

# Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas

Everaldo R. Porto<sup>1</sup>, Aderaldo de S. Silva<sup>2</sup> & Luiza T. de L. Brito<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Consultor independente

<sup>2</sup> Embrapa Semiárido

## 3.1 Introdução

## 3.2 A oferta ambiental

### 3.2.1 O regime pluviométrico

### 3.2.2 As águas subterrâneas

### 3.2.3 Fator solo

### 3.2.4 Peculiaridade da caatinga

## 3.3 Relação solo-água-planta na agricultura de sequeiro

## 3.4 O risco da agricultura dependente de chuva

## 3.5 Perfil das principais tecnologias de captação de água de chuva

### 3.5.1 Consumo humano - cisterna

### 3.5.2 Barreiro para uso em irrigação de salvação

### 3.5.3 Captação “in situ”

### 3.5.4 Barragem subterrânea

## 3.6 Considerações finais

## Referências bibliográficas

Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas  
ISBN 978-85-64265-01-1



INSA

Instituto Nacional do Semiárido

Campina Grande - PB

2011

## Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas

### 3.1 INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira é constituída de um aglomerado de unidades de paisagens com diferentes características, no que diz respeito ao solo, relevo, clima, vegetação e potencial hídrico disponível. Todavia, o principal critério para a delimitação física desse espaço foi estabelecido levando-se em consideração a isoieta de 800 mm de chuva por ano, ou seja, são considerados pertencentes à região semiárida todos os municípios que apresentam uma precipitação anual igual ou inferior a 800 mm. Com base neste critério o semiárido brasileiro apresenta uma área de 853.383,59 km<sup>2</sup>, sendo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba os que detêm maior percentual de área dentro da região, com 91,98; 91,69 e 89,65%, respectivamente (Banco do Nordeste, 2005).

Por falta de programas de proteção ambiental específicos, a região já apresenta sequelas. Segundo Sá et al. (2007), as áreas em processo de degradação, com intensidade de baixa ou severa, somam mais de 20 milhões de hectares. As causas deste processo estão associadas principalmente a práticas inadequadas de exploração de seus recursos físicos e biológicos destacando-se, entre elas, os sistemas de cultivos espoliativos, o superpastejo da caatinga e o extrativismo predatório. A degradação dos recursos hídricos locais tem ocorrido pela destruição da cobertura vegetal em razão dos desmatamentos e das queimadas, do uso desordenado da água e do lançamento de agentes poluidores nos mananciais.

Nesta região o sistema tradicional de produção agrícola consiste de uma exploração conjunta de agricultura e pecuária; na realidade, as transformações recentes da agricultura do Nordeste semiárido como resultado do processo de modernização do campo, se traduzem em grandes desigualdades socioeconômicas, a exemplo dos municípios do Vale do São Francisco, Parnaíba e Açu, onde pôde ser intensificada uma agricultura próspera, integrada aos mercados nacional e internacional, cujas atividades produtivas apresentam vantagens comparativas em termos de competitividade - as áreas irrigadas - contrastando com extensas áreas de sequeiro, situadas nas margens desse processo, em que as oportunidades econômicas da

agropecuária são limitadas em função das propriedades rurais, cédulas de sustentação da subsistência, não possuem capacidade para investir nem de acesso às informações, o que resulta numa drástica redução da atividade agropecuária e da aplicação de tecnologias apropriadas.

Assim, referidos produtores vivem em permanente estado de emergência, independente do desempenho das chuvas; na verdade, cada vez menos os recursos naturais da região têm condições de suportar o esforço físico, químico e biológico, resultante da ação do homem em busca da sobrevivência; por outro lado, ainda são escassas as políticas públicas postas em prática adequada à convivência com o semiárido, objetivando principalmente a conservação e o uso racional de água na agricultura dependente de chuva.

