

Capítulo 14

Irrigação em cafeeiros

Denis Cesar Cararo
Antônio Ferreira de Souza Dias



Introdução

Tecnologia reconhecida como instrumento passível de uso pelo produtor para aumentos substanciais em produtividade de grãos, a irrigação, ocupa mais de 10% (230 mil hectares) da cafeicultura brasileira e corresponde a aproximadamente 17% da área cafeeira rondoniense (ROSA NETO, 2012).

Este percentual é verificado como irrigação suplementar, pois apesar da elevada precipitação anual de até 2.500 mm sob a influência de um clima equatorial, em certas regiões do Norte do Brasil, há meses com precipitações inferiores a 20 mm.

A experiência e as informações técnicas mostram que é possível se obter acima de 100 sc ha⁻¹ em média, de vários anos. Mas, uma tecnologia não deve ser responsabilizada isoladamente pelo resultado positivo de um cultivo devendo-se priorizar a escolha da área, a escolha da variedade e de mudas, o preparo do solo, o espaçamento de cultivo, a adoção de podas adequadas, o uso de calagem e adubação, o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, e as boas práticas durante colheita e beneficiamento, de modo a obter boa produtividade, qualidade de grãos e de bebida, e sustentabilidade. A irrigação é parte do sistema de produção que ocasiona incrementos expressivos na cafeicultura.

A tecnologia da irrigação para o cultivo de café tem sido gerada em regiões produtoras tais como os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo, e no Cerrado Brasileiro. Na Amazônia, em especial no Estado de Rondônia, apesar da introdução da cafeicultura ter acontecido há vários anos, existem poucas informações em artigos técnicos e científicos aplicadas à condição estadual. Dados de demanda hídrica, coeficientes de cultivo, lâminas e períodos de irrigação, uniformidade de florada e maturação, entre outros, úteis ao dimensionamento, ao manejo e à avaliação dos sistemas de irrigação, ainda necessitam de maiores estudos.

Considerando a importância da cafeicultura estadual em relação às demais Unidades da Federação, e as pesquisas, adaptações e validações com irrigação para esta cultura ainda serem incipientes, procura-se dirimir algumas informações úteis de localidades que contenham dados disponíveis, os quais serão atualizados ao momento em que se obtiverem resultados estaduais específicos.

Áreas com *Coffea canephora* estão presentes na maioria dos municípios em Rondônia. Desses, segundo o levantamento de Rosa Neto (2012), podem se destacar por terem sistemas irrigados os seguintes: Cacoal, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia d'Oeste, Buritit, Alta Floresta d'Oeste, Ministro Andreazza, Rolim de Moura, Vale do Paraíso (Figura 1). Segundo esse mesmo levantamento, em Alvorada d'Oeste, Ouro Preto do Oeste e Theobroma também há sistemas, contudo o percentual de irrigantes nestes municípios não é expressivo."

Atualmente, por diversas razões, incluindo a não aplicação integrada das tecnologias no sistema de produção, a produtividade de café rondoniense ainda permanece baixa, ou seja, 17 sc ha⁻¹ pelos dados da Companhia Nacional de Abastecimento, safra agrícola cafeeira de 2014 (CONAB, 2015).

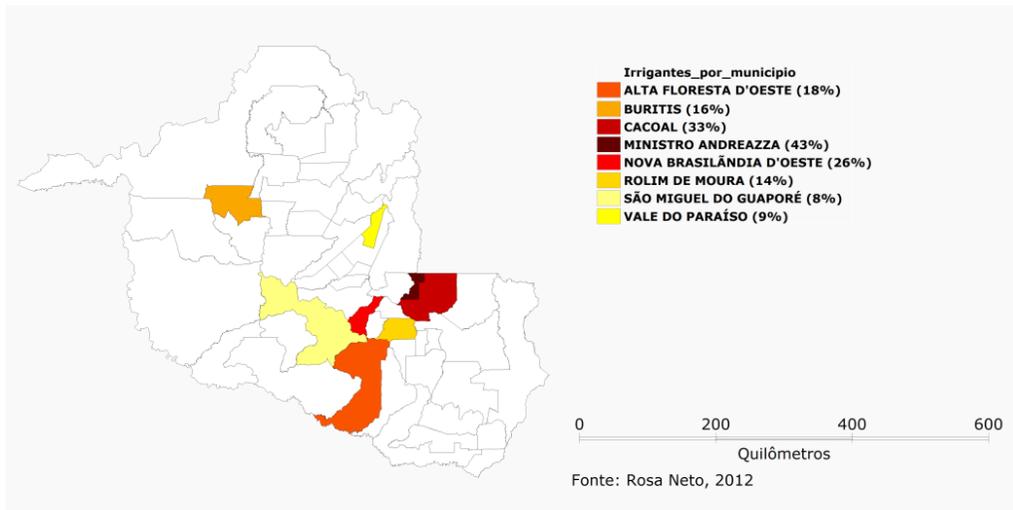


Figura 1. Percentual de produtores com cafeeiro irrigado em relação ao município no Estado de Rondônia.

O uso correto da irrigação reflete em aumento de produtividade, qualidade de bebida e lucratividade. Para isto ser possível, é necessário considerar os custos de aquisição, operação e manutenção, o levantamento topográfico da área, quantidade de água disponível, qualidade da água, análise física do solo, avaliação do clima local, a correta seleção do sistema, a quantificação da necessidade hídrica do cafeeiro para projeto, o dimensionamento agrônomo e hidráulico, a obtenção do equipamento, a montagem, o manejo racional da irrigação, o funcionamento do sistema de irrigação, e a avaliação da uniformidade de distribuição de água. Em alguns casos associam-se a automação e a fertirrigação.

Necessidade hídrica do cafeeiro

O suprimento de água à cultura do café está relacionado a fatores climatológicos, pedológicos, fisiológicos e de interferência humana pelas práticas agrícolas. A quantidade de água demandada será definida a partir de uma combinação destes fatores.

As características climáticas que influenciam a necessidade hídrica do cafeeiro são: temperatura do ar, chuva, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade e direção do vento. Quanto ao solo são: textura, estrutura, profundidade, capacidade de retenção de água e taxa de infiltração da água. Quanto à planta, suas fases fenológicas e sua idade, bem como sua tolerância ao déficit hídrico. Em relação ao manejo cultural, práticas como a poda, a colheita, a implantação de quebra-ventos pela arborização ao redor da área irrigada e a manutenção de cobertura morta nas entrelinhas de plantas de café, também ocasionam demandas diferenciadas de água pela cultura.

O clima em Rondônia, o qual possui altitude média inferior a 500 m, possui temperatura mínima entre 19,3 °C e 21,9 °C, temperatura máxima entre 29 °C e 31,8 °C, temperatura média anual entre 23,2 °C e 26 °C, pluviometria entre 1.340 mm ano⁻¹ e 2.340 mm ano⁻¹.

Essas características, juntamente a outros fatores, permitem o cultivo predominante de café canéfora. Em grande parte do ano as precipitações excedem a evapotranspiração, permanecendo reservas hídricas no solo para o desenvolvimento das plantas, mas a existência de défices hídricos durante a floração, as chuvas alternadas a períodos secos, e a demanda evapotranspiométrica e temperatura do ar relativamente elevadas, não permitem que a cultura alcance seu potencial produtivo, caso não exista alguma tecnologia que permita a manutenção hídrica adequada às plantas. Isso também se refere àquelas obtidas a partir de clones contendo sistema radicular superficial.

Algumas alternativas de manutenção hídrica como o uso de quebra-ventos e sombreamento arbóreo, a cobertura morta e o uso de polímeros hidrorretentores no solo ou no substrato podem ser utilizadas, porém a irrigação é a única tecnologia que permite de fato adicionar a água, em quantidade, no momento e no local exato. Ela torna-se necessária principalmente em anos e locais em que o déficit hídrico acumulado é próximo ou superior a 200 mm para café canéfora, concordando com Marcolan et al. (2009) que sugerem que este é o limite tolerado pela espécie e com Santinato et al. (1996) que apontam que a cultura do cafeeiro canéfora exige irrigação quando o déficit hídrico varia entre 150 mm e 200 mm.

Há uma variação temporal e espacial da disponibilidade hídrica para a cultura do cafeeiro no Estado de Rondônia, a qual pode ser visualizada por meio dos Balanços Hídricos Climatológicos (BHC) elaborados a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955) e dados registrados em séries históricas de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica. Os dados estão disponíveis no Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999-2010) registrados pela Sedam, na Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac) e nas unidades de observação mantidas pela Seagri/Emater-RO. Os BHCs são estimados com uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm, de acordo com Pereira et al. (2007), os quais recomendam valores entre 100 mm e 125 mm para culturas perenes.

Os municípios rondonienses considerados foram Ouro Preto do Oeste, Ji-Paraná, Cacoal, Costa Marques, Alta Floresta d'Oeste, São Miguel do Guaporé, Ariquemes, Machadinho d'Oeste, Campo Novo de Rondônia. Nestes municípios se verifica que o período seco inicia em maio, com exceção de Alta Floresta d'Oeste e São Miguel do Guaporé que inicia em abril, quando a CAD tende a zero e o solo começa a apresentar um déficit hídrico, e se estende até o mês de setembro, quando são registrados os maiores défices hídricos acumulados, ou seja, 200 mm em Ouro Preto do Oeste, 234 mm em Ji-Paraná, 275 mm em Cacoal, 293 mm em Costa Marques, 250 mm em São Miguel do Guaporé, 246 mm em Ariquemes, 238 mm em Machadinho d'Oeste, e até o mês de outubro de 406 mm em Alta Floresta d'Oeste e de 280 em Campo Novo de Rondônia (Figura 2).

Marcolan et al. (2009) indicam que o repouso fisiológico de café canéfora em Rondônia ocorre em maio e junho, e a floração e o início da formação dos frutos em julho e agosto. Considerando as diferentes regiões, a floração de café canéfora poderá ocorrer de junho a setembro, existindo o risco de redução de produtividade por abortamento de flores e frutos, ou acréscimo de desuniformidade de florada e maturação nos ramos em função da ocorrência de alternância entre chuvas de baixa intensidade e períodos secos. Assim,

destaca-se que da floração a fase anterior à maturação de grãos, é importante que não ocorra déficit hídrico.

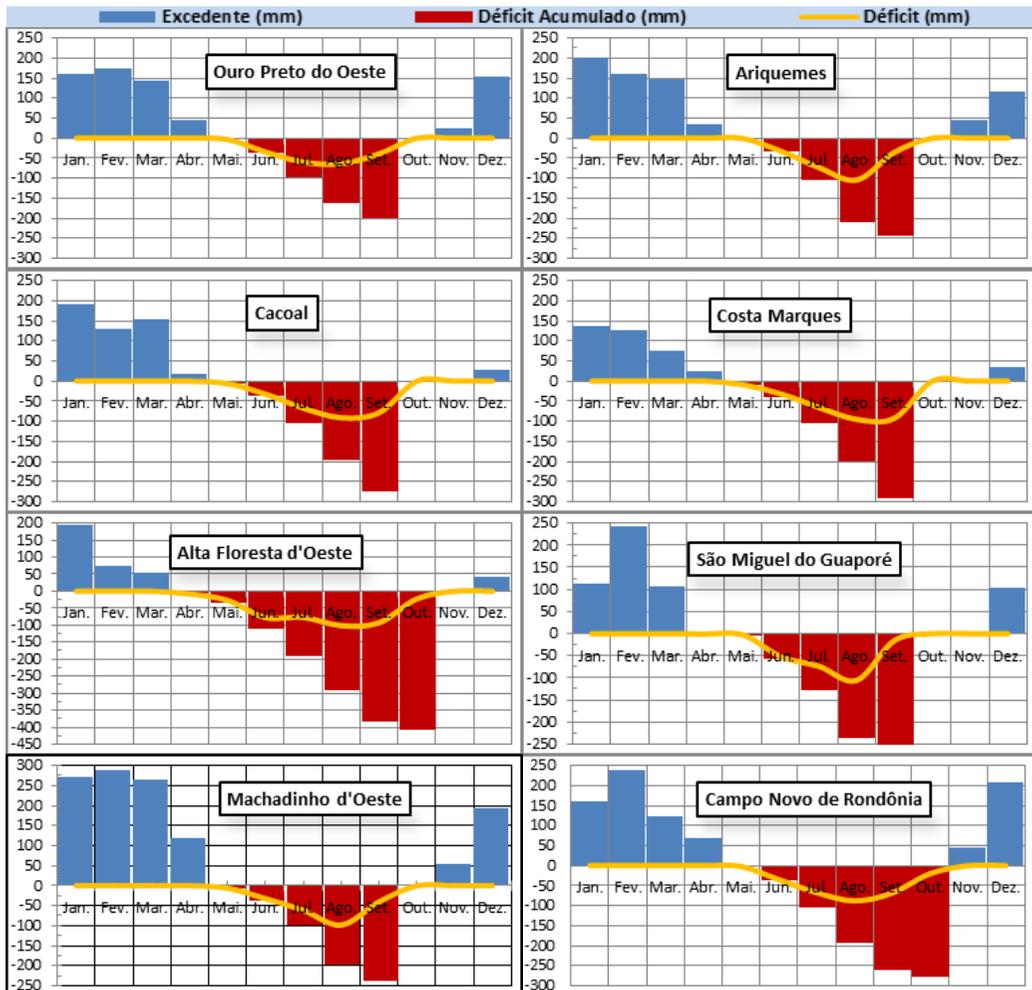


Figura 2. Balanço hídrico climatológico mensal de alguns municípios em Rondônia.
Fonte: Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999–2010).

