

IRRIGAÇÃO DE SALVAÇÃO EM CULTURAS DE SUBSISTÊNCIA

Aderaldo de Souza Silva
Magna Soelma Beserra de Moura
Luiza Teixeira de Lima Brito

8

Introdução

Os sistemas de exploração que as pequenas propriedades do Semi-Árido brasileiro apresentam, sobrevivem em equilíbrio precário com os recursos agroecológicos e socioeconômicos regionais. Estas unidades de produção têm permitido a manutenção da agropecuária no sertão nordestino. O fenômeno que caracteriza esse desequilíbrio está associado a vários fatores como irregularidade climática, solos rasos e de baixa fertilidade, baixa capacidade de retenção de água, entre outros de ordem estrutural, tornando a agricultura uma atividade de riscos. A conjugação desses fatores resulta em conseqüências que entravam o desenvolvimento da região.

Fundamentado nas limitações e potencialidades da região, a Embrapa Semi-Árido, desde 1978, vem desenvolvendo ações de pesquisa, que conferem às propriedades rurais uma infra-estrutura hídrica capaz de permitir a convivência do homem com as adversidades climáticas. Entre estas tecnologias, o uso da irrigação de salvação tem reduzido os riscos da exploração agrícola em anos cuja precipitação pluviométrica é irregular, proporcionando até duas colheitas em anos considerados normais de chuvas. Segundo Porto et al. (1983), no Semi-Árido brasileiro, três em cada dez anos são considerados normais com relação à quantidade e à distribuição das chuvas.

Define-se a irrigação de salvação como a lâmina de água aplicada à cultura nos veranicos que comumente ocorrem durante o período chuvoso na região Nordeste, de forma a não permitir que a cultura sofra estresse hídrico e, em alguns casos, morra. No Semi-Árido brasileiro, após as primeiras chuvas, é comum ocorrerem períodos de 20 a 30 dias sem novas chuvas, comprometendo seriamente a germinação e outras fases de desenvolvimento das culturas. Tradicionalmente, o barreiro tem sido usado para armazenar água de chuva proveniente do escoamento superficial, em diversas partes do mundo (Icrisat, 1974; Kampen et al., 1980). Em geral, os barreiros são pouco profundos e cobrem uma grande área de terra, apresentando elevadas perdas por evaporação.

No Nordeste brasileiro, existe uma grande quantidade desses pequenos reservatórios que não se prestam para irrigação de salvação, porque, como não foram construídos em áreas que permitam a irrigação

por gravidade, normalmente, necessitam de uma bomba, inviabilizando a irrigação para os pequenos produtores. O modelo proposto pela Embrapa Semi-Árido possibilita a captação e o armazenamento das águas que escoam no solo, para uso durante os períodos de estiagem, por meio da irrigação de salvação (Silva et al., 1981).

Descrição da Tecnologia

O sistema de aproveitamento de água proveniente do escoamento superficial, denominado por barreiro, constitui-se de uma pequena barragem de terra, formada por uma área de captação (A_C), um tanque de armazenamento (T_A) e uma área de plantio (A_P) (Fig. 8.1).



Fig. 8.1. Barreiro para uso em irrigação de salvação de culturas anuais (Foto: Arquivo Embrapa Semi-Árido).

Área de captação (A_C) - é uma microbacia hidrográfica, que tem a finalidade de coletar a água de chuva proveniente do escoamento superficial, delimitada por divisores de água que podem ser naturais ou artificiais, de forma que toda a água precipitada nesta área seja direcionada para o tanque de armazenamento.

A área de captação deve ter uma declividade mínima de 2% e ser dimensionada considerando as características climáticas da região, a área total e a cultura a ser irrigada. Nesta área, que não deve ser totalmente desmatada, devem ser construídos drenos em curva de nível, para evitar erosão, espaçados de 15 a 20 metros para favorecer a indução do escoamento superficial. Todos os sulcos da área de captação devem ser direcionados para um dos reservatórios. Como os sulcos são

direcionados ao tanque de armazenamento (Fig. 8.2), é recomendado colocar pedras na extremidade dos drenos próximos ao tanque para diminuir a velocidade da água e reduzir o assoreamento.

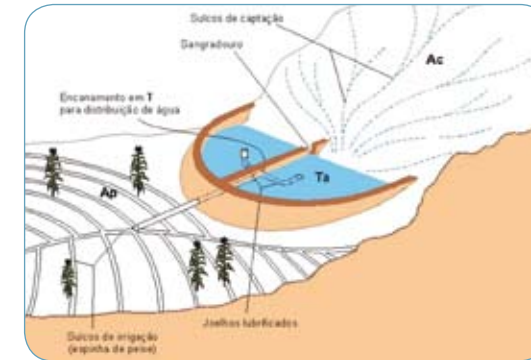


Fig. 8.2. Detalhamento dos componentes do barreiro. (Desenho: José Clétis Bezerra).