### 3.2 A OFERTA AMBIENTAL

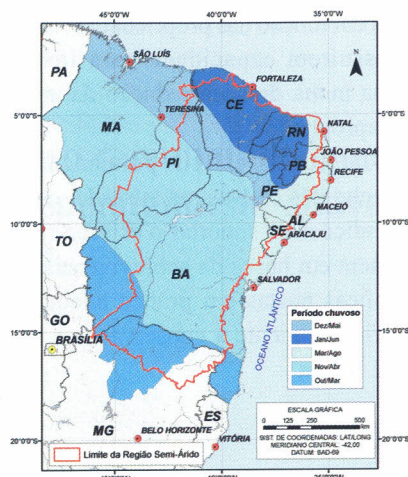
#### 3.2.1 O regime pluviométrico

Para a agricultura de sequeiro, isto é, aquela praticada sob a dependência da distribuição, quantidade e intensidade das chuvas, uma avaliação do regime pluviométrico se faz necessário para o planejamento e manejo das atividades agropecuárias a serem adotadas pelo produtor, tais como o que e quando plantar, e adequar a capacidade dos reservatórios para atender às demandas de água para os consumos humano e animal.

Na maioria das zonas áridas e semiáridas do mundo, a precipitação média anual é da ordem de 80 a 250 milímetros. No Brasil, a menor média modal da pluviometria anual é apresentada pelo município de Cabaceiras, PB, de 252 mm (FUCEME, 1993), porém a média de todo o trópico semiárido é de 700 mm ano<sup>-1</sup> (SUDENE, 1980). Com base neste valor e se considerando a área de 853.383,59 km<sup>2</sup>, definida pelo Banco do Nordeste (2005), o volume de água produzido pelas chuvas que caem na região semiárida brasileira é 597,36 bilhões de m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>. De acordo com os critérios estabelecidos pelas Nações Unidas, o País que apresenta um potencial superior a 10.000 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup> per capita, é considerado rico quanto à oferta hídrica; no caso específico do semiárido interno, este valor chega a 29.868 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>; portanto, a região é rica em água; todavia, está faltando a melhoria das políticas públicas para uma distribuição e manejo melhores da água de chuva que cai na região.

No semiárido brasileiro o ciclo hidrológico se inicia no mês de outubro e termina em setembro do ano seguinte. Este fato é, inclusive, descrito pela poesia popular (ver a música a triste partida, cantada por Luiz Gonzaga), porém o mais importante é que a região apresenta períodos diferenciados para o início das chuvas, conforme mostra a Figura 3.1.

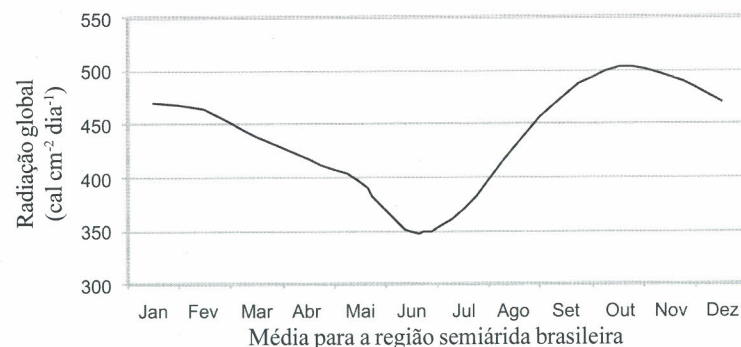
De acordo com essa figura, os inícios dos períodos chuvosos na região semiárida do Brasil vão de novembro a março; por outro lado, ao se observar o gráfico da



Fonte: Adaptação de Rebouças & Marinho (1972)

**Figura 3.1** Mapa de distribuição dos períodos de chuva que ocorrem no semiárido

distribuição da radiação solar na região (Figura 3.2), verifica-se uma variação sazonal na quantidade de radiação solar, que chega à superfície da terra na região, dando-se a menor incidência entre os meses de junho a julho; em seguida, a quantidade de radiação incidente aumenta, chegando ao pico entre os meses de novembro e dezembro.

