

CIRCULAR TÉCNICA

51

Planaltina, DF
Abril, 2021

Recomendação Técnica do Manejo de Irrigação da Mandioca de Mesa no Distrito Federal

Jorge Cesar dos Anjos Antonini
Josefino de Freitas Fialho
Eduardo Alano Vieira
Alexsandra Duarte de Oliveira



Recomendação Técnica do Manejo de Irrigação da Mandioca de Mesa no Distrito Federal¹

Importância da cultura

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada por agricultores familiares de baixo capital de investimento em mais de 100 países. Assume destacada importância na alimentação humana e animal, além de ser utilizada como matéria-prima em inúmeros produtos industriais. Em função do uso eficiente da água e dos nutrientes do solo, alta tolerância à seca e aos ataques esporádicos de pragas, a mandioca pode ter rendimento razoável, usando pouco ou nenhum insumo, em áreas com solos pobres e chuvas imprevisíveis (FAO, 2013). A cultura tem significativa importância econômica, social e cultural (Fialho; Vieira, 2013; Portella, 2015).

De fácil adaptação, a mandioca é cultivada em todos os estados brasileiros. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a estimativa de produção brasileira de raiz de mandioca no ano de 2020 é de 19 milhões de toneladas, cultivadas numa área de 1,36 milhões de hectares, representando uma produtividade de 14,75 t ha⁻¹ (CONAB, 2020).

O grande desafio do sistema de produção de mandioca de mesa é aliar produtividade, precocidade, qualidade culinária das raízes e diminuição do uso de mão-de-obra na lavoura (Fialho et al., 2017). Dessa forma, o setor produtivo vem demandando tecnologias que maximizem a lucratividade, a regularidade de produção e a qualidade dos produtos oferecidos aos consumidores.

Apesar de a mandioca ser reconhecida pela sua elevada tolerância à seca, a irrigação é uma tecnologia que vem apresentando resultados satisfató-

¹ **Jorge Cesar dos Anjos Antonini**, engenheiro agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; **Josefino de Freitas Fialho**, engenheiro-agrônomo, mestre em Microbiologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; **Eduardo Alano Vieira**, engenheiro-agrônomo, doutor em Fitomelhoramento, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; **Alexsandra Duarte de Oliveira**, engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

rios para o seu cultivo (Souza et al., 2010; Pastrona et al., 2015; Adjebeng-Danquah et al., 2016). A adoção de um manejo racional da água de irrigação na cultura da mandioca garantirá produtividade compatível com a potencialidade de produção do local e maior qualidade culinária das raízes, o que facilitará o manejo de colheita.

Qual a vantagem da lavoura irrigada de mandioca em relação a uma lavoura de sequeiro?

São várias as vantagens, dependendo do clima e do solo onde se cultiva. Quanto maior for o período de déficit hídrico no ano, associado a temperaturas elevadas, maior a possibilidade de ganhos em produtividade e qualidade culinária de raízes no cultivo irrigado, comparado ao de sequeiro. Por exemplo, em condições semiáridas, em cultivo de sequeiro, o ciclo, geralmente, é de 24 meses e a produtividade média de 2 t ha⁻¹ a 7 t ha⁻¹, enquanto, no sistema irrigado, pode-se obter mais de 30 t ha⁻¹ num ciclo de 10 meses (Associação Brasileira... 2020).

Outras vantagens estão relacionadas às reduções dos riscos climáticos, previsibilidade econômica, aumento da produtividade em mais de 50% (Antonini et al., 2020) e de alta qualidade culinária das raízes, colheita antecipada com liberação de área e possibilidade de escalonamento de plantio e colheitas em diferentes épocas, sem problemas com solo endurecido (Caraballo; Velasquez, 2000; Pastrona et al., 2015; Antonini et al., 2017).

Aspectos fundamentais do seu cultivo

Após o plantio das manivas-semente, o primeiro ciclo, de crescimento fisiológico, é completado entre 9 e 12 meses, passando pelas fases de brotação das manivas-semente, emissão do sistema radicular, desenvolvimento da parte aérea, armazenamento de reserva em algumas raízes (tuberização) e de repouso vegetativo. Pode ser considerada uma planta perene, por ter ciclos vegetativo e produtivo constantes em suas raízes de reserva (Silva et al., 2017).

O sistema radicular da mandioca é formado por raízes fibrosas e tuberosas. As raízes fibrosas começam a se desenvolver com poucos dias após a bro-

tação das manivas-semente. As fibrosas são as principais na absorção de água e nutrientes, enquanto aquelas que se convertem em tuberosas (3 a 14 unidades) diminuem esta função e se especializam no processo de acumulação de reservas, o que resulta na produção comercial de raízes da planta (Conceição, 1979; Dominguez et al., 1983).

Embora a mandioca possa resistir a períodos de seca, a cultura é muito sensível ao déficit de água no solo durante os três primeiros meses após o plantio. A falta de água, em qualquer momento nesse período inicial, reduz, significativamente, o crescimento das raízes, dos brotos e prejudica o desenvolvimento subsequente das raízes comerciais, ou seja, tubalizadas (FAO, 2013).