Segundo dados obtidos no Centro de Treinamento da Emater–RO – rodovia BR 364, km 25, entre os municípios de Ouro Preto do Oeste e Ji-Paraná; na Unidade de Observação (UO) – rodovia RO 470, km 18, entre Ouro Preto do Oeste e Nova União; na UO – 8ª linha do distrito de Tancredópolis em Alvorada d'Oeste e na UO – Vale do Paraíso; verifica-se importante o uso da irrigação na região central de Rondônia de agosto a outubro (Figura 3).

Na Figura 3 é possível observar o déficit hídrico em julho (65 mm a 130 mm), período em que ocorre a floração. Portanto, é prudente o uso da irrigação a partir deste mês, nestas localidades, visando evitar o abortamento floral e dos frutos. A necessidade de suplementação, em 2012, encerrou ainda no primeiro decêndio de outubro para localidades observadas em Ouro Preto do Oeste e Vale do Paraíso, e em meados da segunda quinzena para Alvorada d'Oeste.

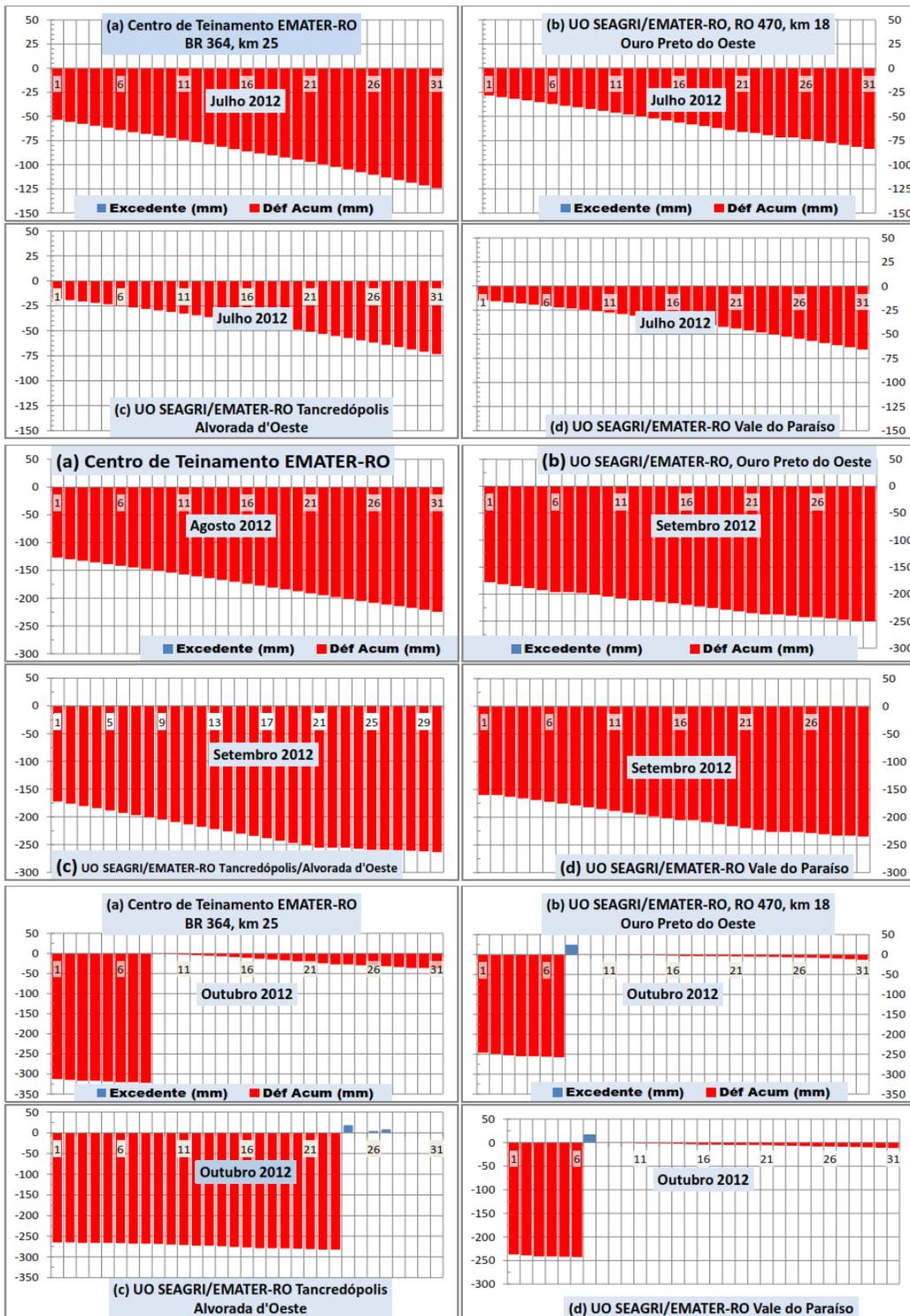


Figura 3. Balanço hídrico climatológico como indicativo de início (julho) e fim (outubro) do uso de irrigação na região central de Rondônia, para CAD =100 mm. Fonte: Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999–2010).

A proximidade de municípios não indica necessariamente que os dados sejam similares. Para exemplificar, os défices hídricos acumulados em julho e agosto mostram grande variação entre duas UOs da Seagri/Emater-RO, uma em Cacoal, outra em Ministro Andreazza. Na UO de Cacoal o déficit hídrico acumulado ultrapassou 200 mm em agosto enquanto na de Ministro Andreazza só atingiu esse valor em setembro (Figura 4).

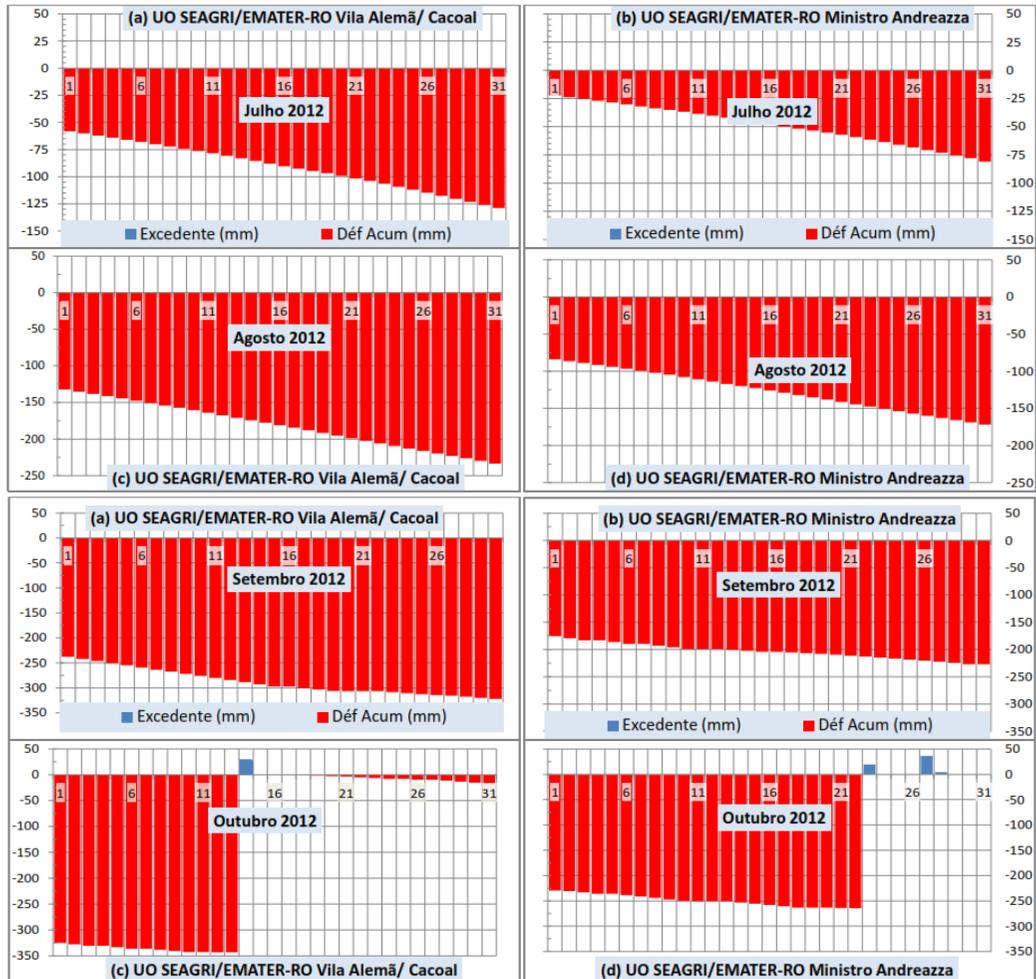


Figura 4. Balanço hídrico climatológico de julho a outubro de 2012 em UOs em Cacoal e em Ministro Andreazza, para CAD = 100 mm.
Fonte: Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999–2010).

Os dados mostram um período de necessidade de irrigação mais prolongado da localidade observada em Ministro Andreazza em relação à localidade observada em Cacoal.

Outras localidades evidenciam défices hídricos bastante distintos com valor superior a 200 mm no mês de agosto na UO de cafeeiro irrigado da linha 107, lote 189, Distrito Bom Sucesso, Município de Seringueiras, e no mês de setembro na UO de cafeeiro irrigado, localizada na linha 106, km 09, Distrito de Terra Boa, entre Alvorada d'Oeste e São Miguel

do Guaporé. Ambas as localidades registraram déficit hídrico até o início de novembro, porém, com valores bastante distintos, 298 mm em Terra Boa/Alvorada d'Oeste e 437 mm em Seringueiras (Figura 5).

Similarmente a UO de Seringueiras, 200 mm também são constatados em agosto na UO de cafeeiro irrigado, localizada na rodovia RO 133, km 10, lote 11, gleba 04, Projeto de Assentamento Tabajara I, Machadinho d'Oeste, contudo o período para uso da irrigação foi menor ao de Seringueiras e Terra Boa/Alvorada d'Oeste, pois há registros de fim do déficit em meados de setembro (Figura 5).

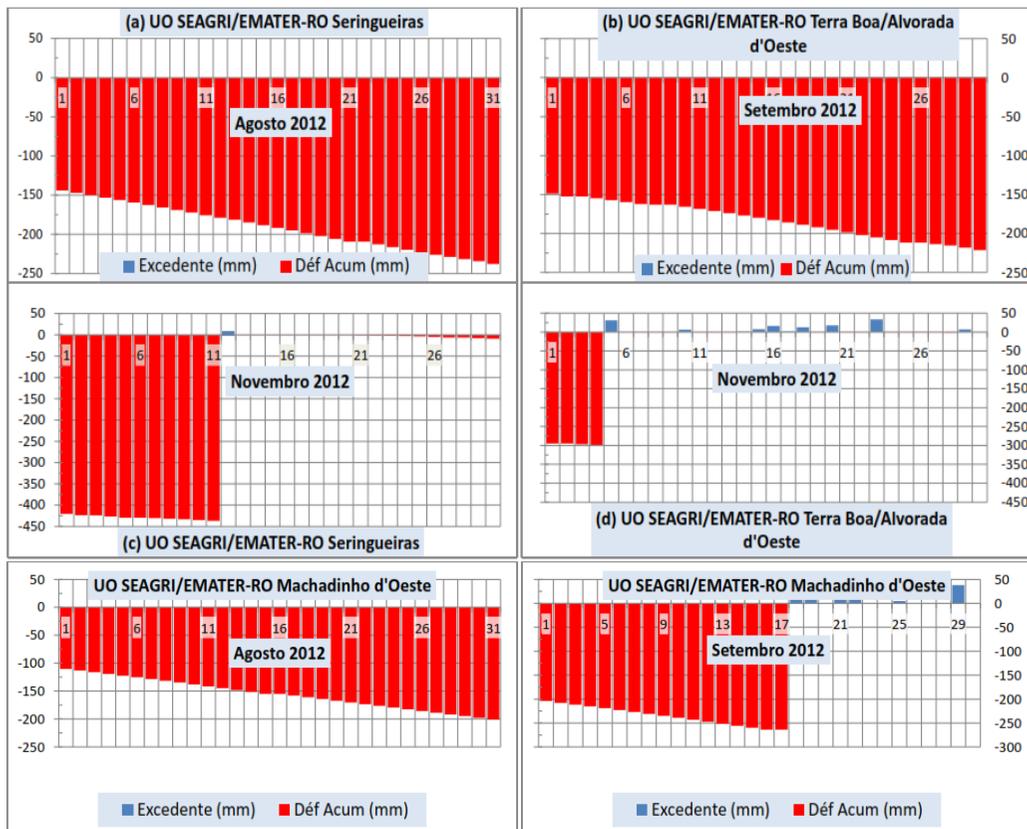


Figura 5. Balanço hídrico climatológico de agosto a novembro de 2012 em UOs em Seringueiras, Terra Boa/Alvorada d'Oeste e Machadinho d'Oeste, para CAD=100 mm.

Fonte: Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999–2010).

Nota-se a partir do registro histórico de evapotranspiração, componente importante do balanço hídrico, que o mês de agosto é um período crítico e, portanto determinante para o dimensionamento dos sistemas de irrigação. Considerando essa evapotranspiração e o coeficiente máximo de cultivo igual a 1,0 para plantas de café com idade superior a três anos e espaçadas de 3 m x 2 m, podem-se sugerir diferentes vazões para projetos, a dado percentual de área molhada e eficiência do sistema, entre outros coeficientes (Tabela 1).