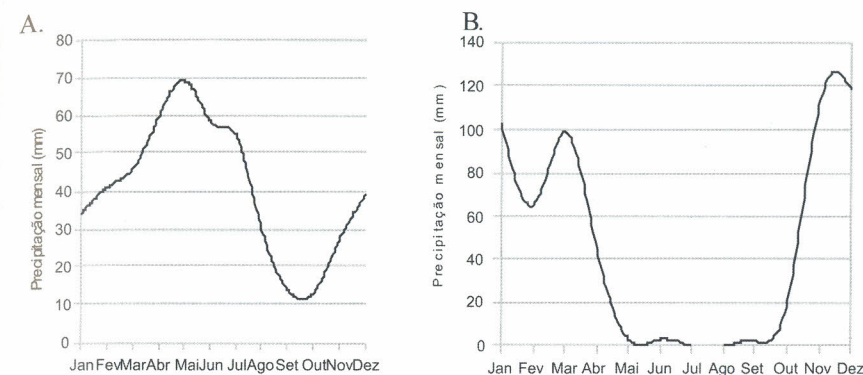


**Figura 3.2** Distribuição média mensal da radiação solar global, no semiárido brasileiro

Este aumento ou redução da radiação solar tem efeito direto no consumo de água pelas plantas, fazendo com que a taxa de evapotranspiração seja maior ou menor; portanto, para localidades com quantitativos anuais de chuva próximos, o potencial de sucesso para o rendimento de alguns cultivos pode ser diferente.

Um exemplo deste efeito pode ser visto na Figura 3.3, quando se compara a possibilidade de sucesso para o cultivo do *Phaseolus vulgaris* nos municípios de

Piranhas, AL, e Irecê, BA. Mesmo Irecê apresentando uma média de precipitação 91 mm superior à de Piranhas, a possibilidade de colheita deste cultivo é de 10% inferior em relação ao município alagoano; este evento ocorre porque o período de chuvas para Irecê surge entre os meses de novembro/abril. O aumento da radiação solar neste período propicia uma demanda maior de água pelo cultivo do feijão possibilitando, portanto, que a planta sofra um estresse hídrico maior.



Média anual: 485 mm

Possibilidade de sucesso do feijão: 50%

Média anual: 573 mm

Possibilidade de sucesso do feijão: 40%

**Figura 3.3** Chances de sucesso para a cultura do feijão em Piranhas, AL (A), e Irecê, BA (B)

### 3.2.2 As águas subterrâneas

Com respeito às águas subterrâneas, o semiárido brasileiro apresenta uma particularidade que o difere de outras regiões do país, onde os terrenos sedimentares e permeáveis são predominantes. No caso do Brasil, dominam as rochas cristalinas, pouco permeáveis e predominantemente salinas. Esses tipos de rocha estão presentes em aproximadamente 80% da região; os 20% restantes representam bolsões sedimentares no Estado do Piauí e regiões do Cariri, Chapada do Apodi e outras. De acordo com Rebouças (1999), é possível se extrair, dessas áreas, com segurança, cerca de 20 bilhões de  $m^3$  ano<sup>-1</sup>, porém nas áreas do cristalino existem, atualmente, mais de 100.000 poços perfurados, com vazões médias em torno de 2.000 L h<sup>-1</sup>, o que estabelece um potencial de água a ser extraída da ordem de 292 milhões de  $m^3$  ano<sup>-1</sup>. É importante ressaltar que, na maioria dos casos, a água desses poços apresenta teores de sais superiores a 1 g L<sup>-1</sup>, o que a torna imprópria para o consumo humano. Além disso, essas fontes de água são essenciais aos animais, em especial aos caprinos, cuja demanda de água para dessedentação de todo o rebanho da região é da ordem de 40 x 10<sup>6</sup>  $m^3$  ano<sup>-1</sup>; outra grande vantagem é que elas estão protegidas da evaporação. Atualmente, existem sistemas de produção estabelecidos para o aproveitamento dessas águas (Porto et al., 2000), tanto para os consumos humano e animal, como para a produção vegetal.

### 3.2.3 Fator solo

O solo é um dos mais importantes elementos naturais da paisagem do semiárido. Os solos da região são, de maneira geral, rasos, com baixa fertilidade natural, baixo teor de matéria orgânica, drenagem limitada, baixa capacidade de infiltração e de retenção de umidade e apresentam grande potencial para a erosão hídrica provocada principalmente pela ocorrência de chuvas de alta intensidade.

