14	3,08		
15	3,78		
16	2,77	jun	2,77
17	2,77		
18	2,76		
19	2,86	jul	3,05
20	3,04		
21	3,24		
22	3,63	ago	3,83
23	3,93		
24	4,22		
25	4,41	set	4,54
26	4,7		
27	4,52		
28	4,63	out	4,63
29	4,6		
30	4,66		
31	4,49	nov	4,41
32	4,35		
33	4,28		
34	4,37	dez	4,25
35	4,18		
36	4,18		

ETo Sete Lagoas

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
 Caixa Postal 151
 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
 Fone: (31) 3027-1100
 Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Formato digital (2020)



**Comitê Local de Publicações
 da Unidade Responsável**

Presidente

Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva

Elena Charlotte Landau

Membros

Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
 Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
 Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Paulo Ribeiro