Tabela 1. Evapotranspiração (ET) e vazão (Q) para projetos de irrigação de cafeeiros no Estado de Rondônia.

Município	Estação meteorológica da Sedam-Remar	ET potencial média em agosto (mm)	Q sugerida para projetos (m ³ dia ⁻¹ ha ⁻¹)
Alta Floresta d'Oeste	Alta Floresta d'Oeste (13° 05' 06" S; 62° 16' 41" W)	109,71 (3 anos)	49,96 ⁽¹⁾ 22,32 ⁽²⁾
	Cacoal (11° 29' 01" S; 61° 22' 46" W)	110,35 (10 anos)	50,25 ⁽¹⁾ 22,45 ⁽²⁾
	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 ⁽¹⁾ 23,85 ⁽²⁾
	Costa Marques (12° 25' 52" S; 64° 13' 55" W)	117,00 (7 anos)	53,28 ⁽¹⁾ 23,80 ⁽²⁾
Alvorada d'Oeste	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 ⁽¹⁾ 23,85 ⁽²⁾
	Ji-Paraná (10° 51' 46" S; 61° 57' 24" W)	124,97 (10 anos)	56,91 ⁽¹⁾ 25,42 ⁽²⁾
Buritis	Ariquemes (09° 56' 05" S; 62° 57' 42" W)	137,24 (10 anos)	62,50 ⁽¹⁾ 27,92 ⁽²⁾
	Campo Novo de Rondônia (10° 26' 27" S; 64° 07' 35" W)	117,09 (3 anos)	53,32 ⁽¹⁾ 23,82 ⁽²⁾
Cacoal	Cacoal (11° 29' 01" S; 61° 22' 46" W)	110,35 (10 anos)	50,25 ⁽¹⁾ 22,45 ⁽²⁾
Ministro Andreazza	Cacoal (11° 29' 01" S; 61° 22' 46" W)	110,35 (10 anos)	50,25 ⁽¹⁾ 22,45 ⁽²⁾
Nova Brasilândia d'Oeste	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 ⁽¹⁾ 23,85 ⁽²⁾
Ouro Preto do Oeste	Ji-Paraná (10° 51' 46" S; 61° 57' 24" W)	124,97 (10 anos)	56,91 ⁽¹⁾ 25,42 ⁽²⁾
Rolim de Moura	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 ⁽¹⁾ 23,85 ⁽²⁾
	Cacoal (11° 29' 01" S; 61° 22' 46" W)	110,35 (10 anos)	50,25 ⁽¹⁾ 22,45 ⁽²⁾
São Miguel do Guaporé	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 ⁽¹⁾ 23,85 ⁽²⁾
Theobroma	Ariquemes (09° 56' 05" S; 62° 57' 42" W)	137,24 (10 anos)	62,50 ⁽¹⁾ 27,92 ⁽²⁾
Vale do Paraíso	Ji-Paraná (10° 51' 46" S; 61° 57' 24" W)	124,97 (10 anos)	56,91 ⁽¹⁾ 25,42 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Sistema de irrigação por aspersão com eficiência igual a 85% aplicando água em 100% da área cultivada;

⁽²⁾ Sistema de irrigação (gotejamento ou microaspersão) com eficiência igual a 90% e aplicação localizada em 38% da área cultivada (resultante de média encontrada na região norte do Espírito Santo e superior ao mínimo recomendado (33% em regiões secas); Kc= 1,0; espaçamento 3 m x 2 m; Kcl = 1,2; café canéfora; Kad = 1,0.

Fonte: Dados obtidos junto à Rede de Estações Meteorológicas da Sedam-Remar.

Para enriquecimento deste trabalho, são também apresentados os valores médios de evapotranspiração potencial e precipitação pluviométrica de todos os meses do ano por região produtora de café na Tabela 2.

Tabela 2. Evapotranspiração potencial e precipitação médias mensais de alguns municípios produtores de café no Estado de Rondônia.

Mês	Alta Floresta		Ariquemes		Cacoal		Campo Novo de Rondônia		Costa Marques		Ji-Paraná		São Miguel do Guaporé	
	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)
Jan	138,4	333,9	142,1	342,6	128,7	305,4	134,0	296,0	133,7	297,6	128,0	299,7	133,8	247,4
Fev	125,3	198,2	117,5	294,4	113,0	196,6	113,5	351,5	117,3	253,2	110,7	305,6	113,4	357,4
Mar	141,0	194,9	138,2	293,8	124,0	270,7	126,5	248,7	129,6	204,3	122,3	348,6	126,5	233,6
Abr	131,0	88,2	131,5	189,7	117,3	145,8	116,3	183,4	117,0	183,0	117,0	162,9	116,5	104,0
Mai	100,6	46,0	115,5	97,3	95,5	56,2	94,9	75,5	95,3	55,5	110,1	92,7	95,0	78,9
Jun	103,3	1,8	107,1	16,9	88,1	4,2	102,0	21,3	88,9	33,0	99,9	11,2	102,1	2,6
Jul	89,8	5,1	115,2	16,5	106,5	10,9	93,4	4,3	90,0	5,4	104,6	7,2	93,5	3,4
Ago	109,7	4,6	137,2	15,9	110,3	1,9	117,1	19,8	117,4	13,8	125,0	22,5	117,3	3,9
Set	126,0	31,8	137,8	109,7	123,2	54,3	108,8	38,0	138,5	45,3	132,9	117,9	109,0	93,3
Out	164,5	141,9	146,0	206,3	134,0	166,2	140,0	119,9	157,4	160,8	141,8	165,5	139,8	160,9
Nov	135,3	199,5	140,1	235,6	130,7	167,2	140,4	282,5	147,5	195,8	128,7	162,5	140,2	121,9
Dez	160,8	237,4	144,0	276,4	130,0	226,0	131,6	339,1	152,1	226,1	131,0	264,0	131,4	328,5

Fonte: Boletim Climatológicos do Estado de Rondônia (1999 - 2010) (dados compilados).

A escolha do sistema de irrigação

Há basicamente três formas predominantes de aplicação de água ao solo: irrigação por superfície, irrigação por aspersão e irrigação localizada. Na primeira, a água escoo sobre a superfície do solo; na segunda, a aplicação simula a chuva; e na terceira, a água é colocada próxima à planta. Para cada uma dessas formas há necessidade de um conjunto de materiais hidráulicos, mecânicos, elétricos e ou eletrônicos, os quais são agrupados em sistemas de irrigação. A água distribuída pela superfície utilizando sulcos no solo caracteriza o sistema de irrigação por sulcos, o qual não é usual na cafeicultura; em área total como chuva a partir de um equipamento hidráulico pressurizado composto de uma tubulação e aspersores sobre a mesma, o sistema de irrigação por aspersão convencional (Figura 6); em área total conforme a aspersão convencional, contudo com os finais das tubulações interligados, o sistema de irrigação por aspersão em malha (Figura 7); em área total a partir da rotação de uma tubulação composta de aspersores, o sistema de irrigação por pivô-central (Figura 8); em parte da área, a partir de um equipamento hidráulico pressurizado composto de uma tubulação e microaspersores, o sistema de irrigação por microaspersão (Figura 9); em parte da área, a partir de um equipamento hidráulico



Fotos: João Maria Docleclano

Figura 6. Sistema de irrigação convencional portátil, com canhão hidráulico, em cafeeiro.

pressurizado composto de uma tubulação e de gotejadores, o sistema de irrigação por gotejamento (Figura 10). Demais sistemas de irrigação não são comuns ao cultivo do cafeeiro.



Figura 7. Sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo em linha e aspersão semi-portátil em malha, em cultivo de café.

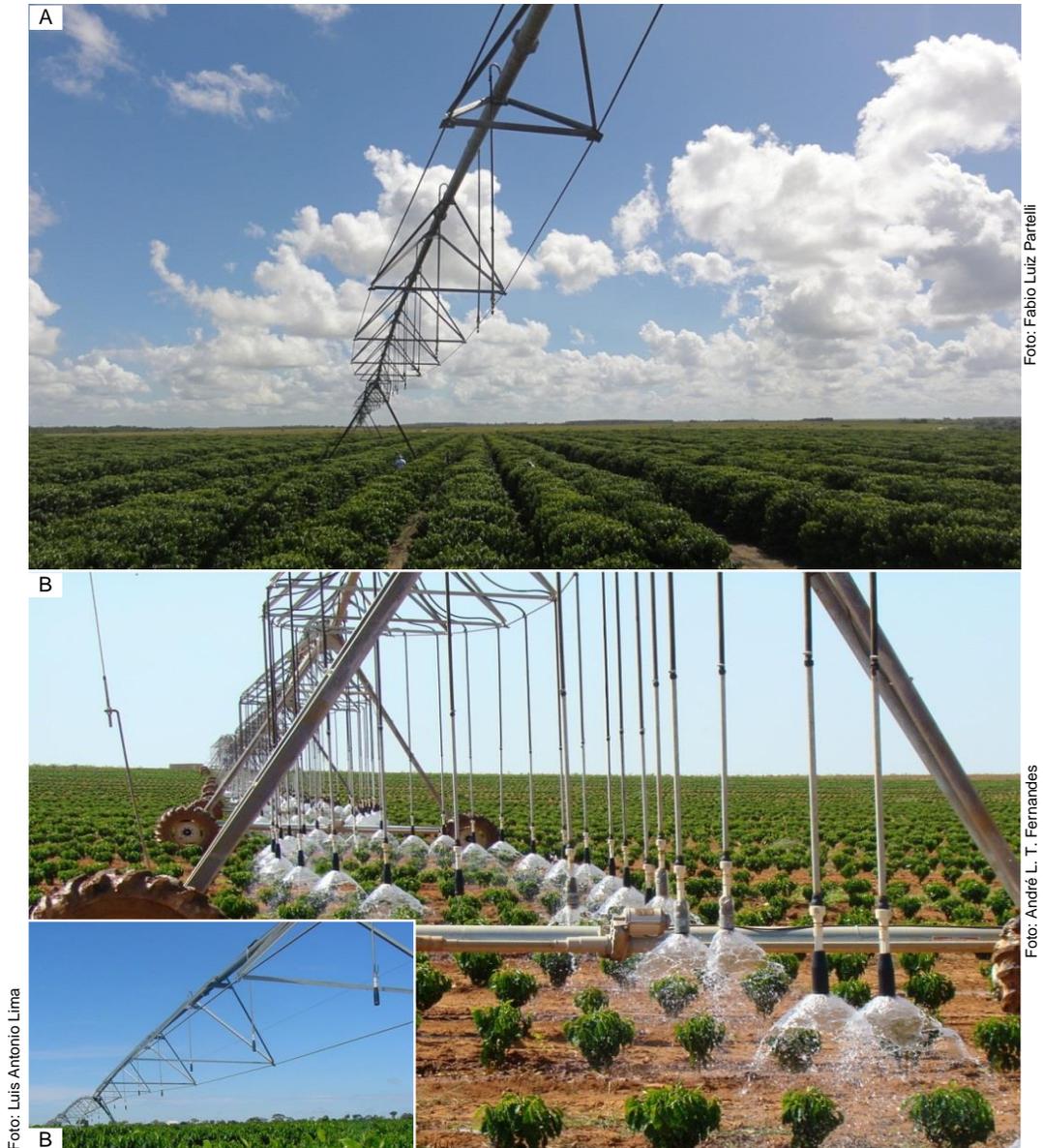


Figura 8. Sistemas de irrigação por aspersão em pivô-central convencional (a) e tipo LEPA (b), em cultivo de café.

Em Rondônia, pode-se verificar que na década de 1980, acompanhando o crescimento da irrigação por aspersão no Brasil, alguns produtores decidiram investir em canhões hidráulicos (aspersores de alta pressão), como parte dos autopropelidos e da aspersão convencional portátil, os quais predominaram até o início deste século, momento em que surgiram tecnologias de aspersão de baixa pressão em sistemas fixos e semiportáteis. A dificuldade em se obter mão de obra no setor agropecuário para operação dos sistemas portáteis também favoreceu a preferência dos produtores pelo sistema de aspersão fixo setorizado, gotejamento e microaspersão, os quais são passíveis de automação.



Figura 9. Sistema de irrigação por microaspersão tradicional (a) e pelo tipo microjet (b), em cultivo de café.



Fotos: Denis César Cararo

Figura 10. Sistema de irrigação por gotejamento, em cultivo de café.

Atualmente, nos municípios de Cacoal, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia do Oeste, Buritis, Alta Floresta d'Oeste, Ministro Andreazza, Rolim de Moura e Vale do Paraíso, verifica-se que cerca de 80% dos cafeicultores que irrigam, adotam a aspersão, 11% a microaspersão, 7% o sistema de mangueiras tipo tripa e 2% o gotejamento (ROSA NETO, 2012).

O sistema de irrigação por aspersão em malha (semiportátil), o sistema de irrigação por aspersão convencional (fixo), a irrigação por microaspersão (tipo “microjet”) e irrigação por gotejamento, tem se mostrado como uma tendência entre os irrigantes, com ênfase para os dois últimos sistemas. O sistema de irrigação por pivô central e por microtubos não são usuais, e o sistema de irrigação por aspersão convencional portátil, por tripa (tubo flexível perfurado) e por autopropelido estão em desuso na cafeicultura rondoniense.