Em cultivos com adoção da tecnologia da irrigação, é premissa essencial o manejo correto da água, pois a irrigação com alta frequência produz crescimento excessivo da parte aérea e redução na produção de raízes comerciais. As fases de formação das raízes fibrosas e tuberosas são responsáveis pela definição do potencial produtivo da cultura, uma vez que definem o porte aéreo, o número e o comprimento máximo das raízes comerciais por planta (Pastrona et al., 2015).

Em plantios de sequeiro, no início da estação chuvosa, a época de plantio poderá garantir o suprimento adequado da água, nos primeiros 30 dias de desenvolvimento da cultura, considerada a mais crítica em relação ao déficit hídrico. Por exemplo, o plantio, no Distrito federal, no início das chuvas, entre 15/10 a 15/11, após o acúmulo de uma lâmina de água no solo de 50 mm a 60 mm, tem apresentado resultados satisfatórios no desenvolvimento da mandioca (Souza; Filho, 2003).

Como implementar a tecnologia da irrigação no cultivo da mandioca de mesa?

Para implementar a tecnologia da irrigação é necessário conhecer as características do solo, da cultura e do clima da região. Isso contribuirá para a escolha do método, para o dimensionamento do sistema a ser utilizado e para o manejo de irrigação. Assim, é possível determinar quanto e quando irrigar, proporcionando o uso sustentável da água e de outros insumos a serem aportados nessa atividade (Mantovani et al., 2009; Bernardo et al., 2019).

Seleção do método e sistema de irrigação

A irrigação é uma prática agrônômica que tem a finalidade de suprir as necessidades hídricas das culturas quando a precipitação pluviométrica do local e a capacidade de armazenamento de água do solo é insuficiente para atender a demanda da cultura e obter produtividades adequadas. A aplicação da água pode ser feita por quatro métodos de irrigação, denominados aspersão, localizada, por superfície e subterrânea (Bernardo et al., 2019; Testezlaf, 2017). Para a aplicação de cada um desses métodos, existe um ou mais sistemas de irrigação, compostos por um conjunto de equipamentos e acessórios que, operados e manejados de forma organizada, realiza eficientemente a irrigação das culturas.

A seleção do método e do sistema de irrigação adequados depende das características físicas do solo, disponibilidade de mão de obra e da cultura. De modo geral, no Distrito Federal, os métodos de irrigação por aspersão e localizada são os mais indicados, em razão de a maioria dos solos possuir baixa capacidade de retenção de água, fazendo com que a cultura requeira irrigações frequentes, o que é fácil de ser conseguido com a utilização desses métodos. Por outro lado, a grande capacidade de infiltração de água, os níveis de declividade e a inexistência de camada impermeável pouco profunda, nesses solos, limitam o uso dos outros métodos.

No cultivo da mandioca, podem ser usados vários tipos de sistemas de irrigação por aspersão, desde pequenos sistemas portáteis até pivô-central. O método de aspersão tem a vantagem de ajudar a controlar os ataques de tripes, percevejo de renda e de ácaros, reduzindo as incidências, pelo efeito mecânico da gota de água (Fernández; Cerrato, 2017).

Na irrigação localizada, o sistema de gotejamento é mais indicado para o cultivo da mandioca. Esse sistema além de promover eficiente uso do recurso água, permite irrigar e adubar a cultura ao mesmo tempo, assegurando a disponibilização de água e nutrientes, na quantidade requerida pela planta (Bernardo et al., 2019). Há também menor incidência de plantas daninhas nas entrelinhas da cultura.

Após a instalação do sistema de irrigação, ele deve ser avaliado, para verificar a uniformidade (Ua), a eficiência (Ea) e a intensidade (Ia) de aplicação de água em condições de funcionamento no campo. A obtenção desses parâmetros não

será abordada no presente estudo, porém pode ser consultada em Bernardo et al. (2019).

Informações sobre as características do solo

Para o manejo da irrigação, as principais propriedades físicas e físico-hídricas do solo a serem determinadas no perfil, correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (Per), são densidade global (Ds), capacidade de campo (Cc), ponto de murcha permanente (Pmp) e curva característica de retenção de água (Ccr). Em solos, característicos das regiões tropicais, com predominância de caulinita, óxidos de ferro e alumínio a Cc, pode ser estimado pela Ccr, considerando a umidade do solo na tensão de 10 kPa e Pmp, na tensão de 1.500 kPa. Na Figura 1, está representada a Ccr de um Latossolo argiloso, ajustada com o modelo de van Genuchten, em que se observa a umidade do solo na Cc e no Pmp. O conhecimento desses parâmetros permite a estimativa da capacidade de água disponível do solo (CAD). Segundo Mantovani et al. (2007), a CAD é a diferença entre o teor de água na Cc e Pmp no perfil relativo à profundidade efetiva do sistema radicular, ou seja, o volume de água que está realmente disponível à planta.