Tanque de armazenamento (T_A) - é o reservatório de terra, que pode ser construído na forma semi-circular, destinado a armazenar a água escoada da A_C para ser utilizada na irrigação de salvação das culturas (Fig. 8.2).

No modelo atual, o tanque contém uma parede no meio, dividindo-o em dois compartimentos, de modo que as águas sejam direcionadas para um dos compartimentos, visando reduzir o espelho de água e, conseqüentemente, as perdas por evaporação e infiltração. Assim, no início das chuvas a água é conduzida pelos sulcos para um dos compartimentos e somente quando este fica cheio, a água começa a ser desviada, por meio de vasos comunicantes, para o segundo compartimento, isso reduz a exposição do espelho d'água aos processos evaporativo e infiltração. Do mesmo modo, diante da necessidade de uso da água, primeiro utiliza-se a água armazenada em um dos compartimentos e depois o outro. Este modelo reduziu perdas de água em até 50%, em estudos realizados em experimentos conduzidos na Embrapa Semi-Árido (Silva et al. 1981). Também, permite antecipar a utilização da água armazenada, já que forma uma maior carga hidráulica com a mesma quantidade de chuva, além de possibilitar que um dos compartimentos seja utilizado para irrigação e o outro para consumo animal e, neste caso, este compartimento teria que ser cercado.

Área de plantio (A_P) - é a área destinada à exploração dos cultivos anuais, principalmente alimentares, com irrigação de salvação. Esta área deve apresentar declividade de até 5%, para permitir que a irriga-

ção seja efetuada por gravidade, como demonstrado na Fig. 8.2.

Vários fatores devem ser considerados na implantação de um sistema de aproveitamento de água do escoamento superficial, ou seja, do barreiro para uso em irrigação de salvação, como:

- **Solos** - Para área de captação (A_c), os solos indicados são, de preferência, aqueles inadequados à exploração agrícola. Como exemplo, os solos onde será localizada a A_c devem ser rasos, pedregosos ou rochosos, para permitir maior escoamento superficial. Estas características são contrárias às dos solos ideais para a área de plantio (A_p), os quais devem ser férteis, com profundidade superior a 0,50 m, apresentar características físico-hídricas ideais às culturas a serem exploradas e não apresentar tendências à salinização. O tanque de armazenamento requer solos com baixa capacidade de infiltração, visando à redução de perdas por percolação e proporcionar maior estabilidade no talude (parede) do barreiro.
- **Clima** - É recomendado o uso do sistema do barreiro para regiões de baixas precipitações pluviométricas, na amplitude de 300 a 800 mm anuais, principalmente em áreas com limitações de água para a exploração agrícola. Nestas características, se enquadra todo o Semi-Árido brasileiro.
- **Topografia** - Como a irrigação se dá por gravidade, para o sistema funcionar adequadamente, isto é, área de captação, tanque de armazenamento e área de plantio, é necessária uma área global com declividade variando de 0,5 a 15%. Porém, a área de plantio deve ter declividade de até 5%.

Observados os critérios acima, inicia-se a instalação do barreiro. Nas várias etapas de implantação do barreiro, a seleção da área é de suma importância para se ter garantia da eficiência do sistema. Esta área deve ser selecionada tendo-se uma visão geral de cada elemento básico do sistema como um todo (Fig. 8.2).

A área de captação deve ser percorrida integralmente, acompanhando-se as linhas de drenagem natural (córregos), a fim de se observar o ponto de convergência das mesmas. Visualmente, delimita-se a bacia hidrográfica desta área, observando se a área total é suficiente para captar a água necessária a ser utilizada na irrigação. Normalmente, uma área de 3,0 ha é suficiente

para produzir o escoamento necessário para encher o reservatório.

Quanto à topografia, a declividade não deve ser inferior a 2% e é extremamente importante a observação do microrrelevo. A existência de pequenas depressões nessa área propicia reduções na quantidade de água a ser escoada. A Fig. 8.2 apresenta um modelo esquemático das linhas de drenagem (córregos), divisor de águas, ponto de convergência, locais das aberturas das trincheiras e área do barreiro.

Tendo-se idéia do ponto de convergência das linhas de drenagem, seleciona-se o local onde será a profundidade máxima do barreiro ou tanque de armazenamento, que, normalmente, ocupará uma área de 0,2 a 0,4 ha.

O dimensionamento da A_c varia em função do volume total de água a ser armazenado, da eficiência de escoamento superficial (C) desta área e da precipitação média da região, a uma dada probabilidade de ocorrência, normalmente em torno de 50% de probabilidade. Esta área é delimitada por diques naturais ou artificiais, que funcionam como divisores de água. Os valores de C podem ser obtidos da Tabela 8.1.