Independente da predominância, o gestor ou irrigante deve decidir pela escolha do sistema considerando uma análise conjunta de características locais, incluindo informações auxiliares, de modo que a decisão seja a mais apropriada, atendendo aos objetivos de desenvolvimento do projeto, econômico e social, sem, no entanto, esquecer a componente ambiental. Caso ocorra a escolha de mais de um sistema, deve-se reavaliar o dimensionamento, verificar a confiabilidade, a simplicidade e os riscos de operação, bem como a preferência do cafeicultor quanto aos sistemas pré-selecionados. Ao leitor, sugere-se o uso da Tabela 3 (opcional), para checagem de possíveis restrições e, também a consulta ao livro denominado “Planejamento de Irrigação” de Frizzone e Andrade Júnior (2005) para outros detalhamentos, inclusive econômico-financeiros para a decisão de investimento.

Tabela 3. Características para escolha de sistemas de irrigação em áreas cafeeiras.

Características	Níveis	Aspersão convencional fixo	Aspersão convencional semiportátil	Aspersão convencional portátil	Microaspersão	Gotejamento	Microtubos	Tripa	Pivô central	LEPA	Sulcos
Tamanho da área	Pequena Média Grande										
Irregularidade da área	Pequena Moderada Elevada										
Declividade topográfica	Pequena Moderada Elevada										
Infiltração do solo	Pequena Moderada Elevada										
Textura do solo	Arenosa Média Argilosa										
Profundidade do solo	Raso Mediano Profundo										
Desuniformidade do solo	Pequena Média Elevada										
Nível do lençol freático	Baixo Médio Alto										
Capacidade de retenção de água no solo	Pequena Média Elevada										
Erodibilidade do solo	Pequena Média Elevada										
Temperatura e umidade relativa do ar	Quente e seca Quente e úmida Sem vento										
Velocidade do vento	Moderada Elevada										
Disponibilidade de energia elétrica	Não há Escassa e pouco confiável Confiável										
Disponibilidade de mão de obra	Pequena Moderada Elevada										

Continua...

Tabela 3. Continuação

	Níveis	Aspersão convencional fixo	Aspersão convencional semiportátil	Aspersão convencional portátil	Microaspersão	Gotejamento	Microtubos	Tripa	Pivô central	LEPA	Sulcos
Qualificação da mão de obra	Pequena Moderada Elevada										
Disponibilidade de assistência técnica	Pequena Moderada Elevada										
Sólidos suspensos na água	Pouco Moderado Muito										
Ferro na água	Pouco Moderado Muito										
Carbonatos na água	Pouco Moderado Muito										
Disponibilidade de água	Pouca Moderada Muita Baixa Elevada										
Capacidade de investimento											
Restrição ambiental à mobilização de solo											
Restrição ambiental ao uso de fertilização											
Restrição quanto à proliferação de mosquitos											

Obs.: A análise desta tabela deve ser realizada com cautela e a escolha do sistema de irrigação deve considerar a combinação das características apresentadas.

Legenda: Não restritivo
Restritivo

Fonte: Elaborado a partir de Vermeiren e Jobling (1997), Doorenbos e Pruitt (1997), Ayers e Westcot (1999), Miranda e Pires (2003), Mantovani et al. (2007) e Mantovani et al. (2008).

O primeiro fator a verificar é a disponibilidade hídrica, sendo este de grande importância, pois define o uso ou não da irrigação. Caso a vazão disponível seja inferior à vazão a ser consumida, e caso não tenha a possibilidade de armazenamento ou uso de outra fonte de água, superficial ou subterrânea, recomenda-se não investir na aquisição e instalação de sistemas de irrigação, sob o risco de faltar água no momento crítico. Constatando-se que a vazão disponível é superior a consumida, porém com pouca disponibilidade, sugere-se o uso de sistemas que apresentem maior compatibilidade a esta situação. Neste aspecto, a irrigação localizada, incluindo o uso de gotejadores ou microaspersores, torna possível a economia de água e energia elétrica.

Considerando a fonte de água superficial, advinda de um rio ou igarapé, seria valiosa a estimativa da vazão para o período em que a cultura estiver sendo irrigada, a partir de uma análise de dados de vários anos. Contudo, diante da escassez destas informações, inclusive para se definir a curva de permanência no local de captação, e cujo conceito não será possível abordar no presente trabalho, sugere-se ao menos que o irrigante tenha um indicativo da vazão e volume do corpo d'água no período seco, obtendo o valor dos mesmos antes do dimensionamento da irrigação, por meio de princípios de hidrometria. Outra opção para planejamento seria utilizar a regionalização de vazões usando a metodologia da vazão específica, que chega a ser sugerida como um indicativo melhor comparado a uma única medida realizada no ano anterior à irrigação, além disso, funciona razoavelmente se as bacias tiverem características muito próximas (Tucci, 2002).

Na metodologia da vazão específica, conhecendo-se a área de contribuição da bacia a montante da estação fluviométrica, é possível calcular a vazão específica (q , em $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{Km}^{-2}$) conforme a equação 1, a qual é multiplicada pela área de contribuição a montante do ponto de captação do irrigante, no dado rio ou igarapé, para se obter a vazão correspondente em períodos de estiagem.

$$q = Q_{95} \text{ para o local da estação } / A \text{ de drenagem a montante da captação} \quad (1)$$

Como exemplo, considere os dados da estação fluviométrica denominada “Cachoeira do Cachimbo” que está localizada no Rio Branco, a jusante de Alta Floresta do Oeste nas coordenadas de Latitude igual a $-11^{\circ}55'50''$ e Longitude igual a $-62^{\circ}09'10''$. A área de drenagem contribuinte desta estação é 1420 km^2 e a vazão média que permanece 95% do tempo, de acordo com a curva de permanência obtida pelo software Hidro 1.2 disponibilizado via HidroWeb no site www.ana.gov.br, igual a $3,06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em julho. Portanto, pela equação 1, tem-se que a vazão específica será $(3,06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 1.000 \text{ L m}^{-3}) / (1.420 \text{ km}^2)$, ou seja, $q = 2,16 \text{ L}/(\text{s km}^2)$. Nessa etapa do cálculo, somente é necessário multiplicar a vazão específica obtida pela área de contribuição de água a montante do ponto de captação. Lembre-se que não corresponde à área de cafeeiro que irá ser irrigado e, sim a área delimitada por divisores de água. A área do cafeeiro a ser irrigado pode ou não estar na área em que a água foi coletada. No exemplo, caso a área de contribuição seja 200 km^2 , a vazão no corpo d'água, que não necessariamente tenha de ser o Rio Branco, mas que esteja em sua Bacia Hidrográfica a montante da estação de Cachoeira do Cachimbo, será $Q = 2,16 \text{ L}/(\text{s km}^2) \times 200 \text{ km}^2 = 432 \text{ L s}^{-1}$, que corresponde a um valor que permanecerá 95% do tempo em julho, considerado este o mês em que a água estará em seu nível mais baixo nesta localidade.

O irrigante poderá checar qual a vazão mínima que ocorre em dado ano pela medição em campo, para efeito de comparar valores medidos com os estimados. Há diversos métodos que poderiam ser empregados, entre eles, aqueles que utilizam o princípio

acústico (tipo “Flow Tracker”), o princípio da rotação de uma hélice (molinete), o vertedor e o flutuador. O método do flutuador, embora menos preciso, é fácil para ser executado e possibilita um indicativo ao irrigante, sendo melhor que a simples observação do corpo d’água. Este método consiste em registrar o tempo de deslocamento de um flutuador (ex.: garrafa plástica de água mineral parcialmente cheia) em 10 m de um trecho uniforme e reto, e relacionar com a área média molhada, transversal ao fluxo da água e representativas neste trecho. O registro pode ser com um cronômetro, o cálculo das seções pelo uso de uma estaca de madeira e de uma trena ou régua. O registro médio é obtido de três a cinco repetições, e a área média em três posições, a partir da medida de profundidades e larguras entre as profundidades, bem como da largura total do igarapé ou rio em dada posição, calculando a soma das áreas de formato regular, ou seja, soma de retângulos, triângulos e trapézios desenhando a seção com as medidas de altura e largura. Em certos rios, poderá precisar um barco, cordas com pesos ou cabos de aço para manter a embarcação na posição, permitindo que as leituras sejam realizadas. Uma vez obtida a velocidade da garrafa, é só lembrar que a velocidade média da água é perto de 85% da velocidade superficial da água. Assim, multiplica-se a velocidade por 85 e o resultado divide-se por 100 para se obter a velocidade média. A vazão no igarapé será o produto da velocidade média pela área média.

No caso da fonte de água ser subterrânea, sugere-se consultar um geólogo e a experiência de perfuração de poços de profissionais que atuam na região. Recomenda-se verificar a necessidade de outorga de direito de uso do recurso hídrico, a qual é solicitada ao órgão competente (Sedam – para fontes de água superficial de domínio estadual e ANA – para fontes de domínio da união).

A vazão consumida pela cultura poderá ser contabilizada pela vazão de projeto estimada a partir da evapotranspiração nos meses mais críticos, sendo recomendado observar o balanço hídrico da localidade em que o sistema será instalado. Apenas para exemplificar, utilizando o mês de julho em Porto Velho, a máxima evapotranspiração potencial neste mês é 97 mm mês⁻¹, equivalente a 3,13 mm dia⁻¹. Considerando valor de K_c (coeficiente de cultivo) de 1,2, estima-se que a evapotranspiração do cafeeiro com um sistema de irrigação por aspersão, possa atingir nesse mês o valor de ET_c = 3,76 mm dia⁻¹, correspondente ao produto da ET_r pelo K_c. Outros indicativos de K_c são apresentados ao final deste capítulo. Coeficientes específicos ao Estado de Rondônia serão definidos pela pesquisa.

Para um sistema de irrigação em que o solo não é totalmente molhado, há necessidade de corrigir o valor da evapotranspiração também pelo produto de K_l (coeficiente de localização da superfície molhada), estimada pela equação 2, em que P (%) é a porcentagem de área sombreada (PAS) ou molhada (PAM), prevalecendo a maior. PAS é a largura da faixa sombreada dividida pelo espaçamento entre linha de plantas. PAM é a largura da faixa molhada dividida pelo espaçamento entre linhas de plantas. O uso deste coeficiente ocorre em sistemas como a microaspersão e o gotejamento.

$$K_l = 0,1 \times \sqrt{P(\%)} \quad (2)$$

Para um cafeeiro irrigado por um sistema de gotejamento ou microaspersão, espaçado de 3 m x 1,5 m, e considerando a largura da copa de 2,5 m em café híbrido de ‘Robusta’ com ‘Conilon’, em seu máximo crescimento, cuja faixa sombreada do solo corresponda aos 2,5 m de largura, estima-se P = 0,83. Neste caso K_l seria igual a 0,91. Estimando em Porto Velho, a evapotranspiração da cultura com este sistema seria: ET_{cl} = 3,13 x

$0,91 \times 1,2 = 3,42 \text{ mm dia}^{-1}$, ou seja, inferior ao valor de $3,76 \text{ mm dia}^{-1}$ previsto para um sistema de aspersão.

Quanto à eficiência de aplicação, para aspersão se prevê perdas de 10% a 20%, enquanto para gotejamento de 5% a 10% (a eficiência de aplicação pode ser consultada na resolução ANA 707/204). Considerando valores médios de 15% para a aspersão e 7,5% para gotejamento, seriam necessários $4,32 \text{ mm dia}^{-1}$ e $3,68 \text{ mm dia}^{-1}$, equivalente por hectare, a $43,2 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ e $36,8 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, respectivamente a cada sistema de irrigação. Assim, considerando a possibilidade de irrigar durante 21 horas, espera-se projetar um sistema de aspersão para $2,1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ou um sistema de gotejamento para $1,8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, equivalentes a $0,58 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ e $0,5 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$. São valores como estes que devem ser comparados à vazão disponível da fonte de água como um dos itens na escolha do sistema.

A escassez de recursos hídricos, declividades do solo acima de 6% e a elevada permeabilidade de solos são restritivas ao uso de irrigação por sulcos, pois o consumo de água é elevado e a uniformidade de aplicação é relativamente baixa. Condições de irregularidade e do tamanho de áreas cafeeiras podem limitar o uso de pivôs-centrais, que se justificam apenas para grandes áreas, preferencialmente maiores que 40 ha. Visando o futuro dimensionamento, sugere-se efetuar o levantamento planialtimétrico, destacando-se as curvas de nível, o tamanho da área a irrigar e o posicionamento da fonte de água e da energia elétrica.

A irrigação localizada requer maior atenção quanto ao entupimento, pois os emissores possuem pequeno diâmetro de passagem. Na situação da qualidade da água ser um fator determinante, seja por característica física, química ou biológica restritiva (Tabela 4), o sistema de irrigação por aspersão será mais apropriado. Se a capacidade de investimento não for restritiva, pode-se pensar em sistemas de tratamento primário, secundário ou terciário para adequar a qualidade da água ao uso pretendido. O nível e tipo de agente obstrutor definem o tipo e intensidade do tratamento. Recomenda-se o uso de filtragem além da abertura de finais das linhas com emissores para limpeza da tubulação, e análise da qualidade da água, para definir o melhor sistema de filtragem e precauções de tratamento desta água antes de ser bombeada ao sistema de irrigação.

Tabela 4. Qualidade da água e grau de restrição de uso da água em sistemas de irrigação localizada.

Problemas	Unidades	Grau de restrição de uso		
		Nenhuma	Ligeira a moderada	Severa
Sólidos em suspensão	mg/L	<50	50 – 100	>100
pH	mg/L	<7,0	7,0 – 8,0	>8,0
Sólidos solúveis	mg/L	<500	500 – 2.000	>2.000
Manganês	mg/L	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Ferro	mg/L	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Ácido sulfídrico	mg/L	<0,5	0,5 – 2,0	>2,0
Populações bacterianas	nº máx./mL	<10.000	10.000 – 50.000	>50.000

Fonte: Nakayama (1982) citado por Ayers e Westcot (1999).