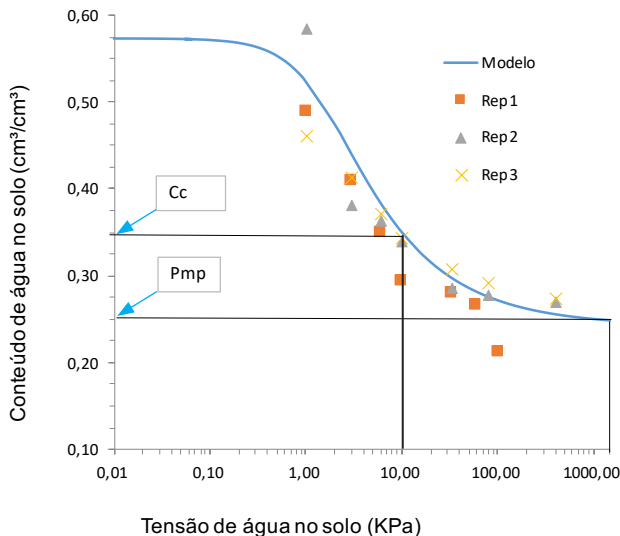


Figura 1. Curva característica de retenção de água do solo, ajustada pelo modelo de van Genuchten, indicando o conteúdo de água na condição de Cc (Tensão de água no solo a 10 kPa) e na condição de Pmp (Tensão de água no solo a 1.500 kPa).

Atributos da cultura relacionados com o uso da irrigação

As características da planta, consideradas no manejo de irrigação, são a profundidade efetiva do sistema radicular (Per), o coeficiente de cultivo (Kc) e o fator de disponibilidade de água (f).

O sistema radicular efetivo da mandioca é formado pelas raízes fibrosas. Elas penetram no solo em torno de 40 cm a 50 cm, podendo alcançar 1,4 m de profundidade, após 365 dias do plantio (Campos; Sena, 1974; Conceição, 1979; Dominguez et al., 1983). Toro e Atlee (1983) afirmam que, em torno de 90% dessas raízes, estabelecem-se nos primeiros 30 cm. Existe pouca informação sobre a profundidade efetiva do sistema radicular (Per) da mandioca, mas Allen et al. (2006) sugerem adotar a profundidade de 40 cm.

O coeficiente de cultivo (Kc) é a relação entre a evapotranspiração máxima da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo). É obtido por meio de estudos científicos, para cada cultura e local. É um fator importante na estimativa do consumo de água, pois incorpora as características fisiológicas e morfológicas da planta e agrega os efeitos da evaporação do solo. Varia ao longo do ciclo da cultura, em função da taxa de crescimento e, conseqüentemente, da variação da cobertura do solo (Allen et al., 2006). Segundo Antonini et al. (2017), para as condições do Cerrado, o Kc da mandioca, na primeira fase de desenvolvimento, de 0 a 60 dias após o plantio (DAP), é igual a 0,5; na fase intermediária, de 61 a 150 DAP, é igual a 1,0 e, na fase final, de 151 a 330, é igual a 0,8.

Outro parâmetro importante é a fração máxima que pode ser utilizada da CAD, denominado de Fator de Disponibilidade de Água (f). As plantas diferem entre si, quanto à fração máxima que pode ser utilizada da CAD sem provocar prejuízos em quantidade e qualidade da produção. No caso da cultura da mandioca, segundo Antonini et al. (2017), na primeira fase de desenvolvimento da cultura (0 a 60 DAP), as irrigações devem ser processadas sempre que constatar, na camada de 0 cm a 40 cm, um rebaixamento de 20% da CAD ($f = 0,2$), e no restante do ciclo, quando o rebaixamento for de 60% da CAD ($f = 0,6$).

Dados climáticos requeridos

Na elaboração do manejo de irrigação, as informações climáticas, necessárias, diariamente, são os dados de evapotranspiração de referência (ET_o) e de precipitação (Pr).

Existe um grande número de equações empíricas ou semiempíricas, que foram desenvolvidas para calcular a ET_o a partir de dados meteorológicos. Uma delas é a equação de Penman-Monteith (Allen et al., 2006), utilizada como padrão. No entanto, exige uma grande quantidade de dados, que só podem ser obtidos em estações meteorológicas completas. A sua utilização é facilitada quando a instituição mantenedora da estação meteorológica divulga, na internet, o resultado diário da ET_o.

Uma outra alternativa é a utilização de evaporímetros. A evaporação, a partir de uma superfície de água livre, pode produzir um índice do efeito integrado da radiação solar, da temperatura do ar, da umidade relativa e do vento para estimar a ET_o (Santos et al., 2004; Mantovani et al., 2009).