Outrossim, os solos da região são acometidos por processos de adensamento e/ou compactação de suas camadas; este último proporciona alteração no arranjo das partículas do solo aumentando sua densidade e diminuindo o volume de seus poros, chegando a comprometer significativamente a absorção de água pelo perfil do solo. A Figura 3.4 ilustra o efeito deste processo de adensamento/compactação em um solo classificado como argissolo amarelo eutrófico abruptico plântico (Embrapa, 1999). Em função deste processo a capacidade de infiltração do solo foi reduzida a ponto de, após uma chuva de 50 mm em 24 h, a profundidade do perfil umedecido ser de apenas 17 cm.

É importante evidenciar que apenas o impacto da gota de chuva e a erosão são responsáveis pela redução da capacidade de infiltração, haja vista que a pobreza desses solos em matéria orgânica e a formação de uma crosta de silte na superfície do solo seco, também contribuem significativamente para a redução da taxa de infiltração.

Para a aplicação das técnicas de captação e manejo da água de chuva, o solo é um componente que apresenta interações sumamente importantes, quando associado ao regime pluviométrico. A seleção de áreas visando à aplicação dessas



**Figura 3.4** Vista da espessura do perfil de solo umedecido através de uma chuva com 50 mm de lâmina d'água

técnicas, pressupõe um conhecimento geral dos solos sobretudo em relação a quatro de suas características físicas: textura, estrutura, porosidade e profundidade efetiva; todavia, não se pode esquecer de que a topografia da área é essencial na definição de algumas técnicas a serem usadas.

#### 3.2.3.1 Textura e estrutura

A textura de um solo é determinada pelo conteúdo de areia grossa e fina, de limo e de argila. Apesar de na definição da classe textural do solo não se levar em conta o conteúdo de matéria orgânica, ela é de extrema importância, não só na melhoria da capacidade de infiltração do solo mas, principalmente, na elevação da capacidade de retenção de umidade do perfil de solo.

Quando se opta pela aplicação de um sistema de captação de água de chuva para a produção agrícola, é conveniente que o solo apresente boa capacidade de infiltração (solos arenosos) mas, ao mesmo tempo, é oportuno que a água infiltrada possa ser retida no perfil durante todo o ciclo da cultura (solo com bom teor de argila).

A estrutura, por sua vez, está determinada pelo arranjo ou disposição das partículas do solo, caso em que as partículas não mais devem ser vistas individualmente como areia, limo ou argila mas, sim, como essas partículas estão estruturadas.

#### 3.2.3.2 Porosidade

A textura e a estrutura do solo, mesmo sendo dois aspectos físicos distintos do solo, estão diretamente ligadas ao aspecto porosidade, que é a parte do solo não ocupada por elementos sólidos. Dois são os tipos de poros: os macroporos e os poros capilares. Em geral, um solo de textura média apresenta porosidade total em torno de 50%; para a captação da água da chuva a macroporosidade é elemento importante e, para a retenção e movimentação do fluxo interno de água no solo, a porosidade capilar é essencial.

#### 3.2.3.3 Profundidade efetiva

O aproveitamento da água de chuva pela planta vai depender da quantidade de água infiltrada e a que profundidade ela ficou armazenada. A depender da quantidade de chuva que ocorra e da facilidade de infiltração no perfil do solo, a tendência desta água é se distribuir em todo o perfil, até atingir a camada impermeável que, de modo geral, é a própria rocha matriz que dá formação ao perfil do solo. Considerando que, em sua maioria, os solos do semiárido brasileiro é raso, esta é uma limitação para algumas das técnicas de captação e aproveitamento da água de chuva para fins agrícolas.