Quando a velocidade de infiltração básica (VIB) do solo (Tabela 5) for inferior a 5 mm/h, torna-se restritiva para irrigação por aspersão, sendo sugeridos sistemas com baixas taxas de aplicação de água, como ocorre na irrigação por gotejamento e por microaspersores. Em grande parte dos solos no Estado de Rondônia a taxa de infiltração não é restritiva, permitindo o uso de aspersão, porém o projetista, ao escolher o aspersor, deve verificar

se a sua intensidade de precipitação (i_p) é inferior à VIB, evitando o escoamento superficial e erosão no solo. A intensidade de precipitação dos aspersores é obtida nos catálogos dos fabricantes. Como exemplo (Tabela 6), na escolha de aspersores, aqueles com bocal de 3,2 mm x 1,8 mm (bocal verde) funcionando com pressão de serviço de 2,5 bar, resultam em uma vazão de $0,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e um diâmetro molhado de 23,5 m, porém para o funcionamento ocorrer com uniformidade de distribuição superior a 92%, o espaçamento a ser adotado dos aspersores deve ser 10 m x 10m, resultando em uma intensidade de precipitação de $8,2 \text{ mm h}^{-1}$ a ser comparada com a VIB (velocidade de infiltração básica). A VIB pode ser obtida por meio de testes de infiltração de água no solo, podendo ser utilizado o método do infiltrômetro de anel, descrito em Mantovani et al. (2007; 2008).

Tabela 5. Classificação do solo quanto à velocidade de infiltração básica.

Classe	Velocidade de infiltração básica (mm h^{-1})
Muito alta	> 30
Alta	15 – 30
Média	5 – 15
Baixa	< 5

Fonte: Mantovani et al. (2008).

Tabela 6. Catálogo de um aspersor, exemplificando suas respectivas intensidades de precipitação (mm h^{-1}) para diferentes bocais, pressões e espaçamentos.

Diâmetro (mm) e cor de bocal	Pressão (bar)	Vazão ($\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$)	Diâmetro molhado (m)	Espaçamento (m)				
				10x10	10x12	12x12	12x14	14x14
3,0x1,8 Vermelho	2,5	0,76	21,5	7,6	6,3	5,3	4,5	3,9
	3,0	0,84	23,0	8,4	7,0	5,8	5,0	4,3
	3,5	0,90	23,0	9,0	7,5	6,3	5,4	4,6
	4,0	0,97	23,0	9,7	8,1	6,7	5,8	4,9
3,2x1,8 Verde	2,5	0,82	23,5	8,2	6,8	5,7	4,9	4,2
	3,0	0,90	24,0	9,0	7,5	6,3	5,4	4,6
	3,5	0,98	24,0	9,8	8,2	6,8	5,8	5,0
	4,0	1,04	24,0	10,4	8,7	7,2	6,2	5,3
3,5x2,5 Azul	2,5	1,12	24,0	11,2	9,3	7,7	6,6	5,7
	3,0	1,23	24,2	12,3	10,3	8,5	7,3	6,3
	3,5	1,32	24,4	13,2	11,0	9,2	7,9	6,7
	4,0	1,43	24,4	14,3	11,9	9,9	8,5	7,3
4,0x2,5 Preto	2,5	1,30	24,4	13,0	10,8	9,0	7,7	6,6
	3,0	1,46	25,0	14,6	12,1	10,1	8,7	7,4
	3,5	1,58	25,4	15,8	13,1	10,9	9,4	8,0
	4,0	1,68	26,0	16,8	14,0	11,7	10,0	8,6
Uniformidade de distribuição ⁽¹⁾ (%)				<85	85–88	88–92	>92	

⁽¹⁾ Hachura com tonalidade mais intensa representa maior uniformidade de distribuição.

(Obs.: O objetivo desta tabela não consiste em recomendação de marca ou modelo).

Fonte: Elaborado a partir de catálogo de fabricante em Soluções Amanco, aspersor modelo Irristand 5022.

Quanto à textura, solos arenosos possuem menor capacidade de retenção de água, resultando em um manejo com irrigações mais frequentes, comparados a argilosos. Nessa condição pode-se usar a irrigação por aspersão ou a irrigação localizada. A textura é determinada em laboratório a partir de uma amostra de solo coletada conforme é para análise química. Porém, para medida da capacidade de água disponível no solo, sugere-se a obtenção da curva de retenção, a partir de amostra indeformada de solo coletada em anel metálico, no centro da camada de solo correspondente à profundidade

efetiva do sistema radicular, que normalmente fica em torno de 50 cm. Este parâmetro é determinado em laboratório.

Tendo-se o conhecimento de dois ou mais sistemas que se adequem tecnicamente, pode-se efetuar a escolha pelo menor custo, ressaltando que o custo de implantação do sistema varia com a distância da fonte de água, topografia, se é automatizado ou não, entre outros fatores, e que o valor unitário médio diminui em proporção inversa ao aumento da área a ser irrigada (Figura 11). O menor custo de operação (energia elétrica e mão de obra) e a melhor rentabilidade também devem ser considerados.

Depois da seleção do sistema de irrigação, o gestor deverá efetuar o dimensionamento, a montagem, o manejo e a avaliação do funcionamento dos sistemas, bem como o acompanhamento anual dos custos fixos e variáveis da irrigação, sendo isso encontrado em livros como os de Albuquerque e Durães (2008), Santinato et al. (2008), Mantovani et al. (2007), Drummond e Fernandes (2004) e Miranda e Pires (2001; 2003).

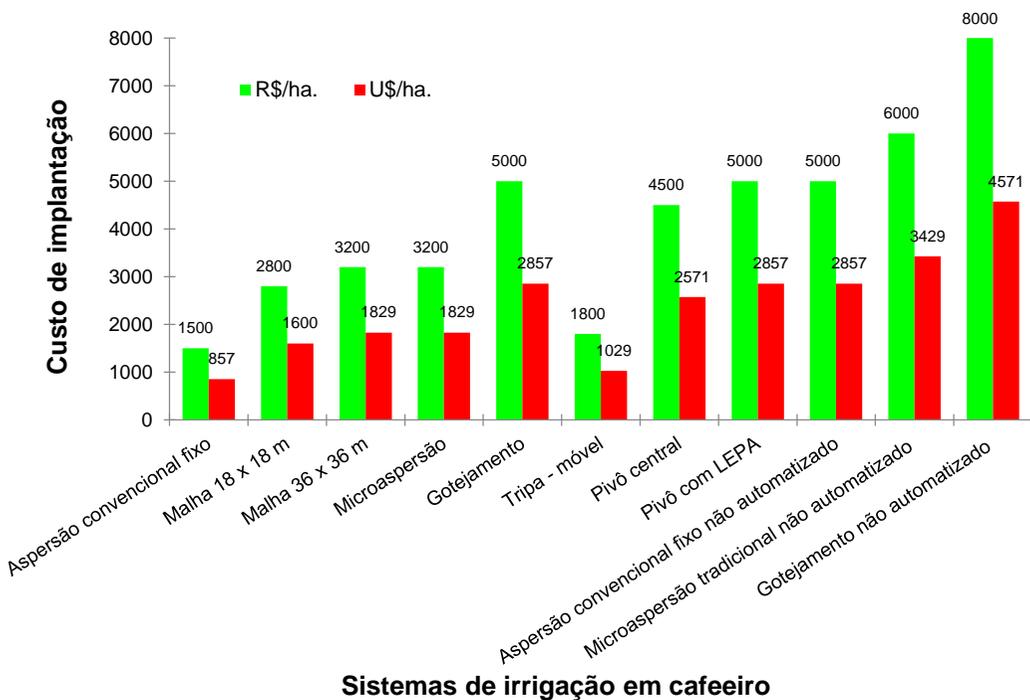


Figura 11. Custos de implantação de sistemas de irrigação em cafeeiro.
 Nota: Valores médios praticados no mercado em Rondônia (U\$ 1.00 = R\$ 1,75).
 Fonte: adaptado de Santinato et al. (2008).

O projeto do sistema de irrigação

O projeto deverá iniciar pelo conhecimento das características da área e seguir, aproximadamente, as seguintes etapas: a) cálculo da lâmina líquida (mm) referente à quantia de água para elevar a umidade do ponto de murcha à capacidade de campo até a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas de café (50 cm) e considerando o fator de depleção igual a 0,5; b) cálculo da lâmina total de irrigação; c) cálculo do turno de rega (sendo fixo e baseado na relação de lâmina líquida e evapotranspiração máxima no período mais crítico); d) escolha do aspersor pela comparação da i_p e VIB , do microaspersor ou

gotejador; e) cálculo do número de linhas laterais e setores operacionais; f) cálculo da vazão dos setores a serem irrigados baseado na lâmina total a ser repostada; g) cálculo da perda de carga, diâmetro e pressão no início das tubulações com emissores; h) cálculo da perda de carga, diâmetro e pressão no início das tubulações de distribuição; i) cálculo do diâmetro da tubulação principal, de recalque e de sucção; j) cálculo da perda de carga total e altura manométrica da bomba; k) cálculo da potência da moto bomba; l) escolha do conjunto moto-bomba; m) cálculo de custos energéticos; n) finalização do desenho do projeto hidráulico; o) descrição do material em memorial descritivo; p) descrição do custo de aquisição dos equipamentos. Nos sistemas são utilizados acessórios, os quais também são inclusos nos cálculos, como: uniões, curvas, derivações, registros, válvulas automáticas, hidrômetros (não usual, porém recomendável), ventosas, válvulas de retenção, conectores e reguladores de pressão.

Sugere-se que, principalmente, quanto à realização do projeto do sistema de irrigação, incluindo o dimensionamento agrônomico e hidráulico, o leitor consulte a literatura específica, pois possibilitará uma melhor compreensão a cada sistema de irrigação existente. Entre as referências estão Mantovani et al. (2008), Mantovani et al. (2007) e Miranda e Pires (2003).

A etapa seguinte será a montagem, a qual deverá ser executada conforme o desenho definido no projeto. Uma vez concluída a montagem, é primordial a realização de um teste inicial, verificando se o funcionamento está conforme previsto em projeto. Para isto, recomenda-se, não simplesmente, visualizar se a água está saindo no ponto mais elevado ou crítico da área, mas também medir a pressão e a vazão em alguns emissores e compará-los ao estimado. Medida como esta e testes de uniformidade são importantes e úteis para que o irrigante possa alterar ou ajustar o equipamento permitindo um melhor funcionamento e atendimento hídrico às plantas.

Em caso do irrigante já possuir um sistema instalado, convém conferir como realizar o manejo da irrigação, descrito neste capítulo. A qualidade técnica dos sistemas de irrigação pode ser verificada pelo teste de uniformidade de distribuição de água. Este poderá ser realizado anualmente, possibilitando o acompanhamento das características de funcionamento do equipamento dimensionado, destacando-se como indicadores o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para irrigação por aspersão e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) para irrigação localizada.

O manejo da irrigação

A aplicação da água de maneira racional, visando maximizar a produtividade, minimizar custos de mão de obra e capital, manter condições favoráveis de umidade do solo para o bom desenvolvimento do cafeeiro, é possível pelo manejo da irrigação.

Inicialmente, é preciso identificar quais seriam os momentos interessantes para a primeira e para a última irrigação. Para isto deve-se ter o conhecimento do período das chuvas da região; que a irrigação retarda o desenvolvimento inicial do botão floral do cafeeiro (SILVEIRA; CARVALHO, 1996, apud RONCHI; DaMATTA, 2007); e que um período seco, pode contribuir para a maturação mais concentrada dos botões florais (RONCHI; DaMATTA, 2007). Sugere-se que a irrigação do cafeeiro seja acionada a partir do início do déficit hídrico no solo mantendo seu manejo até o estabelecimento do período chuvoso, evitando a desuniformidade de maturação do café pelo reflexo direto da

ocorrência das floradas alternadas induzidas por chuvas esporádicas durante o período seco, como mencionado anteriormente, porém não iniciando logo depois do período chuvoso. Inclusive, esta sugestão pode ser estratégica do ponto de vista ambiental, considerando que no período seco, entre maio e meados de julho há maior disponibilidade hídrica nos mananciais em relação ao período seco subsequente, meados de julho a meados de agosto. O mesmo sendo observado no período seco que antecede o período chuvoso (meados de agosto a setembro) em função da ocorrência de chuvas, ainda que esporádicas, mas que são oportunas para a recarga hídrica dos mananciais e nascentes.

Considerando o exposto, a Figura 12 ilustra uma estratégia de irrigação projetada para ser aplicada nas unidades de observação da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Regularização Fundiária (Seagri) juntamente com a Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia (Emater-RO) com objetivo de avaliar o período mais oportuno para o uso da irrigação no cafeeiro em Rondônia.

Na ocorrência de alguma chuva no período de estresse hídrico controlado, é aconselhável iniciar a prática da irrigação, mantendo-a até o início do período chuvoso, o qual segue até meados de novembro, como sugerido na Figura 12. É importante considerar que a estratégia sugerida para o início e o fim da prática de irrigação, bem como do momento do estresse hídrico controlado, aqui apresentados, estão em estudo e não consistem em uma regra a ser seguida pelo produtor. Além disso, devem-se considerar as variações existentes no Estado e o manejo nutricional diferenciado que a mesma exige, pois em caso de concentração de florada, haverá também a concentração de demanda nutricional.