Entre os evaporímetros, o tanque Classe A é de uso generalizado, inclusive no Brasil (Pereira et al., 1997). É um tanque cilíndrico (Figura 2), com diâmetro de 121 cm e 25,5 cm de profundidade, construído de material galvanizado (calibre 22) e montado sobre uma plataforma de madeira aberta, de 15 cm de altura, com abertura nas laterais da plataforma para permitir a livre circulação do ar. Deve-se completá-lo com água até 5 cm da borda e o nível da água não deve baixar além de 7,5 cm desta. A água deve ser renovada regularmente para eliminar as impurezas. Normalmente, é dotado de parafuso micrométrico, com capacidade para medir variações de 0,02 mm, localizado em poço tranquilizador, quando não automatizado. O local para instalação deve ser preferencialmente gramado (20 m x 20 m).

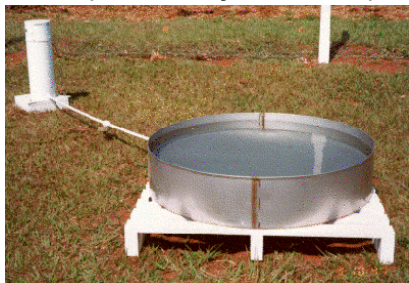


Figura 2. Tanque Classe A automatizado.
Fonte: Santos et al., (2004).

Baseia-se na medição da evaporação da água livre no interior do tanque em milímetros (E_v) e um coeficiente de ajuste de tanque adimensional (k_t ou K_p), proposto pela FAO (Gomide; Maeno, 2008).

$$E_{To} = E_v \cdot K_t \quad (1)$$

O valor do K_t é dado em função da velocidade do vento, da umidade relativa média e das condições e do tamanho da bordadura que circunda o tanque. A estimativa de seu valor é disponibilizada na Tabela 1, em que os valores do coeficiente de ajuste seguem o método proposto por Doorenbos & Kassan (1979).

Tabela 1. Coeficiente de correção (k_t) para o tanque Classe A.

Velocidade do vento (km dia ⁻¹)	Posição do tanque $R^{(1)}$	Exposição A Tanque circundado por grama UR média (%)			Exposição B Tanque circundado por solo nu UR média (%)		
		Baixa <40%	Média 40%-70%	Alta >70%	Baixa <40%	Média 40%-70%	Alta >70%
Leve	1	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1.000	0,75	0,85	0,85	0,50	0,60	0,70
Moderado	1	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1.000	0,70	0,80	0,80	0,45	0,55	0,60
Forte	1	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,75	0,45	0,50	0,60
	1.000	0,65	0,70	0,75	0,40	0,45	0,55
Muito forte	1	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50
	1.000	0,55	0,60	0,65	0,35	0,40	0,45

⁽¹⁾Menor distância, em metros, do centro do tanque ao limite da bordadura que circunda o tanque.

Fonte: Adaptado de Doorenbos e Kassam (1979).

O tanque classe “A” vem sendo utilizado no manejo da irrigação de diversas culturas. Em trabalhos com uvas finas, foi possível uma economia de 56,3% no total de água, normalmente, aplicada por produtores que não adotam nenhum tipo de critério no manejo da irrigação. Para a cultura da melancia, o requerimento de água estimado pelo tanque classe “A” modificado, quando comparado com o obtido por uma estação agrometeorológica automática, por meio da equação de Penman-Monteith, constatou-se correlação da ordem de 0,7646, tornando viável a utilização desse tanque para pequenos produtores (Santos et al., 2004).

Outra alternativa, no caso de não se dispor de estimativas diárias de ETo, pode-se empregar valores médios de normais climatológicas como base para o manejo da irrigação (Conceição, 2003). Na Tabela 2, são apresentados valores médios de ETo, a cada cinco dias, de uma série histórica de 39 anos (1974 a 2012), registrados pela estação meteorológica da Embrapa Cerrados.

A medição da altura de água precipitada pela chuva, é realizada com a instalação de pluviômetro, próximo da área de cultivo. Recomenda-se utilizar pluviômetro com diâmetro de seção de captação variando de 8 cm a 30 cm. A exposição correta do equipamento assegura medidas representativas, para isso, deve estar protegido de ventos fortes, porém, distante de obstáculos que possam impedir a chuva de cair no seu interior, subestimando assim seus valores. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) preconiza a instalação do pluviômetro a uma altura entre 1,0 m a 1,5 m da superfície do solo em relação à superfície coletora (boca do pluviômetro). O equipamento deve ficar a uma distância equivalente a duas vezes a altura de algum obstáculo que, por ventura, exista no local (Milanesi et al. 2017). As medições devem ser feitas diariamente, às 9 horas, e registradas na data correspondente ao dia anterior.

A lâmina de água, precipitada pela chuva, que, efetivamente, será utilizada pela cultura é denominada de precipitação efetiva (Pe). A sua efetividade dependerá do teor de umidade do solo imediatamente anterior à precipitação. Quando uma chuva ocorrer logo após uma irrigação, praticamente não haverá efetividade; quando ocorrer poucos dias após a irrigação, o efetivo será a quantidade de chuva, que o solo poderá absorver, até atingir a umidade da capacidade de campo (Bernardo et al., 2008; Mantovani et al., 2009).