### 3.2.4 Peculiaridade da caatinga

A caatinga é a formação florística que ocupa a quase totalidade da área do trópico semiárido brasileiro, sendo uma pequena porção representada por vegetação do tipo cerrado; ela é constituída por um conjunto de árvores e arbustos de porte médio e pequeno, retorcidos, de folhas pequenas e caducas, e em boa parte dotadas de espinhos, sendo a principal característica dessa vegetação o xerofilismo.

As plantas xerófilas são aquelas que, por apresentarem mecanismos que permitam um regime de economia de água rígido, toleram o estresse hídrico ou resistem à seca e, em virtude dessas características, elas devem servir de referência para um manejo de água eficaz e eficiente. Esses mecanismos foram desenvolvidos em função da associação florística com o solo e a atmosfera, que atua quase como uma simbiose (Duque, 2004); enfim, elas podem ser classificadas em três tipos, conforme o mecanismo de sobrevivência: efêmeras; suculentas ou carnosas e lenhosas.

Segundo Duque (2004), plantas efêmeras são aquelas cujo ciclo fenológico se completa num período que corresponde à estação chuvosa. Elas apresentam portes diferenciados, podendo variar desde alguns centímetros até um metro ou mais de altura. Seu ciclo completo, compreendendo florescimento e frutificação, pode ser precoce ou prolongado, a depender da duração do período de chuvas; em geral, se reproduzem através de sementes, rizomas ou bolbos.

As suculentas, como a própria classificação define, se caracterizam por apresentarem caules e folhas constituídas de células viscosas; em geral, têm reduzida taxa de transpiração de vez que possuem cutículas espessas ou serosidade, que protegem os estômatos fazendo com que a perda d'água por essas plantas seja minimizada. Um exemplo desse tipo de xerófila, é a palma forrageira (*Opuntia ficus indica*); outra característica desse grupo de plantas é que elas possuem grande quantidade de raízes superficiais, o que favorece a absorção de água contida nas neblinas e orvalho.

As lenhosas, segundo Duque (2004), são árvores ou arbustos perenes ou semi-perenes, com folhagens temporárias, de caules e ramos e, em algumas espécies, as próprias folhas, revestidas com camadas coreáceas ou serosas que controlam a absorção de calor e a perda d'água pelas plantas. Comumente, essas plantas apresentam raízes profundas, o que facilita a busca pela água. Uma característica importante para algumas espécies deste grupo de planta é a presença dos xilopódios, que são estruturas espessas, no sistema radicular que permite a acumulação de grandes volumes de água (Figura 3.5).

Neste contexto e em especial o umbuzeiro (*Spondia tuberosa*), um dos representantes desse grupo de plantas, apresenta menor densidade de estômatos, o que enseja uma eficiência maior na perda de água pelas folhas. Além do mais, o umbuzeiro possui alto controle no processo de transpiração que, à medida em que a temperatura vai aumentando, ela vai reduzindo ainda mais a liberação de água chegando, praticamente, a fechar os estômatos a partir das 9 h da manhã, e os abrindo novamente, ao entardecer.



Foto: Nilton Brito

**Figura 3.5** Xilopódios do umbuzeiro, estruturas nas quais a planta armazena água para ser usada no período seco

Portanto, a interatividade entre os elementos que compõem o ambiente semiárido faz com que a vegetação nativa dessa região seja exclusiva e de grande valia para o desenvolvimento da região, servindo como referência quando se trata da utilização de recursos hídricos em condições de escassez.

### 3.3 RELAÇÃO SOLO-ÁGUA-PLANTA NA AGRICULTURA DE SEQUEIRO

Para se estabelecer um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, é necessário se dispor de informações não só quanto à oferta ambiental mas, principalmente, em relação ao tipo de cultivo a ser explorado e qual o seu requerimento de água. Nas localidades de baixa precipitação pluviométrica o potencial de produção é definido pelo teor de umidade apresentado pelo perfil do solo, durante todo o ciclo do cultivo que, por sua vez, depende das propriedades físicas do terreno da área de plantio.