Durante a prática da irrigação, esta será manejada com o uso de dados obtidos a partir de equipamentos de monitoramento das condições do tempo, do solo e/ou da planta, os quais permitirão definir a quantidade de água e o momento adequado de se irrigar.

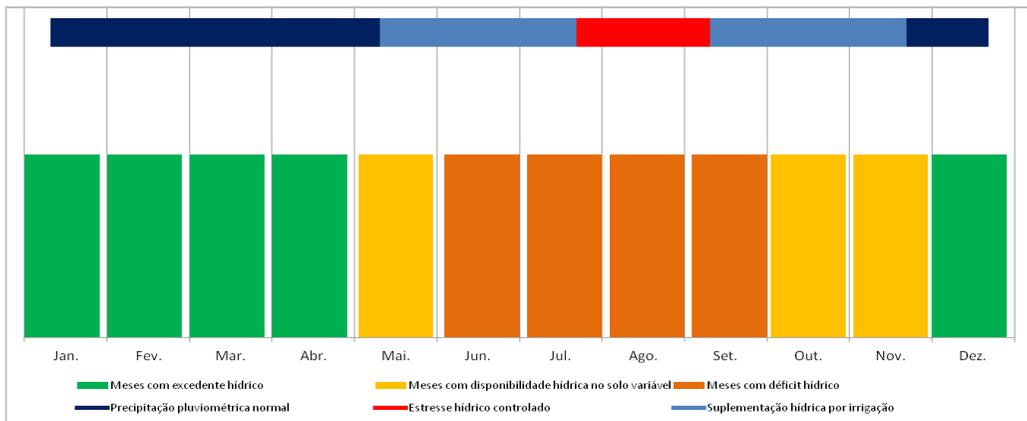


Figura 12. Estratégia sugerida para início e fim da prática de irrigação em plantas de café no Estado de Rondônia.

Fonte: Elaborado a partir de dados de unidades demonstrativas da Seagri/Emater.

O manejo da irrigação, conforme indicado, pode ser realizado por meio do monitoramento da planta, do solo ou das condições meteorológicas. Embora seja interessante a combinação dos mesmos, a realidade encontrada na maioria das propriedades produtoras de café em Rondônia não contempla o uso destes métodos de maneira completa. Em certos casos tem-se adotado um valor fixo de lâmina de irrigação; a movimentação do solo

com os pés e uma técnica de percepção de sua umidade para decidir o momento de irrigar, ou seja, por experiência ou por empirismo, correspondendo a técnicas expeditas dotadas de imprecisão, uma vez que isto poderá incorrer tanto a falta como o excesso de água.

A falta de água pode ocasionar a redução de produtividade, especialmente em variedades menos tolerantes à seca, e o excesso ocasiona o aumento em custos e gastos desnecessários de água, energia e mão de obra.

A perda de flores, folhas e em certos casos, a perda de frutos, são visíveis em circunstâncias em que a água é escassa ou seu fornecimento é interrompido em momento inadequado. A aplicação de água segundo a prática da “salvação” é emergencial e não é a maneira desejável para suprir a demanda hídrica das plantas. Recomenda-se a irrigação planejada e dotada de critérios técnicos.

Paralelamente, a técnica de avaliação visual das plantas pode ser uma ferramenta auxiliar, porém não aconselhável, pois a planta sob estresse hídrico, em curto prazo apresenta a perda da turgescência, a mudança da posição e da coloração das folhas, e em médio prazo, a redução de crescimento de hastes, a morte de raízes superficiais, o amarelecimento e a senescência de folhas, flores e frutos (Figura 13). Assim, não se deve esperar para constatar esses sintomas ou preferir a subjetividade às formas empregadas pela ciência, caso o período em que a mesma aconteça não seja aquele já estabelecido para o estresse hídrico controlado.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindola

Figura 13. Plantas de café canéfora com perda de turgescência, em estresse hídrico.

Nesse contexto, sugere-se o uso do método do balanço hídrico, para mostrar quando é preciso irrigar e principalmente o déficit hídrico acumulado, pois é de fácil compreensão e aplicabilidade, diferentemente do manejo via planta, o qual requer o conhecimento que envolve a alteração da temperatura foliar, do potencial de água na folha, do conteúdo relativo de água na planta, da resistência estomática, do grau de turgescência, do diâmetro do caule ou do fluxo de seiva, além do entendimento do funcionamento de equipamentos específicos. A escassez de informações, razões econômicas e a necessidade de mão de obra qualificada são outros limitantes ao uso do manejo via planta.

Alternativamente, o irrigante pode adotar unicamente, o manejo via solo, acompanhando a variação da umidade do solo pelo uso de diferentes instrumentos, tais como: balança e estufa (método das pesagens), bloco de matriz granular (resistência elétrica) ou tensiômetro (tensiometria).

Quanto ao tensiômetro a faixa ideal do potencial mátrico, registrada no instrumento, varia de 10 a 60 kPa (Figura 14). A quantidade de água a irrigar, para essa condição será aquela para se elevar a umidade do solo de um valor superior à umidade crítica (θ_c) até a umidade na capacidade de campo (θ_{cc}), determinada em laboratório uma única vez. Esse manejo permite trabalhar com irrigação de alta frequência. Outra forma é a determinação da umidade até se observar que o solo atingiu a umidade crítica para o cafeeiro, efetuando-se nesse momento a irrigação para se elevar a umidade à capacidade de campo. Esse manejo resulta em irrigações de menor frequência. Recomenda-se que a umidade atual (θ_a) não seja inferior a umidade crítica, pois a deficiência hídrica existente resultará em perda de produtividade.

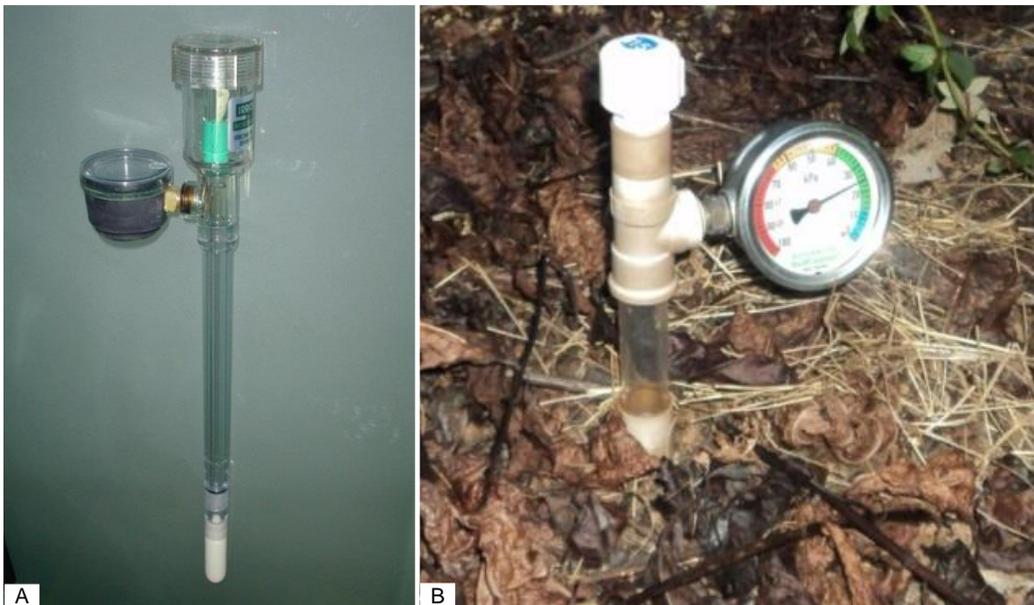


Figura 14. Tensiômetro construído (a) e instalado (b).

Embora o manejo por meio do solo seja viável, nota-se que pela presença de estações meteorológicas monitoradas pela Sedam, pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e outras no Estado de Rondônia, a relativa dificuldade no uso dos instrumentos no manejo via planta ou via solo, a gradual e crescente facilidade de aquisição de

estações meteorológicas automáticas de superfície e a facilidade de aplicação e compreensão do método, mencionadas anteriormente, indicam a preferência pelo balanço hídrico, o qual já tem sido adotado por alguns produtores e em unidades de observação da Seagri/Emater.

O método do balanço hídrico requer o conhecimento dos seguintes dados: umidade do solo na capacidade de campo, umidade no ponto de murcha permanente, profundidade efetiva do sistema radicular (Z), densidade do solo (d_s), fator de depleção de água ou de consumo de água (f), evapotranspiração de referência (ET_r), precipitação pluvial (P), coeficiente de cultivo do cafeeiro na atual fase fenológica (K_c) (Tabelas 7 e 8), e da quantidade irrigada anteriormente (I).

Tabela 7. Coeficiente de cultivo (K_c) para cafeeiro manejado em clima sub-úmido, com umidade relativa mínima de 45% e velocidade do vento próximo a 2 m s^{-1} , em diferentes fases de crescimento.

Plantas daninhas	K_c inicial	K_{cb} inicial	K_c adulto	K_{cb} adulto
Sem	0,90	0,80	0,95	0,90
Com	1,05	1,00	1,10	1,05

K_c inicial = para condições típicas de manejo de irrigação e de molhamento do solo. Para molhamentos frequentes, como irrigações diárias ou a cada dois dias. K_{cb} = para situações de superfície do solo seca.

Fonte: Allen et al. (1998).

Tabela 8. Coeficiente de cultivo (K_c) para cafeeiros do grupo 'Conilon' em diferentes densidades de plantio e idades.

Densidade de plantio (plantas ha^{-1})	Idade (anos)	Coeficiente de cultivo (-)
2.500	< 1	0,6
2.500	1 a 3	0,8
2.500	> 3	1,0
13.333	< 1	0,9
13.333	1 a 3	1,1
13.333	> 3	1,3

Fonte: Ferrão et al. (2007).

Com os dados de solo, obtêm-se a quantidade de água facilmente disponível no solo, cuja condição hídrica pretende-se manter para as plantas de café. A cada dia ocorre uma saída (evapotranspiração) e ou entrada de água no solo (precipitação e ou irrigação), resultando em uma umidade distinta no solo. O objetivo é manter água facilmente disponível (AFD) para o sistema radicular do cafeeiro.

À medida que se reduz a AFD, a irrigação pode ser utilizada. Quando o saldo do balanço hídrico indicar um valor muito baixo de água facilmente disponível, é recomendável acionar o sistema de irrigação. A diferença entre a capacidade de água facilmente disponível e a atual quantidade de água no solo é utilizada para o cálculo da lâmina de irrigação. Considerando o sistema por aspersão, verifica-se que a partir do uso da lâmina calculada e da intensidade de precipitação do aspersor utilizado, é possível obter o tempo que o sistema permanecerá em funcionamento no dado setor. Recomenda-se que o irrigante acompanhe, com o auxílio de um técnico quando preciso, seu próprio controle do balanço hídrico utilizando uma planilha eletrônica, como do tipo Excel.

A seguir são apresentados e discutidos três exemplos de manejo de irrigação em uma lavoura de café canéfora, que recebeu irrigação complementar por aspersão convencional

no Município de Cacoal, RO, em uma das unidades de observação Seagri/Emater-RO: a) manejo 1: turno de rega variável com lâmina de irrigação variável (Tabela 9); b) manejo 2: turno de rega fixo com lâmina de irrigação fixa (Tabela 10); c) manejo 3: turno de rega fixo com lâmina de irrigação variável (Tabela 11).

Tabela 9. Balanço hídrico diário utilizado na cultura de café *C. canephora* com turno de rega variável.

Dia	(1)ET _r	(2)ET _c	(3)P	(4)f	(5)CAFD	(6)CAPD	(7)LLa	(8)ADi	(9)ADf	(10)AFDi	(11)AFDf	(12)LBr	(13)T _{irrig.}	(14)I
14	4,9	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		0,0	0,0	0,0	0,0	58,8	7,6	7,6
15	4,4	3,9	0,0	0,59	29,7	20,3	50,2	50,0	46,1	29,7	25,7			
16	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		46,1	41,9	24,8	20,7			
17	4,5	4,1	0,0	0,58	29,2	20,8		41,9	37,9	21,1	17,0			
18	4,2	3,8	0,0	0,60	30,2	19,8		37,9	34,1	18,1	14,3			
19	4,1	3,7	0,0	0,61	30,6	19,4		34,1	30,4	14,7	11,0			
20	4,3	3,9	0,0	0,60	29,8	20,2		30,4	26,5	10,2	6,3			
21	5,3	4,8	0,0	0,54	26,9	23,1		26,5	21,7	3,4	0,0	33,2	4,3	4,3
22	4,8	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9	28,2	50,0	45,6	28,1	23,7			
23	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		45,6	40,9	22,7	18,0			
24	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		40,9	36,7	19,4	15,1			
25	4,7	4,2	0,0	0,57	28,6	21,4		36,7	32,5	15,3	11,1			
26	5,1	4,5	0,0	0,55	27,5	22,5		32,5	27,9	10,0	5,4			
27	5,1	4,6	0,0	0,55	27,3	22,7		27,9	23,3	5,2	0,6			
28	4,9	4,4	0,0	0,56	28,0	22,0		23,3	18,9	1,3	0,0	36,5	4,7	4,7
29	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3	31,2	50,0	45,8	28,7	24,5			
30	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		45,8	41,6	24,3	20,0			
31	5,2	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		41,6	36,8	18,5	13,8			
1	4,6	4,1	0,0	0,58	28,9	21,1		36,8	32,7	15,8	11,7			
2	4,7	4,3	0,0	0,57	28,4	21,6		32,7	28,5	11,1	6,9			
3	4,4	3,9	0,0	0,59	29,6	20,4		28,5	24,5	8,1	4,2			
4	4,3	3,8	0,0	0,60	30,0	20,0		24,5	20,7	4,5	0,7			
5	4,8	4,3	0,0	0,57	28,3	21,7		20,7	16,4	0,0	0,0	39,5	5,1	5,1
6	4,6	4,2	0,0	0,58	28,8	21,2	33,8	50,0	45,8	28,8	24,6			
7	4,8	4,3	0,0	0,56	28,2	21,8		45,8	41,5	24,1	19,7			
8	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		41,5	36,8	18,6	13,9			
9	5,0	4,5	0,0	0,55	27,7	22,3		36,8	32,4	14,5	10,1			

Cultura: Café canéfora, Kc = 0,9; aspersão convencional; IA = 7,7 mm/h; Efi = 85%.

Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos junto à Unidade de Observação implantada e assistida pela Seagri/Emater-RO em Cacoal-RO.

Tabela 10. Balanço hídrico diário utilizado na cultura de café *C. canephora*, com turno de rega e lâmina de irrigação fixos.

Dia	(1)ET _r	(2)ET _c	(3)P	(4)f	(5)CAFD	(6)CAPD	(7)LLa	(8)ADi	(9)ADf	(10)AFDi	(11)AFDf	(12)LBr	(13)T _{irrig.}	(14)I
14	4,9	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		0,0	0,0	0,0	0,0	58,8	7,6	7,6
15	4,4	3,9	0,0	0,59	29,7	20,3	50,0	50,0	46,1	29,7	25,7			
16	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		46,1	41,9	24,8	20,7			
17	4,5	4,1	0,0	0,58	29,2	20,8		41,9	37,9	21,1	17,0			
18	4,2	3,8	0,0	0,60	30,2	19,8		37,9	34,1	18,1	14,3			
19	4,1	3,7	0,0	0,61	30,6	19,4		34,1	30,4	14,7	11,0			
20	4,3	3,9	0,0	0,60	29,8	20,2		30,4	26,5	10,2	6,3			
21	5,3	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		26,5	21,8	3,4	0,0			
22	4,8	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		21,8	17,4	0,0	0,0			
23	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		17,4	12,7	0,0	0,0			
24	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		12,7	8,5	0,0	0,0	48,9	6,5	6,5
25	4,7	4,2	0,0	0,57	28,6	21,4	43,0	50,0	45,8	28,6	24,4			
26	5,1	4,5	0,0	0,55	27,5	22,5		45,8	41,3	23,3	18,7			
27	5,1	4,6	0,0	0,55	27,3	22,7		41,3	36,6	18,5	13,9			
28	4,9	4,4	0,0	0,56	28,0	22,0		36,6	32,2	14,6	10,2			

Continua...

Tabela 10. Continuação.

Dia	(1)ET _r	(2)ET _c	(3)P	(4)f	(5)CAFD	(6)CAPD	(7)LLa	(8)ADi	(9)ADf	(10)AFDi	(11)AFDf	(12)LBr	(13)T _{irrig.}	(14)I
29	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		32,2	28,1	10,9	6,8			
30	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		28,1	23,8	6,5	2,3			
31	5,2	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		23,8	19,1	0,7	0,0			
1	4,6	4,1	0,0	0,58	28,9	21,1		19,1	15,0	0,0	0,0			
2	4,7	4,3	0,0	0,57	28,4	21,6		15,0	10,7	0,0	0,0			
3	4,4	3,9	0,0	0,59	29,6	20,4		10,7	6,8	0,0	0,0	50,6	6,6	6,5
4	4,3	3,8	0,0	0,60	30,0	20,0	43,0	49,8	45,9	29,8	26,0			
5	4,8	4,3	0,0	0,57	28,3	21,7		46,0	41,6	24,2	19,9			
6	4,6	4,2	0,0	0,58	28,8	21,2		41,6	37,5	20,4	16,3			
7	4,8	4,3	0,0	0,56	28,2	21,8		37,5	33,1	15,7	11,4			
8	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		33,1	28,5	10,2	5,5			
9	5,0	4,5	0,0	0,55	27,7	22,3		28,5	24,0	6,2	1,7			

Cultura: Café canéfora, Kc = 0,9; aspersão convencional; IA – 7,7 mm/h; Efi = 85%.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados obtidos junto à Unidade de Observação implantada e assistida pela Seagri/Emater-RO em Cacoal, RO.

Tabela 11. Balanço hídrico diário na cultura de café *C. canephora*, com turno de rega fixo e lâmina de irrigação variável.

Dia	(1)ET _r	(2)ET _c	(3)P	(4)f	(5)CAFD	(6)CAPD	(7)LLa	(8)ADi	(9)ADf	(10)AFDi	(11)AFDf	(12)LBr	(13)T _{irrig.}	(14)I
14	4,9	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		0,0	0,0	0,0	0,0	58,8	7,6	7,6
15	4,4	3,9	0,0	0,59	29,7	20,3	50,2	50,0	46,1	29,7	25,7			
16	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		46,1	41,9	24,8	20,7			
17	4,5	4,1	0,0	0,58	29,2	20,8		41,9	37,9	21,1	17,0			
18	4,2	3,8	0,0	0,60	30,2	19,8		37,9	34,1	18,1	14,3			
19	4,1	3,7	0,0	0,61	30,6	19,4		34,1	30,4	14,7	11,0			
20	4,3	3,9	0,0	0,60	29,8	20,2		30,4	26,5	10,2	6,3			
21	5,3	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		26,5	21,8	3,4	0,0			
22	4,8	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		21,8	17,4	0,0	0,0			
23	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		17,4	12,7	0,0	0,0			
24	4,7	4,2	0,0	0,57	28,5	21,5		12,7	8,5	0,0	0,0	48,8	6,3	6,3
25	4,7	4,2	0,0	0,57	28,6	21,4	41,5	50,0	45,8	28,6	24,4			
26	5,1	4,5	0,0	0,55	27,5	22,5		45,8	41,3	23,3	18,7			
27	5,1	4,6	0,0	0,55	27,3	22,7		41,3	36,6	18,5	13,9			
28	4,9	4,4	0,0	0,56	28,0	22,0		36,6	32,2	14,6	10,2			
29	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		32,2	28,1	10,9	6,8			
30	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		28,1	23,8	6,5	2,3			
31	5,2	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		23,8	19,1	0,7	0,0			
1	4,6	4,1	0,0	0,58	28,9	21,1		19,1	15,0	0,0	0,0			
2	4,7	4,3	0,0	0,57	28,4	21,6		15,0	10,7	0,0	0,0			
3	4,4	3,9	0,0	0,59	29,6	20,4		10,7	6,8	0,0	0,0	50,9	6,6	6,6
4	4,3	3,8	0,0	0,60	30,0	20,0	43,4	50,0	46,2	30,0	26,2			
5	4,8	4,3	0,0	0,57	28,3	21,7		46,2	41,9	24,4	20,1			
6	4,6	4,2	0,0	0,58	28,8	21,2		41,9	37,7	20,7	16,5			
7	4,8	4,3	0,0	0,56	28,2	21,8		37,7	33,4	15,9	11,6			
8	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		33,4	28,7	10,4	5,7			
9	5,0	4,5	0,0	0,55	27,7	22,3		28,7	24,2	6,4	1,9			

Cultura: Café canéfora, Kc = 0,9; aspersão convencional; IA – 7,7 mm/h; Efi = 85%.

Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos junto à Unidade de Observação implantada e assistida pela Seagri/Emater-RO em Cacoal, RO.

Esses exemplos foram desenvolvidos a partir do balanço hídrico climático diário (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) realizado com dados reais do período de 14 de agosto a 09 de setembro de 2012, exceto para os dados de frequência e lâminas de irrigação, que não condizem necessariamente com os eventos reais praticados e, portanto, foram simulados para efeitos estritamente didáticos.

Uma vez que o irrigante tenha conhecido como obter as variáveis, é interessante verificar como elaborar a cada dia, o preenchimento de sua tabela, seja ela como no exemplo da Tabela 9, 10 ou 11. Assim, propôs-se um roteiro passo a passo a cada caso, do procedimento diário na confecção do balanço hídrico para: a) turno de rega variável com lâmina de irrigação variável; b) turno de rega fixo com lâmina de irrigação fixa; e c) turno de rega fixo com lâmina de irrigação variável. Pequenas diferenças nos valores são consideradas ajustes de arredondamento. Em todos os casos, realizaram-se uma primeira irrigação adicionando ao solo uma lâmina de 50 mm para preenchimento de água do solo, assegurando o manejo a partir do solo em sua capacidade máxima, sem ainda se ter dados de manejo para o conhecimento da lâmina mais apropriada. O início do registro acontece ao conhecer quanto as plantas consumiram de água (evapotranspiração) e quanto choveu (precipitação) no dia 14. Os registros se mantêm até se verificar o início do período chuvoso, que se prolonga além dos dias mostrados no exemplo. Durante o procedimento detalhado a seguir, para cada manejo (a, b ou c) são exemplificados os cálculos apenas em algumas linhas das respectivas tabelas, cabendo ao irrigante o acompanhamento de todos os dias no intervalo sugerido na Figura 12, ou conforme análise do clima local.

a) Turno de rega variável com lâmina de irrigação variável: neste caso observa-se pela Tabela 9, coluna (14), que há sete dias entre a primeira irrigação e a segunda, sete dias entre a segunda e a terceira, e oito dias entre a terceira e a quarta irrigação, ou seja o turno de rega é variável. Ainda, quanto a lâmina aplicada, coluna (7), a primeira a ser considerada após o preenchimento da CAD do solo é a de 28,3 mm no dia 22, a de 31,2 mm no dia 29, e a de 33,8 mm no dia 6 do mês seguinte, ou seja, a lâmina é variável. Alguns itens não apresentam alteração de um dia para outro, nem entre manejos (a, b e c). São estes: o $K_c = 0,9$; o sistema que é o de aspersão convencional; a $IA = 7,7$ mm/h; a $CAD = 50$ mm; e a $E_{fi} = 85\%$. Para os demais itens apresentados em cada coluna da Tabela 9, segue como descrito:

- Calcular o valor da coluna (1). Tomando como exemplo o dia 21. O valor encontrado para ET_r foi 5,3 mm, calculado por um dos métodos apresentados.
- Calcular o valor da coluna (2). No dia 21, $ET_c = 5,3 * 0,9 = 4,8$ mm.
- Obter o valor da coluna (3). A leitura dos dados obtidos do local indicou que não choveu no período analisado. No exemplo, $P=0$ (esta variável é utilizada no oitavo passo deste manejo).
- Calcular o valor da coluna (4). No dia 21, $f = 0,0059*(5,3)^2 - 0,1184*(5,3) + 0,997 = 0,6$.
- Calcular o valor da coluna (5). No dia 21, $CAFD = 50*0,54 = 26,9$ mm.
- Calcular o valor da coluna (6). No dia 21, $CAPD = 50 - 26,9 = 23,1$ mm.
- Calcular o valor da coluna (7), quando $AFD_f = 0$ coluna (9). Observe que não havia água facilmente disponível no dia 21, portanto teria de irrigar no início à noite do dia 21. Isso foi realizado aplicando uma lâmina calculada de $LL_a = 50 - 21,8 = 28,2$ mm, que se registra no dia seguinte, dia 22. No dia 21, não se observam dados na coluna (7), pois não se irrigou na noite do dia 20.
- Calcular o valor da coluna (8). No dia 21, $AD_i = 26,5 + 0 + 0 = 26,5$ mm; ou no dia 22, $AD_i = 21,8 + 0 + 28,2 = 50$ mm, sendo esta a quantidade de água disponível no solo no início do dia 21, ou seja, sendo igual ao valor da capacidade máxima de retenção de água.