No ponto de convergência, deverá ser feita uma sondagem, abrindo-se uma trincheira até a camada impermeável. Outras duas trincheiras deverão ser abertas, sendo uma para cada lado da primeira, a uma distância de 20 m. Esta sondagem dá idéia precisa da profundidade máxima do barreiro e da localização da parede, como, também, do tipo de material que será utilizado na construção da parede. Após a abertura das trincheiras, se for identificado que a máquina não poderá escavar até 1,0 m de profundidade, esta área deverá ser descartada.

A área de plantio (A_p) deve ser selecionada o mais próximo do tanque de armazenamento, desde que a declividade propicie esta situação, uma vez que a irrigação é por gravidade. A área de plantio, normalmente, é em torno de 2,0 ha e deve ser o mais uniforme possível, para possibilitar a confecção dos sulcos e camalhões e a irrigação por gravidade. A declividade desta área deverá estar entre 0,5 e 5% e os solos devem apresentar características que propiciem o bom desenvolvimento das culturas.

O dimensionamento da área de plantio deve ser feito em função das necessidades básicas de alimentação da família, podendo ser planejado, também, para a produção de culturas de maior expressão eco-

nômica com fins de comercialização. Esta área deve ser preparada no sistema de sulcos e camalhões para possibilitar as irrigações e facilitar as práticas agrícolas, utilizando tração animal.

Em geral, no dimensionamento dos componentes do barreiro para uma região de baixas precipitações (400 mm anuais), deve-se considerar que:

- 100 mm de água armazenada por hectare, à disposição do produtor, são necessários para reduzir sensivelmente os efeitos das secas prolongadas que ocorrem durante o período chuvoso, denominados veranicos;
- 1,5 ha de área cultivada com culturas alimentares é suficiente para o produtor garantir a alimentação básica da família e algum excedente que possa ser comercializado;
- perdas totais de água por infiltração e evaporação correspondem a, aproximadamente, 50% do volume útil. Por outro lado, para irrigar uma área de 1,5 ha com culturas de milho e feijão, são necessários em torno de 3000 m³ e uma área de captação de água de 3,8 ha, com uma eficiência de escoamento (C) de 0,20.

Tabela 8.1. Coeficientes de escoamento superficial (C) em função das características da área de captação, estimados para o Semi-Árido brasileiro.

Fatores	Características que afetam C	C
Relevo	Plano, declividade média de 0 a 5%	0,10
	Ondulado: declividade de 5 a 30%	0,25
Infiltração	Elevada: textura do solo franco-arenosa, solos permeáveis;	0,05
	Normal: textura do solo média;	0,10
	Lenta: textura do solo argilosa, solos com baixa capacidade de infiltração;	0,15
	Solos com velocidade de infiltração muito lenta	0,20
Cobertura vegetal	Excelente: aproximadamente com 90% da área coberta	0,05
	Boa: com 50% da área vegetal coberta	0,10
	Regular: vegetação escassa, raleada, mais com menos com 10% da área coberta	0,15
	Baixa: solo desnudo, cobertura rala	0,20

Definidas a área de plantio e as culturas a serem exploradas, parte-se para o dimensionamento das necessidades de água dessas culturas. Também, devem ser consideradas as perdas totais de água por evaporação e por infiltração ocorridas durante o período em que a água ficar armazenada no reservatório. Esse período pode ser considerado como o do maior ciclo da cultura a ser explorada mais uma margem de segurança de 30 dias, aproximadamente.

As perdas totais de água por evaporação devem ser consideradas no dimensionamento do sistema, pois, em média, representam 50% do volume útil de água a ser armazenado. Estudos desenvolvidos na Embrapa Semi-Árido (Silva et al., 1981) permitiram o desenvolvimento de uma equação para estimar estas perdas totais de água (PTA), de pequenos reservatórios, em mm, em função da evaporação do tanque classe A (EV):

$$PTA = 0,513 + 0,832 \times EV \quad (r^2 = 0,83) \quad (\text{mm}) \quad (8.1)$$

Estas perdas podem ser estimadas para qualquer período de uso (U), em dias, da água armazenada (PTA1). Para isso, é necessário conhecer a evapotranspiração potencial média diária (ET_P) para o período e a perda por infiltração no reservatório, determinada a partir da velocidade de infiltração básica (VIB), em mm. Estas perdas são estimadas pela equação:

$$ET_P = EV \times 0,75 \quad (\text{mm}) \quad (8.2)$$

$$PAT1 = VIB + 0,832 \times \frac{ET_{P(DIÁRIA)}}{0,75} \times U$$

$$PTA1 = (VIB + 0,832 \times ET_{P(DIÁRIA)}/0,75) \times U \quad (\text{mm}) \quad (8.3)$$

Com base em experiências acumuladas durante vários anos, desenvolveu-se um modelo que permite dimensionar o barreiro com ênfase no manejo do sistema durante e após o período chuvoso. A Tabela 8.2 apresenta um exemplo para o município de Euclides da Cunha - BA, com as seguintes informações:

- precipitação média anual e evapotranspiração potencial do mês de plantio;
- dimensionamento dos elementos do barreiro, considerando área de plantio de 2,0 a 4,0 ha;
- diferentes culturas como milho, feijão caupi, milho consorciado com feijão caupi e sorgo, entre outras.