A disponibilidade de água para as plantas está à mercê da quantidade e frequência das chuvas, da capacidade de retenção de umidade do solo e da profundidade alcançada pelas raízes do cultivo. O ideal, para a planta, é que as chuvas ocorram em quantidade e frequência de modo que o perfil do solo, explorado pelo sistema radicular, esteja sempre ao redor da capacidade de campo. Em geral, os solos aluviais são mais uniformes em textura e um pouco mais profundos porém a maioria dos perfis dos solos da região semiárida brasileira é estratificada, de pouca profundidade e apresenta barreiras que restringem o enraizamento dos cultivos, ao redor de 30 a 60 cm.

Em termos de capacidade de armazenamento de umidade no perfil do solo explorado pelas raízes dos cultivos, ela pode variar entre 25 e 70 mm de água, para a maioria dos solos da região semiárida brasileira. Este quantitativo é suficiente para suprir adequadamente o requerimento de água pelos cultivos, por um período não mais que uma ou duas semanas; daí a importância das plantas nativas da caatinga terem desenvolvido os mecanismos de defesa quanto ao armazenamento de água nos seus próprios tecidos e da redução da taxa de transpiração.

Grande parte do semiárido brasileiro tem sua precipitação média anual em torno de 500 mm distribuídos num período de 3 a 4 meses, raramente indo até os 5 meses. Mesmo quantitativamente sendo este total de chuva suficiente para atender ao requerimento de água de uma cultura como o feijão, é comum os produtores sofrerem redução no seu rendimento e até mesmo perda total da safra.

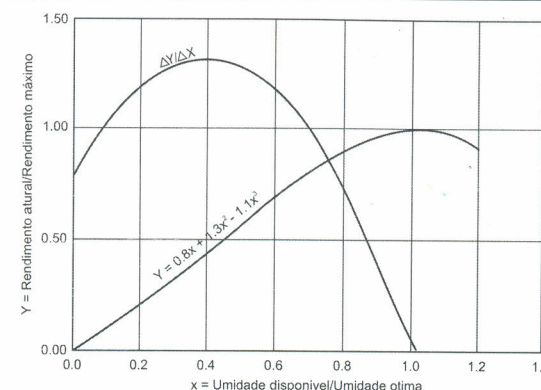
A fim de relacionar a precipitação pluviométrica e a produção de um cultivo, é oportuno avaliar as quantidades de chuva a determinado nível de probabilidade e a confiabilidade deste provimento em atender ao uso potencial de água do cultivo. O conceito de índice de umidade disponível, desenvolvido por Hargreaves & Christiansen (1973) MAI (Moisture Availability Index), teve este propósito.

Para desenvolver o índice os autores resumiram dados de rendimento e uso de água de vários autores. A umidade disponível foi calculada levando-se em consideração a água já armazenada no perfil do solo no início do plantio, mais as precipitações pluviométricas ocorridas durante o ciclo fenológico e a água de irrigação. Os dados de rendimento usados foram do Havaí, Califórnia, Utah e Israel. Os cultivos levados em conta foram: cana-de-açúcar, alfafa, milho e algumas forrageiras.

A fim de padronizar os dados visando comparar os resultados de diferentes cultivos, Hargreaves & Christiansen (1973), usaram Y para expressar o rendimento obtido em relação ao rendimento máximo e X como a relação entre a umidade atual e umidade através da qual o rendimento é máximo. Portanto, os valores de Y e X variaram de 0 a 1. Obteve-se, para a maioria dos dados analisados, a função demonstrada através da Figura 3.6.

É importante ressaltar que o déficit hídrico sofrido por uma cultura tem efeitos diferenciados, a depender da fase do ciclo fenológico em que o estresse ocorreu; todavia, a maior parte da informação disponível indica apenas a relação geral entre umidade disponível no solo e rendimento da cultura; mesmo assim, algumas informações valiosas podem ser concluídas ao se ter a primeira derivada da função mostrada na Figura 3.6, que é representada pela seguinte expressão:  $\Delta y/\Delta x = 0,8 + 2,6x - 3,3x^2$ ; isto nada mais é do que o produto marginal.