Tabela 2. Valores médios, a cada cinco dias da evapotranspiração de referência, de uma série histórica de 39 anos (1974 a 2012), registrados pela estação meteorológica da Embrapa Cerrados.

Dias do mês	ETo média (mm dia ⁻¹)	Dias do mês	ETo média (mm dia ⁻¹)	Dias do mês	ETo média (mm dia ⁻¹)
1/jan. a 5/jan.	3,55	6/maio a 10/maio	3,47	3/set. a 07/set.	4,75
6/jan. a 10/jan.	3,77	11/maio a 15/maio	3,45	8/set. a 12/set.	4,92
11/jan. a 15/jan.	3,84	16/maio a 20/maio	3,25	13/set. a 17/set.	4,85
16/jan. a 20/jan.	4,02	21/maio a 25/maio	3,23	18/set. a 22/set.	4,74
21/jan. a 25/jan.	3,96	26/maio a 30/maio	3,29	23/set. a 27/set.	4,52
26/jan. a 30/jan.	3,91	31/maio a 4/jun.	3,30	28/set. a 2/out.	4,51
31/jan. a 4/fev.	4,01	5/jun. a 9/jun.	3,32	3/out. a 7/out.	4,59
5/fev a 9/fev.	3,89	10/jun. a 14/jun.	3,34	8/out. a 12/out.	4,46
10/fev a 14/fev.	3,84	15/jun. a 19/jun.	3,39	13/out. a 17/out.	4,43
15/fev a 19/fev.	3,98	20/jun. a 24/jun.	3,29	18/out. a 22/out.	4,19
20/fev a 24/fev.	4,04	25/jun. a 29/jun.	3,32	23/out. a 27/out.	4,16
25/fev a 1/mar.	3,83	30/jun. a 4/jul.	3,44	28/out. a 01/nov.	4,05
2/mar. a 6/mar.	3,87	5/jul. a 9/jul.	3,46	2/nov. a 06/nov.	3,85
7/mar. a 11/mar.	3,75	10/jul. a 14/jul.	3,57	7/nov. a 11/nov.	3,77
12/mar. a 16/mar.	3,68	15/jul. a 19/jul.	3,63	12/nov. a 16/nov.	3,85
17/mar. a 21/mar.	3,49	20/jul. a 24/jul.	3,77	17/nov. a 21/nov.	3,90
22/mar. a 26/mar.	3,63	25/jul. a 29/jul.	3,90	22/nov. a 26/nov.	3,81

Continua ...

Tabela 2. Continuação

Dias do mês	ETo média (mm dia ⁻¹)	Dias do mês	ETo média (mm dia ⁻¹)	Dias do mês	ETo média (mm dia ⁻¹)
27/mar. a 31/mar.	3,76	30/jul. a 3/ago.	4,07	27/nov. a 1/dez.	3,48
1/abr. a 5/abr.	3,56	4/ago. a 8/ago.	4,25	2/dez. a 6/dez.	3,82
6/abr. a 10/abr.	3,63	9/ago. a 13/ago.	4,26	7/dez. a 11/dez.	3,67
11/abr. a 15/abr.	3,54	14/ago. a 18/ago.	4,42	12/dez. a 16/dez.	3,57
16/abr. a 20/abr.	3,63	19/ago. a 23/ago.	4,54	17/dez. a 21/dez.	3,88
21/abr. a 25/abr.	3,66	24/ago. a 28/ago.	4,44	22/dez. a 26/dez.	3,78
26/abr. a 30/abr.	3,51	24/ago. a 28/ago.	4,44	27/dez. a 31/dez.	3,46
1/maio a 5/maio	3,50	29/ago. a 2/set.	4,74	-	-

Como fazer um passo a passo para o manejo da irrigação?

Para facilitar os cálculos e a aplicação do manejo de irrigação, vamos supor um cultivo de mandioca plantado em 31 de julho de 2011 e início de colheita em 31 de maio de 2012, quando a irrigação foi suspensa. As informações de projeto sobre capacidade de aplicação de água do sistema de irrigação e sobre características físico-hídricas do solo e requerimentos da cultura estão organizadas na Tabela 3.

O primeiro passo é estimar a capacidade de água disponível do solo (CAD) no perfil ocupado pelo sistema radicular efetivo da mandioca, utilizando-se a equação 5:

$$\text{CAD} = (\text{Cc} - \text{Pmp}) \times \text{Per} \quad (5)$$

$$\text{CAD} = (0,34 - 0,23) \times 400 = 44,0 \text{ mm}$$

O segundo passo é estimar a umidade do solo, na Per, logo após a conclusão do plantio, para definir a lâmina de água a ser aplicada, na primeira irrigação, que eleve o perfil do solo à Cc. Quando não se dispõe de condições para avaliar a umidade do solo, sugere-se aplicar uma lâmina de água com valor igual a CAD, dividida em duas aplicações, num intervalo de três dias.