Tabela 8.2. Valores dos elementos do barreiro para várias culturas e diferentes áreas de exploração, em função das características agroecológicas da região.

Município: Euclides da Cunha - BA		Área de captação: A_C		
Profundidade de escavação: 1,5 m		Área de plantio: A_P		
Precipitação média anual: 724 mm		Evapotranspiração potencial média mensal: ET_P		
ET_P (mm)	Área (ha)		Capacidade do tanque (m^3)	Culturas
	A_C	A_P		
148	3,02	2	4060	Milho
148	4,32	3	5820	Milho
148	5,60	4	7530	Milho
148	1,87	2	2519	Caupi
148	2,70	3	3634	Caupi
148	3,51	4	4727	Caupi
148	2,41	2	3242	MilhoxCaupi
148	3,44	3	4629	MilhoxCaupi
148	4,44	4	5981	MilhoxCaupi
148	2,71	2	3650	Sorgo
148	3,88	3	5221	Sorgo
148	5,01	4	6753	Sorgo

No caso do barreiro ter a forma semicircular, partindo do ponto de convergência, marca-se o comprimento do raio, na linha básica. Com um piquete neste ponto e com auxílio de uma corda, traça-se o semicírculo, colocando-se piquetes a cada 20 m, partindo-se do ponto de convergência.

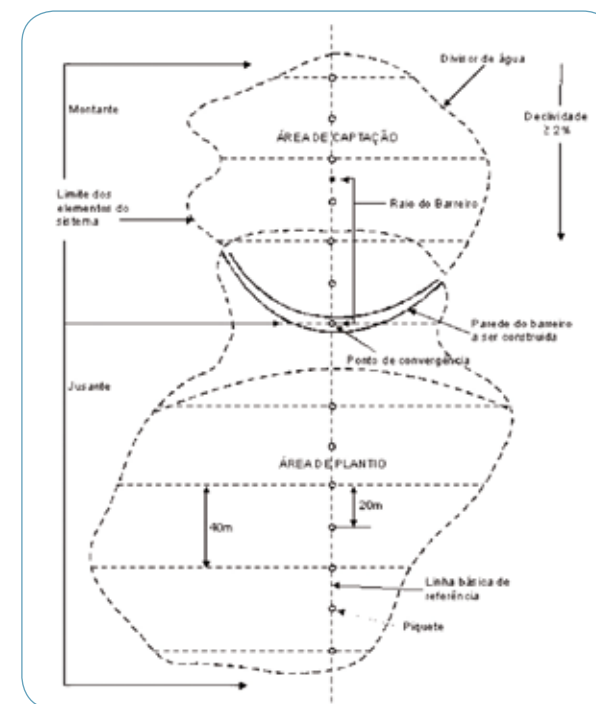


Fig. 8.3. Delimitação dos elementos básicos do barreiro.

Estudo de Casos

1 - Construção do barreiro

Na construção do barreiro, deve-se ter como ponto de partida a linha básica de referência. No local definido como ponto de convergência, serão traçados os limites laterais do tanque de armazenamento (Fig. 8.3). Se a opção for pela forma quadrada, estas linhas formam um ângulo de 90° com a linha básica e são traçadas com auxílio de trena. Este procedimento será repetido no local seguinte, até se ter todos os elementos demarcados, como A_C , T_A e A_P .

Área de captação (A_C) - O comprimento da A_C deverá ficar de maneira que prevaleça a maior declividade natural do terreno, possibilitando o escoamento das águas nos drenos coletores. Quando os solos da A_C forem adequados à agricultura, podem-se abrir sulcos e camalhões, à semelhança da A_P . Todavia, esta prática agrícola necessita de uma aração e gradagem, implicando no destocamento da A_C . Caso a A_C não tenha sido planejada para exploração, esta pode ser desmatada em faixas, obedecendo aos divisores de água e podem ser abertos drenos para permitir o escoamento da água (Fig. 8.3).

Tanque de armazenamento (T_A) - A área a ser coberta pelas águas e parede do barreiro deve ser desmatada e destocada, removendo-se

a primeira camada de 0,20 m. Em seguida, deve-se gradear o local e começar a fundação da parede, que consiste em abrir uma vala de 0,50 m de profundidade, 2,0 m de largura, com comprimento correspondendo ao da parede.