Para o intervalo de  $x = 0,086$  e  $0,701$ , o valor de y é igual ou superior a 1 com o valor máximo de 1,31 quando  $x = 0,394$ . Portanto, assumido-se que a equação apresentada na Figura 3.6 pode descrever a relação umidade no solo versus rendimento obtido pode-se, então, concluir que, em condições de plantios com recursos hídricos escassos, o aumento do rendimento máximo de produção por umidade de água aplicada é obtido quando a umidade no perfil do solo é suficiente para atender a aproximadamente 40% do requerimento ótimo de umidade para o cultivo em apreço. Esta informação é valiosa para a agricultura dependente de chuva, em que o insumo mais limitado é a água.



Fonte: Hargreaves & Christiansen (1973)

**Figura 3.6** Função de produção relacionando teor de umidade e rendimento

### 3.4 O RISCO DA AGRICULTURA DEPENDENTE DE CHUVA

A irregularidade na distribuição sequencial das chuvas tem sido um dos fatores limitantes ao desenvolvimento e à estabilização na produção agrícola no semiárido brasileiro. Além da má distribuição sequencial, o período chuvoso é curto, com intervalo entre chuvas, longo, e estas de alta intensidade, o que não só provoca erosão como, também, concorre para que grandes volumes de água não fiquem armazenados no perfil do solo e sejam perdidos, tornando a exploração agrícola uma atividade de risco. Duque (2004) relata, em suas observações não recentes sobre o semiárido brasileiro, que em lavouras tradicionais de gêneros alimentícios, tais como milho, feijão e arroz, o produtor consegue apenas uma safra, com 100% de rendimento, em cada 10 anos.

Por outro lado e se considerando a diversidade de situações agroecológicas e socioeconômicas encontradas nesta região, não é possível o estabelecimento de normas gerais prefixadas para o enfrentamento de risco ao qual a atividade agrícola está sujeita.

Todavia, objetivando apoiar um planejamento racional para a transferência de tecnologias em manejo de solo e água, a Embrapa desenvolveu um modelo simulado que permitiu avaliar as chances de sucesso na exploração de culturas de feijão, milho e sorgo, ao mesmo tempo em que avalia o déficit hídrico sofrido por essas culturas e a potencialidade de produção de escoamento superficial (Garagorry & Porto, 1983).

O modelo considera não só a precipitação e a evapotranspiração mas, também, foram desenvolvidas funções de produção para os cultivos em apreço, relacionando-se a fenologia do cultivo com a escassez de umidade no perfil de solo. Os dados de precipitação usados foram diários e os de evapotranspiração potencial, mensais. A unidade de tempo para simulação foi a sequencial de 5 dias; portanto, o ano foi dividido em 73 períodos de 5 dias cada um. Os dados sobre a capacidade de

armazenamento de água no perfil do solo, foram estimados para as manchas de solo predominantes nos municípios avaliados.

Na Tabela 3.1 se encontram a probabilidade de resultado aceitável (PRA), o máximo déficit médio (MDM) de água sofrido pela cultura e o máximo escoamento médio (MEM) ocorrido durante o ciclo fenológico dos cultivos de feijão, caupi, milho e sorgo, para alguns municípios do semiárido brasileiro.

**Tabela 3.1** Probabilidade de resultado aceitável (PRA), máximo déficit médio de água (MDM) e máximo escoamento médio (MEM) durante o ciclo das culturas de feijão, caupi, milho e sorgo, em oito municípios do semiárido brasileiro