Este procedimento é para garantir que o solo, na Per, esteja na Cc, para o início do acompanhamento da irrigação, durante o ciclo da cultura.

O terceiro passo é calcular a lâmina de água crítica remanescente no solo (Lrc), a qual indicará o momento de irrigação, nas diversas fases de desenvolvimento da cultura, pela equação 6.

$$\text{Lrc} = \text{CAD} \times (1 - f) \quad (6)$$

Valor da Lrc na primeira fase de desenvolvimento:

$$\text{Lrc} = 44 \times (1 - 0,2) = 35,2 \text{ mm}$$

Tabela 3. Informações necessárias do sistema de irrigação, do solo e da cultura para implementar o manejo de irrigação.

Componente	Característica	Unidade	Valor
Sistema de irrigação	Intensidade de aplicação de água (Ia)	(mm/h)	10
	Eficiência de aplicação de água (Ea)	(decimal)	0,85
	Uniformidade de aplicação de água (Ua)	(decimal)	0,80
Solo	Capacidade de Campo (Cc)	(cm ³ /cm ³)	0,34
	Ponto de murcha permanente (Pmp)	(cm ³ /cm ³)	0,23
	Densidade do solo (Ds)	(g/cm ³)	1,2
Cultura (mandioca de mesa)	Profundidade efetiva do sistema radicular (Per)	(mm)	400
	1ª Fase de desenvolvimento	(dia)	0 a 60
	2ª Fase de desenvolvimento	(dia)	61 a 150
	3ª Fase de desenvolvimento	(dia)	151 a 330
	Coeficiente de cultivo da 1ª fase (Kc ₁)	(ad)	0,5
	Coeficiente de cultivo da 2ª fase (Kc ₂)	(ad)	1,0
	Coeficiente de cultivo da 3ª fase (Kc ₃)	(ad)	0,8
	Fator de disponibilidade de água (f) na 1ª fase	(ad)	0,2
	Fator de disponibilidade de água (f) na 2ª fase	(ad)	0,6
Fator de disponibilidade de água (f) na 3ª fase	(ad)	0,6	

Para segunda e terceira fase de desenvolvimento, lembramos que o valor de f muda para 0,6, conforme indicado na Tabela 3. Então o valor da Lrc será:

$$Lrc = 44 \times (1 - 0,6) = 17,6 \text{ mm}$$

O acompanhamento da variação da armazenagem de água, na camada explorada pelas raízes, é feito pelo balanço da água no solo, estimando, diariamente, a lâmina de água remanescente disponível do dia i (Lr_i), conforme equação 7.

$$Lr_i = Lr_{i-1} - ETc_i + Pe + Li_{liq} \quad (7)$$

Em que Lr_{i-1} é a lâmina de água remanescente no solo no dia anterior da estimativa de Lr_i, em mm; ETc_i é a evapotranspiração da cultura no dia i, em mm dia⁻¹; Pe é a precipitação efetiva no dia i, em mm; e Li_{liq} é a lâmina líquida de irrigação a ser aplicada no dia i + 1, ou seja, no dia subsequente. É importante observar que as estimativas são feitas com os dados do dia anterior, obtidos a partir das estações meteorológicas.

A Evapotranspiração da cultura é estimada pela equação 8.

$$ETc_i = Kc \times ETo_i \quad (8)$$

Em que Kc é o coeficiente de cultura, adimensional, relativo à fase de desenvolvimento da cultura e ETo_i a evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} , observada no dia i. Caso não se disponha de dados de ETo , estimados no dia i, pode-se utilizar os dados constantes da Tabela 2, nas condições climáticas do DF.

A quantidade de água precipitada pela chuva (P), é considerada efetiva, quando for menor ou, no máximo, igual a diferença entre a CAD e a Lr_{i-1} . Caso a diferença seja maior que P, então considera-se o valor de Pe igual ao valor de P. A equação 9 permite estimar a precipitação efetiva (Pe).

$$Pe = CAD - Lr_{i-1} \quad (9)$$

Quando Lr_i atinge o valor igual Lrc , a irrigação é novamente realizada e a Li_{liq} é calculada pela equação 10.

$$Li_{liq} = CAD - Lr_{i-1} \quad (10)$$

A lâmina de irrigação bruta (Li_b) a ser aplicada vai depender da eficiência de aplicação de água (Ea) do sistema de irrigação utilizado, estimada pela equação 11.

$$Li_b = Li_{liq} / Ea \quad (11)$$

Para o tempo de funcionamento (TF) do sistema de irrigação, em cada setor ou subunidade operacional, utiliza-se a equação 12.

$$TF = Li_b / Ia \quad (12)$$

Acompanhamento diário da irrigação

Para facilitar o manejo da irrigação é necessário acompanhar, diariamente, o consumo de água da cultura e as contribuições que ocorrem pelas chuvas e irrigações. Este acompanhamento pode ser feito utilizando-se a Tabela 4.