A profundidade máxima de escavação do barreiro deverá atingir uma camada de solo resistente, para reduzir as perdas de água por infiltração. Como a vala terá uma profundidade de 0,50 m e já havia sido retirada uma camada de 0,20 m, supõe-se que, na maioria dos casos, esta profundidade de 0,70 m seja suficiente. A largura da trincheira deverá ser a mesma da lâmina do trator que estiver construindo o barreiro. A abertura dessa valeta poderá ser realizada em três vezes, para evitar muito material acumulado e dificultar as outras tarefas.

Instalação do tubo condutor - o tubo condutor deve ser instalado após a abertura da primeira vala da parede. Entretanto, outra vala perpendicular a esta, também com 0,70 m, deve ser aberta, com aproximadamente 16,0 m de comprimento para instalação do tubo condutor. Este comprimento varia com a declividade do terreno. Esta vala deve ser aberta, preferencialmente, de forma manual, com uma largura de 0,60 m, sendo, às vezes, mais econômico do que utilizar máquina (Fig. 8.3).

Deve-se aterrar a vala com material de boa consistência, adicionando-se água até uma altura de 0,40 m, para permitir uma melhor compactação. Abre-se, então, uma outra valeta neste local, com 0,30 m de profundidade e coloca-se o tubo de ferro galvanizado ou de PVC rígido, com 4" de diâmetro. Isto permitirá que entre o tubo condutor e o nível do terreno original, antes da primeira camada de 0,20 m, exista uma diferença de 0,80 m. Deve-se ter cuidado especial com a instalação desse tubo, compactando bem o solo umedecido com água. Para fixação adequada do tubo, devem ser feitas duas ou três amarrações em sua volta, com barro ou argamassa de cimento e areia. Outro cuidado que se deve ter é com relação à extremidade do tubo no tanque, que deve estar a uma altura mínima de 0,50 m da parte inferior do solo, para evitar entupimentos. A outra extremidade do tubo, na área de plantio, deve ficar sobre a superfície do terreno (Fig. 8.3).

Após a instalação do tubo condutor, inicia-se a construção da parede, utilizando terra de textura fina na primeira camada, extraída

do próprio material escavado no tanque. As camadas de solo com 0,20 m de altura devem ser sobrepostas e compactadas, iniciando-se pela primeira vala aberta. A máquina deve começar a escavar a bacia hidráulica (barreiro), em direção ao pé do talude de jusante, obedecendo aos elementos pré-dimensionados. O coroamento da parede do barreiro deverá ter um declive, do centro para as extremidades de montante e jusante, de, no mínimo, 0,15 m, para evitar acúmulo de água em cima da parede. No prolongamento da parede, abrem-se diques divisores de água, que terão declividade mínima de 0,4% e profundidade média de 0,70 m (Fig. 8.3).

Sangradouro - O sangradouro é construído em um dos diques divisores de água, com o mínimo comprimento possível. Sua largura deverá corresponder à largura da lâmina da máquina, deixando-se uma diferença de nível de 0,50 m entre o ponto mais alto do sangradouro e o ponto mais baixo do coroamento do barreiro.

Área de plantio (A_p) - Esta área deve ser desmatada, destocada, arada e gradeada. Recomenda-se que o desmatamento e destocamento sejam realizados manualmente, pois usando máquina, poderá se retirar a camada superficial do solo, não sendo recomendada esta prática para agricultura. A aração e gradagem são realizadas no sentido contrário ao da declividade (Fig. 8.3).

Local do canal - Em nível de campo, devem-se exercitar várias alternativas de locação do canal, com o objetivo de verificar qual a melhor opção para irrigar a área. A melhor locação deverá ser aquela que permite, após a abertura dos sulcos e camalhões, maior eficiência de irrigação na área de plantio. Como o canal é de terra, sua declividade não deve ultrapassar 1,0%. Ao mesmo tempo de locação do canal, marcam-se os sulcos e camalhões, com estacas espaçadas de 0,20m.

Os custos de implantação de todo o sistema são variáveis e dependem do tamanho do T_A, do tipo de solo, do tipo de máquina utilizado. Na Tabela 8.3 apresenta-se uma planilha contendo a descrição dos elementos necessários à construção do barreiro com duplo compartimento e com uma capacidade de armazenamento de 3000 m³, para irrigar uma área de aproximadamente 2,0 ha.