- Calcular o valor da coluna (9). No dia 21, $ADf = 26,5 - 4,8 = 21,7$ mm, ou dia 22, $ADf = 50 - 4,4 = 45,6$ mm.
 - Calcular o valor da coluna (10). No dia 21, $AFDi = 26,5 - 23,1 = 3,4$ mm, ou no dia 22, $AFDi = 50 - 21,9 = 28,1$ mm. Valores de $AFDi$ próximos a “zero”, como no dia 21, indicam que há pouca água facilmente disponível no solo já no início do dia. Valores de $AFDi$ iguais a “zero”, indicam que não há água facilmente disponível no solo, a cultura está consumindo água da fração pouco disponível e, com efeito, sofrendo déficit hídrico.
 - Calcular o valor da coluna (11). No dia 21, $AFDf = 3,4 - 4,7 = -1,3$ mm. De fato, todo valor negativo irá indicar que $AFDf = 0$ mm. Valores de $AFDf$ iguais a “zero”, indicam que toda a água facilmente disponível foi consumida e no dia seguinte, se não houver irrigação, a cultura irá consumir água da fração pouco disponível no solo, sofrendo estresse hídrico. O valor de $AFDf$ neste manejo, com turno de rega variável, foi usada como indicador do momento de irrigar, de forma que, quando o valor de $AFDf$ atingia “zero” (dia 21) novo evento de irrigação era procedido à noite, como observado nas colunas (12 a 14) e a umidade do solo voltava à capacidade de campo (dia 22, coluna 8).
 - Calcular o valor da coluna (12). Ao verificar $AFDf = 0$, procede ao cálculo obtendo para a irrigação do dia 21, $LBr = 28,3 / 0,85 = 33,3$ m. Esta é a quantidade de água que necessita ser aplicada pelo sistema de irrigação para suprir a LLa.
 - Calcular o valor da coluna (13). O tempo para irrigar no dia 21 foi $T_{irrig} = 28,3/7,7 = 4,3$ h. Este tempo é o necessário para que o sistema aplique a lâmina bruta requerida.
 - Irrigar e anotar o tempo realmente irrigado na coluna (14). Nessa coluna é anotado o tempo de irrigação realmente aplicado, em horas, nos respectivos dias em que se deram os eventos de irrigação. Assim obtêm-se duas informações: o tempo de irrigação e o turno de rega que no Manejo 1 são variáveis de acordo com a coluna (11), já discutida.
 - repete-se o procedimento, para o novo dia.
- b) Turno de rega fixo com lâmina de irrigação fixa: neste caso observa-se pela Tabela 10, coluna (140, que há 10 dias entre a primeira e a segunda, e 10 dias entre a segunda e a terceira irrigação, ou seja, o turno de rega é fixo. Ainda, quanto às lâminas registradas, a primeira a ser considerada, após o preenchimento da CAD do solo, é de 43 mm no dia 25, e a seguinte é de 43 mm no dia 4 do mês seguinte, ou seja, a lâmina é fixa. O procedimento para este manejo segue o descrito:
- Calcular o valor da coluna (1). A ETr foi obtida a partir de dados da estação meteorológica de Cacoal, RO.
 - Calcular o valor da coluna (2). Como exemplo, pode-se verificar que no dia 3, $ETc = 4,4 * 0,9 = 3,9$ mm.
 - Obter a coluna (3). A chuva é obtida da leitura na estação meteorológica mais próxima ou de dados locais, de pluviômetro instalado próximo ao cafezal a ser irrigado. No caso exemplificado, não há dados de chuva no período. $P = 0$, em qualquer dos dias apresentados.
 - Calcular o valor da coluna (4). Por exemplo, no dia 3, $f = 0,0059*(4,4)^2 - 0,1184*(4,4) + 0,997 = 0,59$.
 - Calcular o valor da coluna (5). $CAFD = 50 * 0,59 = 29,6$ mm, para o dia 3.

- Calcular o valor da coluna (6). $CAPD = 50 - 29,6 = 20,4$ mm, para o dia 3.
 - Calcular o valor da coluna (7). Entre os dias 25 e 3, têm-se $LLa = 43,0$ mm. Neste manejo a lâmina foi obtida pelo produto da ET_c média estimada para o período e o número de dias do intervalo de irrigação ou turno de rega, exceto para a primeira irrigação.
 - Calcular o valor da coluna (8). Considerando o dia 3, $ADi = 10,7 + 0 + 0 = 10,7$ mm. Considerando a irrigação noturna do dia 3, então no dia 4, $ADi = 6,8 + 0 + 43,0 = 49,8$ mm, ou seja, próximo a 50 mm. Este valor indica que o solo está com sua capacidade máxima preenchida no início do dia 4, pois $CAD = 50$ mm.
 - Calcular o valor da coluna (9). Este valor será referência para o cálculo de ADi do próximo dia. Por exemplo, no dia 4, $ADf = 49,8 - 3,8 = 46$ mm. Quando ADf está próximo a “zero”, como no dia 3, indica que há pouca água disponível no solo e a umidade do solo está próxima ao ponto de murcha permanente, o solo está seco.
 - Calcular o valor da coluna (10). No dia 3, $AFDi = 10,7 - 20,4 = -9,7$ mm, portanto não há porção de água facilmente disponível, ou seja, corresponde a $AFDi = 0$, indicando que a cultura está consumindo água da fração pouco disponível e sofrendo déficit hídrico. Depois da irrigação noturna do dia 3, o valor obtido dia 4 será, $AFDi = 49,8 - 20,0 = 29,8$ mm, assim o solo está úmido.
 - Calcular o valor da coluna (11). Considerando o dia 4, $AFDf = 29,8 - 3,8 = 26,0$ mm. Valores de $AFDf$ iguais a “zero”, como nos dias 31, 01, 02 e 03, indicam que toda a água facilmente disponível foi consumida e no dia seguinte, se não houver irrigação, a cultura irá consumir água da fração pouco disponível no solo, sofrendo estresse hídrico.
 - Calcular o valor da coluna (12). Considerando o dia 4, $LBr = 43,0 / 0,85 = 50,6$ mm.
 - Calcular o valor da coluna (13). O tempo de irrigação requerido para o dia 3 foi $T_{irrig} = 50,6 / 7,7 = 6,6$ h.
 - Obter o valor da coluna (14), que corresponde ao tempo de irrigação utilizado pelo irrigante. Para o dia 3 foi $I = 6,5$ h. Se anota este valor a cada evento de irrigação. Note que entre a irrigação do dia 14 para 24, e do dia 24 para o dia 3, há 10 dias, que corresponde ao turno de rega (TR).
 - Repete-se o procedimento para o próximo dia.
- c) Turno de rega fixo com lâmina de irrigação variável: neste caso observa-se pela Tabela 11, coluna (14), que há 10 dias entre a primeira e a segunda, e 10 dias entre a segunda e a terceira irrigação, ou seja, o turno de rega é fixo. Ainda, quanto às lâminas registradas, a primeira a ser considerada, após o preenchimento da CAD do solo, é de 41,7 mm no dia 25, a segunda de 43,4 mm no dia 4 do mês seguinte, ou seja, a lâmina é variável. O procedimento para este manejo segue o descrito:
- Calcular o valor da coluna (1). A ET_r foi obtida a partir de dados da estação meteorológica de Cacoal, RO.
 - Calcular o valor da coluna (2). Considerando o dia 24, o $ET_c = 4,7 * 0,9 = 4,2$ mm.
 - Obter o valor da coluna (3). Não ocorreu chuva no dia 24, assim como em todo o período mostrado.
 - Calcular o valor da coluna (4). No dia 24, $f = 0,0059*(4,2)^2 - 0,1184*(4,2) + 0,997 = 0,60$, no caso exemplificado, o valor encontrado é 0,57, por questões de arredondamento.
 - Calcular o valor da coluna (5). No dia 24, $CAFD = 50 * 0,57 = 28,5$ mm.

- Calcular o valor da coluna (6). No dia 24, $CAPD = 50 - 28,5 = 21,5$ mm.
- Calcular o valor da coluna (7). No dia 24, $LLa = 50 - 8,3 = 41,7$ mm. Como as irrigações foram feitas no período noturno a LLa foi creditada no dia seguinte (ver dia 25).
- Calcular o valor da coluna (8). No dia 24, $ADi = 12,7 + 0 + 0 = 12,7$ mm. Para o dia seguinte, já se nota $ADi = 8,5 + 0 + 41,5 = 50$ mm. No Manejo 3 a ADi sempre atingiu o valor máximo da CAD após os eventos de irrigação, o que significa que o solo sempre ficou na sua capacidade máxima de retenção de água após os eventos de irrigação.
- Calcular o valor da coluna (9). No dia 24, $ADf = 12,7 - 4,2 = 8,5$ mm. Valores de ADf próximos a “zero”, como no dia 24, indicam que há pouca água disponível no solo e a umidade se aproxima do ponto de murcha permanente.
- Calcular o valor da coluna (10). No dia 24, $AFDi = 12,7 - 21,5 = - 8,8$ mm. Valores de AFDi próximos a “zero”, como no dia 21, indicam que há pouca água facilmente disponível no solo já no início do dia. Valores de AFDi iguais a “zero”, como nos dias 22, 23 e 24, indicam que não há água facilmente disponível no solo, a cultura está consumindo da fração pouco disponível e está em déficit hídrico.
- Calcular o valor da coluna (11). No dia 20, $AFDf = 10,2 - 3,9 = 6,3$ mm, indicando que existia pouca água facilmente disponível ao final deste dia. No entanto a ETc do dia 21, ocasionou $AFDf = 3,4 - 4,7 = - 1,3$ mm, sendo na realidade registrado como $AFDf = 0$ mm. Este valor indica que ao final do dia, as plantas estavam retirando água da porção de difícil extração. Valores de AFDf iguais a “zero”, como nos dias 21, 22, 23 e 24, indicam que toda a água facilmente disponível foi consumida e no dia seguinte, se não houver irrigação, a cultura irá consumir água da fração pouco disponível no solo, sofrendo estresse hídrico.
- Calcular o valor da coluna (12). A quantidade de água calculada para o dia 24 a ser irrigado à noite foi $LBr = 41,5 / 0,85 = 48,8$ mm.
- Calcular o valor da coluna (13). A lâmina bruta de 48,8mm foi calculada para aplicar no tempo $T_{irrig} = 48,8/7,7 = 6,3$ h.
- Anotar o valor da coluna (14). O tempo usado pelo irrigante no dia 24 foi a mesma que a calculada. $I = 6,3$ h. Outra informação nesta coluna, é o intervalo entre irrigações, que neste caso é fixo e igual a 10 dias.
- Repete-se o procedimento para o próximo dia.

No primeiro manejo, pelo fato de a frequência e a lâmina de irrigação serem determinadas pelo status de água facilmente disponível no solo, isto é, quando o nível de AFD chegava a “zero” um novo evento de irrigação era realizado e a umidade do solo elevada à capacidade de campo, além da maior autonomia com relação à quantidade de água disponível a cultura gastou menos esforços para absorvê-la. Neste tipo de manejo não houve evidência de que a cultura tenha sofrido estresse hídrico nos últimos dias do intervalo de irrigação (turno de rega), pois, a disponibilidade ‘zero’ foi exatamente o indicador da necessidade pontual de irrigação.

No segundo manejo, em função da lâmina de irrigação ter sido fixa, a umidade do solo foi elevada à capacidade de campo apenas no primeiro e no segundo evento de irrigação e devido ao longo período compreendido entre um evento e outro de irrigação a água facilmente disponível atingiu nível “zero”, bem antes dos dias pré-estabelecidos para os eventos de irrigação, indicando que nesses dias a cultura sofreu estresse hídrico, pois,

não havia água facilmente disponível no solo. Além disso, nesse tipo de manejo podem ocorrer duas situações indesejáveis:

- a) A lâmina de irrigação pode ser maior que a necessária à depleção do solo, causando lixiviação de nutrientes e desperdício de água e de energia.
- b) A lâmina de irrigação pode ser menor que a necessária à depleção do solo, predispondo a cultura a estresses hídricos.

No terceiro manejo, como no primeiro manejo, a água disponível inicial sempre atingiu a capacidade de campo após o evento de irrigação, porém, verifica-se que a água facilmente disponível atingiu nível “zero”, bem antes dos dias pré-estabelecidos para os eventos de irrigação, indicando que nesses dias, a exemplo do segundo manejo, a cultura sofreu estresse hídrico, pois, não havia água facilmente disponível no solo.

Considerações finais

Diante das vantagens proporcionadas pela tecnologia de irrigação, há uma perspectiva de aumento em produtividade e qualidade de grãos. Informações, tais como algumas apresentadas neste capítulo, e outras ainda a serem formuladas a partir de pesquisas permitirão um fundamento científico importante para a melhora do planejamento e manejo da irrigação nas lavouras de café do Estado de Rondônia. A mudança no setor cafeeiro em busca de maiores produtividades dependerá da aplicação técnica-científica dos diversos conhecimentos pelo cafeicultor, inclusive quanto à irrigação. A decisão racional em irrigar; a escolha reflexiva do sistema de irrigação; o dimensionamento considerando as condições específicas da propriedade; a aquisição, a montagem e funcionamento dos equipamentos de irrigação tal como descrito em um projeto de irrigação otimizado; o manejo de irrigação fundamentado em métodos não subjetivos; e o emprego da manutenção e de avaliações periódicas da uniformidade de aplicação de água são fatores diferenciais diante dos recursos naturais, humanos e financeiros investidos.

Referências

- ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 528 p.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration**: guidelines for computing crop requirements. Roma: FAO, 1998. 301 p. (FAO Irrigation and Drainage. Paper 56).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29). Tradução de H.R. Gheyi et al.
- BOLETIM CLIMATOLOGICO DO ESTADO DE RONDÔNIA. Porto Velho: Sedam, 1999-2010.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Safra 2015, Primeiro Levantamento, Brasília, Janeiro de 2015. v.1, n. 3. Brasília: Conab, 2015. 41p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2015.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1997. 204 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 24). Tradução de H.R. Gheyi et al.
- DRUMMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T. **Utilização da aspersão em malha na cafeicultura familiar**. Uberaba, MG: UNIUBE, 2004. 88 p.

- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Irrigação do cafeeiro conilon**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 347-373. 702 p.
- FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Planejamento de irrigação**: análise de decisão de investimento. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 626 p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2007. 358 p.
- MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa, MG: UFV. 2008. 626 p.
- MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A. Manejo de irrigação. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DAS CULTURAS E DOS RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: SRH/UFV, 1998. p. 49-76.
- MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. de F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. rev. atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 67 p. (Embrapa Rondônia. Sistema de produção, 33).
- MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. v. 1, 410 p.
- MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. v. 2, 703 p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba: USP, 2007.
- RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 347-373.
- ROSA NETO, C.; OLIVEIRA, S. J. M.; ARAÚJO, L. V.; ARAÚJO, T. G. **Aspectos econômicos, de produção e comercialização da cadeia agroindustrial do café em Rondônia**. Porto Velho, RO: Sebrae: Embrapa Rondônia: Emater. 2012. 70 p.
- SANTINATO, R., FERNANDES, A. L. T., FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2.ed. Campinas: Uniube, 2008. 476 p.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n. 1).
- TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 184 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36). Tradução de H.R. Gheyi et al.