Tabela 4. Exemplo que mostra o acompanhamento diário da irrigação para a cultura da mandioca.

Data	P (mm)	Pe (mm)	ET _o (mm dia ⁻¹)	ET _{c_i} (mm dia ⁻¹)	L _{r_i} (mm)	Decisão	Li _{liq} (mm)	Li _b (mm)	TF (h)
31/jul.	Plantio	10							
1/ago.	0,0	0,0	4,1	2,0	42,0	aplicação	34,0	40,0	4,0
2/ago.	0,0	0,0	4,1	2,0	39,9	não irriga	0,0	0,0	0,0
3/ago.	0,0	0,0	4,1	2,0	37,9	não irriga	0,0	0,0	0,0
4/ago.	0,0	0,0	4,3	2,1	35,8	não irriga	0,0	0,0	0,0
5/ago.	0,0	0,0	4,3	2,1	33,6	irriga	0,0	0,0	0,0
6/ago.	0,0	0,0	4,3	2,1	41,9	aplicação	10,4	12,2	1,2
26/out.	2,0	2,0	4,2	4,2	18,4	não irriga	0,0	0,0	0,0
27/out.	0,0	0,0	4,2	4,2	14,3	irriga	0,0	0,0	0,0
28/out.	0,0	0,0	4,1	4,1	40,0	aplicação	29,8	35,0	3,5
29/out.	6,9	4,1	4,1	4,1	40,0	não irriga	0,0	0,0	0,0
30/out.	19,8	4,1	4,1	4,1	40,0	não irriga	0,0	0,0	0,0
31/out.	11,2	4,1	4,1	4,1	40,0	não irriga	0,0	0,0	0,0
2/maio	0,0	0,0	3,5	2,8	21,7	não irriga	0,0	0,0	0,0
3/maio	0,0	0,0	3,5	2,8	18,9	não irriga	0,0	0,0	0,0
4/maio	0,0	0,0	3,5	2,8	16,1	irriga	0,0	0,0	0,0
5/maio	0,0	0,0	3,5	2,8	41,2	aplicação	27,9	32,8	3,3

Continua ...

Tabela 4. Continuação

Data	P (mm)	Pe (mm)	ET _o (mm dia ⁻¹)	ETC _i (mm dia ⁻¹)	L _{r_f} (mm)	Decisão	Li _{liq} (mm)	Li _b (mm)	TF (h)
6/maio	0,0	0,0	3,5	2,8	38,4	não irriga	0,0	0,0	0,0
7/maio	0,0	0,0	3,5	2,8	35,6	não irriga	0,0	0,0	0,0
30/maio	13,2	13,2	3,3	2,6	35,5	não irriga	0,0	0,0	0,0
Total	1.508,9	597,4					372,1	437,7	

Perspectivas futuras e conclusão

A irrigação é uma alternativa para aumentar a produtividade da cultura da mandioca. Mas, essa tecnologia deve ser direcionada, principalmente, à mandioca de mesa, por necessitar de maior qualidade e precocidade na colheita do produto. O que não impede a decisão de irrigar o produto que tenha diferentes fins, inclusive com os ganhos em produtividade em colheitas mais tardias.

A área ocupada e a produtividade da mandioca no Brasil diminuíram. Como resultado desse cenário, a oferta tem sido menor. Segundo pesquisa do CEPEA, os reflexos da pandemia de covid-19 na cadeia produtiva da mandioca em 2020 foram transitórios. Para o futuro, há expectativa de retomada da economia, o que pode elevar a procura pelos derivados de mandioca e a necessidade de processamento de raízes.

Assim, nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal, com o plantio na primeira quinzena de agosto, com os dados, observa-se que o uso de água pela cultura, no ciclo de 10 meses, atingiu 1.035,1 mm, sendo 597,4 mm supridos pela precipitação efetiva e 437,7 mm supridos pela irrigação.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. **Irrigação pode aumentar a produtividade em até 400% e reduzir tempo de colheita**. 2020. Disponível em: <https://abam.com.br/irrigacao-pode-aumentar-a-produtividade-em-ate-400-e-reduzir-tempo-de-colheita>. Acesso em: 13 de janeiro de 2020.

ADJEBENG-DANQUAH, J.; GRACEN, V. E.; ASANTE, I. K.; MANU-ADUENING, J. Genetic variability in storage root bulking of cassava genotypes under irrigation and no irrigation. **Agriculture & Food Security**, v. 5, n. 9, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s40066-016-0055-7>

ALLEN, R.; PEREIRA, L.; RAES, D. Y.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. p. 110-113.

ANTONINI, J. C. dos A.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; SILVA, F. A. M. da; NAUDIN, K.; MALAQUIAS, J.V. Desempenho agrônômico de mandioca de mesa manejada com irrigação e uso de cobertura plástica do solo. **Colloquium**, v. 16, n. 5, 2020. DOI: 10.5747/ca.2020.v16.n5.a

ANTONINI, J. C. dos A.; FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. Irrigação In: FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A.; BORGES, A. L. (Ed.). **Cultivo da mandioca para a região dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. p. 24-26.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 596 p.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. da; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: UFV, 2019. 545 p.