Tabela 8.3. Especificações das atividades necessárias à construção do barreiro para uso em irrigação de salvação, considerando a A_c e o T_A com vegetação de caatinga e a A_p já cultivada anteriormente. Fonte: Silva et al. (1981)

Especificações	Unid.	Quant.
Destocamento, limpeza da área do T_A e remoção da primeira camada de solo (0,20 m)	H/T*	2
Abertura e fechamento da primeira e segunda valas (volume de solo = 135 m ³)	H/T	4
Tubo condutor de água, PVC rígido, engate rápido	m	18
Instalação do tubo condutor	H/D**	5
Tubo PVC para manejo da água	m	18
Escavação do caixão do T_A (barreiro), volume de solo (2.035 m ³) e movimento de terra para construção da parede (volume: 2.035 x 1,3 = 2.645 m ³)	H/T*	65
Construção dos diques laterais (500 m) e dos drenos coletores de água (600 m)	H/T*	4
Construção do sangradouro (volume do solo = 30 m ³)	H/T*	1
Aração e gradagem da A_p	H/t***	12
Sulcamento da A_p	H/t*	4

* H/T = Hora trator de esteira; ** H/D = Homem/dia; ***H/t = Hora trator de pneu.

2 - Manejo da água de irrigação de salvação

A princípio, a água armazenada no reservatório (açude ou barragem) destina-se a garantir ou reduzir os riscos de exploração das culturas cultivadas na área de plantio, principalmente culturas de subsistência. Em alguma situação específica, esta água poderá ser destinada a outras finalidades de curto prazo, devido ao pouco volume armazenado.

A irrigação só deverá ser realizada quando, dentro do período chuvoso, ocorrer um veranico capaz de comprometer o desenvolvimento das culturas. A lâmina de água aplicada deve ser sempre pequena, em torno de 20,0 mm, considerando a probabilidade que poderá chover a qualquer momento.

Nas irrigações de salvação, nem sempre é possível obedecer aos parâmetros normais utilizados em irrigação convencional, pois o fator limitante é a água. Quando houver disponibilidade de água e a produção de um ciclo de cultura estiver garantido, pode-se usar esta água para irrigar uma outra área com culturas de ciclo curto. A Fig. 8.4 apresenta um produtor aplicando água à cultura do feijão.



Fig. 8.4. Irrigação de salvação aplicada na cultura do feijão em uma propriedade no município de Petrolina - PE (Foto: Nilton de B. Cavalcanti, 2005)

Manejo da água na cultura do feijão caupi

A água pode ser fornecida às plantas por meio das chuvas, da irrigação ou por ambas, desde que sejam compatibilizadas as suas necessidades mínimas com os requerimentos necessários ao seu desenvolvimento e à obtenção de máximas produtividades ou produtividade satisfatória.

A irrigação, se utilizada de forma adequada, pode contribuir para a elevação dos rendimentos das culturas. O uso da irrigação, a quantidade de água e o momento de aplicação inserem-se em uma decisão a ser tomada com base no conhecimento das relações do sistema água-solo-planta-clima. É necessário conhecer o comportamento de cada cultura em função das diferentes quantidades de água a elas fornecidas, as etapas de seu desenvolvimento de maior consumo de água e os períodos críticos, quando a falta ou excesso redundaria em quedas de produção (Bernardo, 1989). Para o sucesso da cultura do feijão caupi, alguns fatores devem ser considerados, como:

- **Água** - o consumo de água do feijão caupi pode variar de 300,0 a 450,0 mm no ciclo, dependendo da cultivar, do solo e das condições climáticas locais (Embrapa Meio Norte, 2003).

Além da quantidade, é necessário considerar a qualidade da água a ser utilizada na irrigação, pelo fato de algumas culturas apresentarem restrições a águas com elevados teores de sólidos dissolvidos e de outros elementos presentes em quantidades acima dos tolerados pela cultura, com conseqüências negativas na germinação e na produtividade. O feijão caupi tem tolerância a salinidade da água de irrigação até um nível de 3,3 dS/m (Ayers e Westcot, 1991);

- **Solo** - de acordo com recomendações da Embrapa Meio Norte (2003), o feijão caupi pode ser cultivado em quase todos os tipos de solos, merecendo destaque os Latossolos Amarelos, Latossolos-Vermelhos, Argilosos Vermelho-amarelos e Neossolos Flúvicos. De modo geral, desenvolve-se em solos com regular teor de matéria orgânica, soltos, leves e profundos, arejados e dotados de média a alta fertilidade. Entretanto, outros tipos de solos podem ser cultivados, mediante a aplicação de fertilizantes químicos e/ou orgânicos;
- **Planta** - o consumo de água por uma cultura, normalmente, se refere à água perdida pela planta (transpiração) e pela superfície do solo (e evaporação), mais a água retida nos tecidos vegetais, que é menor que 1% do total evaporado durante o ciclo de crescimento da planta. Assim, a transpiração + evapotranspiração, que são responsáveis pelas maiores e mais importantes perdas de água do sistema solo-planta, conhecidas como evapotranspiração (Reichardt, 1985), compreende a necessidade de água a ser reposta. A necessidade de água de uma cultura depende da espécie, da variedade e de suas fases fenológicas (germinação, floração, formação de grãos ou frutos e maturação).
- **Clima** - a perda de água que ocorre no processo da evapotranspiração é um parâmetro importante no cálculo das necessidades de água da cultura e depende de vários fatores, como radiação solar, temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar, entre outros.

Determinação da evapotranspiração de referência - ET_0

Para estimar a evapotranspiração de uma cultura (ET_c), o procedimento usual é utilizar dados da evapotranspiração de referência (ET_0), corrigida por um coeficiente de cultura (K_c). Esse coeficiente de ajuste pode ser determinado pela relação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (8.4)$$

Os valores de K_c são utilizados para a determinação das necessidades hídricas das culturas, tanto em termos de manejo da água de irrigação, como no planejamento de sistemas hidroagrícolas, e variam com a cultura e com o estágio de desenvolvimento (Soares et al., 2006).

O valor diário da ET_0 (mm dia^{-1}) poderá ser calculado com base em dados obtidos em estações agrometeorológicas, situadas num raio máximo de 40 km (válido para áreas planas, sem condicionantes de microclimas diferenciados) em relação à área considerada. A Embrapa Semi-Árido disponibiliza diariamente na sua homepage (<http://www.cpsa.embrapa.br>), valores registrados de elementos meteorológicos, inclusive dados de ET_0 , correspondentes a várias estações agrometeorológicas localizadas no pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA. Para regiões em que não há disponibilização deste parâmetro (ET_0), pode-se determiná-lo por meio de algumas fórmulas e tabelas, conforme Allen et al. (1998).

O valor da ET_0 , também, pode ser calculado com base na evaporação da água do tanque classe A, instalado em uma estação agrometeorológica convencional ou no próprio local da área em estudo, como segue:

$$ET_0 = K_p \times E_t \quad (8.5)$$

em que:

ET_0 é a evapotranspiração de referência, em mm dia^{-1} ;

K_p é o coeficiente de tanque classe A;

E_t é a evaporação do tanque classe A (mm dia^{-1}).

O valor de K_p pode ser determinado com base em fórmulas empíricas, como a equação proposta por Pereira et al. (1994):

$$K_c = 0,482 + 0,024\ln(F) - 0,000376U + 0,0045UR \quad (8.6)$$

em que:

F é a largura da faixa de bordadura em torno da estação meteorológica, em m;

U é a velocidade do vento, em km/dia;

UR é a umidade relativa média diária do ar, em %.

Na ausência destas informações, sugere-se utilizar valores de K_p entre 0,70 e 0,75 para as condições do Semi-Árido brasileiro.

Determinação da evapotranspiração da cultura - ET_c

O valor diário da ET_c pode ser obtido por meio da seguinte equação:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (8.7)$$

em que:

ET_c é a evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

K_c é o coeficiente da cultura (adimensional).

A Tabela 8.4 apresenta valores de K_c para a cultura do feijão caupi em suas diferentes fases do ciclo fenológico nos municípios de Teresina e Parnaíba, ambos no Piauí (Embrapa Meio Norte, 2003).

Tabela 8.4. Ciclo fenológico do feijão caupi e coeficientes de cultivo (K_c) determinados para os municípios de Teresina e Parnaíba, no Piauí. Fonte: Embrapa Meio Norte (2003).

Fases do ciclo (dias)	Teresina	Parnaíba
	K_c	
0 - 15	0,5	0,7
16 - 44	0,8	0,75 - 1,12
45 - 57	1,05	1,12 - 0,8
58 - 65	0,75	0,7

A estimativa das necessidades de água da cultura do feijão caupi, como apresentado no exemplo da Tabela 8.5, foi baseada na evapotranspiração média semanal obtida a partir do balanço hídrico seqüencial, na escala semanal. Os valores diários de precipitação pluviométrica e da evapotrans-

Tabela 8.5. Necessidades de água da cultura do feijão caupi para diferentes fases de desenvolvimento.

Dados climáticos*		Fev	Mar	Abr	Total
Precipitação média (mm)		81,6	127,2	64,3	273,1
Evapotranspiração média (mm)		5,3	4,8	4,6	14,7
Data de plantio		15 fevereiro			
Fases ciclo (dias)	N° dias	$ET_c = K_c \times ET_o$ (diária)	$ET_c = ET_c \times$ dias ciclo (mm)	Excesso /déficit de água (mm)	
0-15	15	1,9	27,9	12,9	
16-44	29	5,1	136,9	-20,69	
45-57	13	2,2	28,9	3,20	
58-65	8	0,9	6,9	18,78	
Total	65		211,7		

*Banco de dados da Embrapa Semi-Árido (<http://www.cpaitsa.embrapa.br/index.php?op=dadosmet&mn=3>).

** Embrapa Meio Norte (<http://sistemadeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/F>).

piração de referência foram obtidos a partir das informações disponíveis na Estação Meteorológica de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE, considerando-se os dados médios de uma série de 32 anos (1975 a 2006). Nesta Tabela, a coluna Excesso/déficit de água corresponde à diferença entre as necessidades de água da cultura para cada fase e a precipitação média ocorrente no período em análise.