CAMPOS, H. dos R.; SENA, Z. F. de. **Profundidade do sistema radicular do aipim maragogipe (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes idades**. Cruz das Almas: UFB, 1974. 9 p.

CARABALLO, L.; VELASQUEZ, E. Respuesta de tres cultivares de yuca a diferentes condiciones hídricas y fechas de cosecha. **Agronomía Tropical**, v. 50, n. 2, p. 267-284, 2000.

CONAB. **Mandioca**: análise mensal. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/14631-mandica-analise-mensal-outubro-2020>. Acesso em: 13 jan. de 2021.

CONCEIÇÃO, A. J. da. **A mandioca**. Cruz das Almas: UFBA: Embrapa: BNB: Brascan Nordeste, 1979. 382 p.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Uso de valores médios de ETo para manejo da irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA: SBA: UFSM, 2003. v. 1, p. 249-250.

DOMINGUEZ, C. E.; CEBALLOS, L. F.; FUENTES, C. Morfología y fisiología: morfología de la planta de yuca. In: DOMÍNGUEZ, C. E. **Yuca**: investigación, producción y utilización. Colombia: PNUD/CIAT, 1983. p. 27-49.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua em el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p.

FAO. **Save and grow**: cassava: a guide to sustainable production intensification. Roma, 2013. 140 p.

FERNÁNDEZ, L.; CERRATO, R. B. **Cartilla tecnológica del cultivo de yuca en el Litoral Atlántico de Honduras**. Tegucigalpa: DICTA, 2017. 41 p.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. **Seleção participativa de variedades de mandioca na agricultura familiar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 76 p.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; CARVALHO, J. E. B. Tratos culturais. In: FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; BORGES, A. L. **Cultivo da mandioca para Região do Cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2017. p. 34-36.

GOMIDE, R. L.; MAENO, P. Requerimento de água pelas culturas. In: ALBUQUERQUE, P. E. P. de; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo da irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 225-254.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 2007. 318 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 355 p.

MILANESI, M. A.; ALVES, R. R.; GALVANI, E. Comparativo entre instrumentos pluviométricos experimentais e automáticos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17; CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017. p. 2251-2261. DOI: 10.20396/sbfga.v1i2017.2453

PASTRONA, F. E.; ALVIZ, H. S.; SALCEDO, J. G. Respuesta de dos cultivares de yuca (Manihot esculenta Crantz) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes. **Acta Agronómica**, v. 64, n. 1, p. 48-53, 2015.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PORTELLA, A. L. **Caracterização do processo produtivo, aspectos da qualidade da farinha de mandioca e percepção dos agentes da cadeia na região central do estado de Roraima**. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

SANTOS, F. J. de S.; LIMA, R. N. de; RODRIGUES, B. H. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; SOUZA, F. de; OLIVEIRA, J. J. G. **Manejo da irrigação da melancia: uso do tanque classe "A"**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 12 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular técnica, 20).

SILVA, F. A. M.; FIALHO, J. de F.; CORREIA, J. R.; VIEIRA, E. A. Aspectos edafoclimáticos. In: FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A.; BORGES, A. L. (Ed.). **Cultivo da mandioca para a região dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. p. 08-14.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. **Sistema de produção de mandioca para a região do Cerrado**. Cruz das Almas: CNPMF, 2003. 61 p.

SOUZA, M. J. L.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS, R. C.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agrônômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.720>

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017. 204p

TORO, J. C.; CHARLES B. ATLEE, C. B. Prácticas agronómicas: prácticas agronomicas para la producción de yuca: una revisión de la literatura. In: DOMÍNGUEZ, C. E. **Yuca: investigación, producción y utilización**. Colombia: PNUD/CIAT, 1983. p. 165-198.

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br> (Digite o título e clique em Pesquisar)

Embrapa Cerrados

BR 020 Km 18 Rod. Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

1ª impressão (2021):
30 exemplares

Impressão e acabamento
Embrapa Cerrados



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
Presidente

Lineu Neiva Rodrigues

Secretária-executiva

Alexsandra Duarte de Oliveira

Secretária

Alessandra Silva Gelape Faleiro

Membros

Alessandra Silva Gelape Faleiro;

Alexandre Specht; Edson Eyji Santo;

Fábio Gelape Faleiro; Gustavo José Braga;

Jussara Flores de Oliveira Arbues;

Kleberon Worsley Souza;

Maria Madalena Rinaldi;

Shirley da Luz Soares Araujo

Supervisão editorial

Jussara Flores de O. Arbues

Revisão de texto

Jussara Flores de O. Arbues

Normalização bibliográfica

Shirley da Luz Soares Araujo (CRB 1/1948)

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Renato Berlim Fonseca

Foto da capa

Fabiano Bastos