Em função das características climáticas da região e do ciclo de desenvolvimento do feijão caupi, para uma variedade precoce, com ciclo correspondendo a 65 dias (Tabela 8.5), pode-se observar que a necessidade total de água corresponde a 211,7 mm. O sinal negativo (-) na coluna excesso/déficit significa que nesta fase está ocorrendo déficit de água, havendo, assim, a necessidade de aplicação de uma lâmina de 9,71 mm de água, para não causar danos à cultura, haja vista que o total de precipitação média do período (273,1 mm) é superior à necessidade da cultura (200,7 mm). Porém, é importante verificar a distribuição das chuvas em cada fase de cultivo e não somente para todo período.

Cálculo da lâmina bruta de irrigação - L_B

O cálculo de lâmina bruta de água de irrigação pode ser obtido por meio da seguinte equação:

$$L_B = \frac{ET_c - P_p}{E_A} \quad (\text{mm})$$

em que:

L_B é a lâmina bruta (mm);

P_p é a precipitação efetiva (mm), que corresponde à fração da precipitação pluviométrica efetivamente aproveitável pela planta;

E_A é a eficiência de irrigação (%).

A precipitação efetiva pode ser calculada de acordo com a metodologia proposta por USDA (1970), citada por Jensen et al. (1990), ou estimada como recomendado por Soares et al. (2006):

- Quando $P < 5,0\text{mm}$, e essa chuva for decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada, considerar $P_e=0$. Ou seja, deve-se realizar a irrigação de forma normal;

- Quando $5,0\text{mm} < P < 10,0\text{mm}$, essa chuva for decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada e a previsão de tempo sinalizar que os dias seguintes serão de “céu claro ou dias com baixa probabilidade de ocorrência de chuva”, deve-se suspender a irrigação apenas por 1 dia;
- Quando $10,0\text{mm} < P < 20,0\text{mm}$, essa chuva for decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada e a previsão de tempo sinalizar que os dias seguintes serão de “céu claro”, deve-se suspender a irrigação por 2 a 3 dias;
- Para $P > 20,0$ mm ou ocorrências continuadas de chuvas nos níveis apresentados, ou se o tempo se mantiver “nublado” após as chuvas, o monitoramento da umidade do solo será recomendado para melhor indicar o momento do reinício da irrigação.

A irrigação de salvação deve ser efetuada quando a planta apresentar sintomas de falta de água, de forma que não afete seu desenvolvimento e comprometa a produção. O ideal é fazer o monitoramento da umidade do solo e irrigar quando esta umidade estiver, no máximo, a 30-40% da capacidade de campo. Como na prática nem sempre isto é possível, recomenda-se irrigar duas ou três vezes por semana, após observar a umidade do solo próximo à planta, entre 0,20 e 0,30 m de profundidade, efetuando-se a irrigação quando perceber que o solo já se encontra seco. A lâmina de água a ser aplicada deve estar em torno de 50% da lâmina necessária à planta, sempre se tendo em mente que as chuvas podem ocorrer a qualquer momento.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p., il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução H. R. Gheyi; J. F. Medeiros; F. A. V. Damaceno. Campina Grande, PB: UFPB, 1991. 218 p. (FAO: Irrigação e Drenagem; 29) Revisado 1.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 1989. 625 p.

EMBRAPA Meio Norte. Sistema de produção do caupi. Teresina, PI: Embrapa Meio Norte, 2003. Disponível em: <<http://sistemadeproducao.cnp-tia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/F>>. Acesso em: 29 de mar. 2007.

INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS, Annual Report 1973-74. Hyderabad, Índia, 1974. 87 p.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. New York: ASCE, 1990. 332 p. (ASCE: Manual and Reports on Engineering Practice, 70).

KAMPEN, J. Soil and water conservation and management in farming systems research for the Semi-Arid Tropics. Hyderabad, Índia: Icrisat, 1975. 50 p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba, FEALQ, 1997. 183p.

PORTO, E. R.; GARAGORRY, F. L.; SILVA, A. de S.; MOITA, A. W. Risco climático: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I. Cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 129 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 23).

REICHARDT, F. Processos de transferência nos sistema solo-planta-atmosfera. 4. Ed. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1985. 466 p. il.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; GOMES, P. C. F. Seleção de áreas e construção de barreiros para uso em irrigação de salvação no Trópico Semi-Árido. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1981. 43 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 3).

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. da; NASCIMENTO, T. Recomendações básicas para o manejo de água em fruteiras. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 2006. 28p. (EMBRAPA-CPATSA Circular Técnica; 82). Disponível em (<http://www.cpatosa.embrapa.br/index.php?op=vitipo&modo=tipo>). Acesso em: 29 de mar. 2007.