| Município<br>Estado              | Feijão |     |     | Caupi |     |     | Milho |     |     | Sorgo |     |     |
|----------------------------------|--------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
|                                  | PRA    | MDM | MEM | PRA   | MDM | MEM | PRA   | MDM | MEM | PRA   | MDM | MEM |
|                                  | %      | mm  | mm  | %     | mm  | mm  | %     | mm  | mm  | %     | mm  | mm  |
| Jaicós/PI                        | 70     | 38  | 204 | 80    | 28  | 210 | 70    | 69  | 230 | 80    | 52  | 208 |
| Icó/CE                           | 70     | 44  | 231 | 80    | 26  | 235 | 70    | 74  | 253 | 80    | 48  | 230 |
| Caicó/RN                         | 70     | 44  | 212 | 70    | 31  | 222 | 60    | 80  | 246 | 70    | 62  | 219 |
| Soledade/PB                      | 20     | 85  | 58  | 33    | 53  | 78  | 20    | 97  | 60  | 33    | 91  | 76  |
| Ouricuri/PE                      | 30     | 90  | 105 | 40    | 60  | 114 | 20    | 152 | 118 | 40    | 100 | 110 |
| Santana do<br>Ipanema/AL         | 90     | 14  | 183 | 90    | 9   | 212 | 90    | 21  | 229 | 90    | 36  | 208 |
| Nossa<br>Senhora da<br>Glória/SE | 80     | 31  | 142 | 80    | 19  | 168 | 80    | 34  | 196 | 90    | 22  | 154 |
| Irecê/BA                         | 40     | 91  | 135 | 50    | 56  | 154 | 10    | 154 | 150 | 34    | 105 | 148 |

A partir da observação dos dados apresentados na Tabela 3.1, fica evidenciado que a produção de grãos no semiárido brasileiro é uma atividade de risco, como mencionado em tópicos anteriores; todavia, é importante ressaltar que este risco é variável, a depender do tipo de grão e do regime pluviométrico do ambiente. Esta tabela evidencia o déficit hídrico sofrido pelos cultivos avaliados e o excedente de umidade não absorvido pelo perfil do solo, quando da ocorrência de chuvas.

Pode-se constatar, também, que há bastante desperdício de água em função da formação do escoamento superficial. De modo geral, o escoamento superficial no início da chuva é menor, até que o solo atinja sua capacidade de campo e então se torne constante. Sempre que o solo se vai saturando, a velocidade de penetração da água diminui aumentando, consequentemente, o escoamento superficial, desde que a infiltração se mantenha constante. Aqui reside uma oportunidade para a redução dos riscos de perda dessas culturas, ou seja, é tirar proveito deste desperdício de água. Essas informações sugerem que, através das práticas de captação de água de chuva, o risco na produção de grãos na região semiárida pode ser reduzido.

Todavia, existem outras estratégias para a redução dos riscos de perda dos cultivos, por falta de umidade no solo. A Figura 3.7 mostra a resposta do comportamento fisiológico entre os cultivos de sorgo e milho. Ambas as culturas foram plantadas na

mesma data e receberam as mesmas quantidades de chuva e os mesmos tratos culturais. O sorgo não só apresenta uma demanda hídrica menor como, também, é mais tolerante aos efeitos de estresse de umidade do solo e tem ciclo fenológico de menor duração, quando comparado com o milho.



Foto: F. Pinheiro

**Figura 3.7** Comportamento do sorgo e milho plantados na mesma data

Em verdade, o tipo de cultivo a ser escolhido para plantar depende do requerimento de água, da oportunidade da oferta hídrica coincidir com os períodos críticos, da exigência de umidade pela planta e da habilidade do cultivo em suportar estresse hídrico sem comprometer intensivamente o rendimento. O requerimento total de água de um cultivo, por sua vez, depende da duração de seu ciclo fenológico.

Entretanto, a nível de propriedade, é escassa a informação sobre o regime pluviométrico em andamento; em contrapartida, uma outra estratégia a ser implementada objetivando a redução do risco de perda por falta de umidade no solo, é plantar variedades de ciclos diferentes, da mesma cultura. A Figura 3.8 ilustra o plantio de feijão com ciclos precoce e médio.



Foto: F. Pinheiro

**Figura 3.8** Importância do cultivo de variedades com ciclos fenológicos diferenciados

### 3.5 PERFIL DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Para a agricultura de sequeiro a chuva que cai na propriedade agrícola é, em geral, a única fonte de água disponível para manutenção da família e para o desenvolvimento das atividades agropecuárias. Por sua vez, esta chuva é variável em quantidade, intensidade, no espaço e no tempo. Portanto, tirar proveito dela quando da sua ocorrência, é questão estratégica para a convivência com o semiárido.

Quando da aplicação das técnicas de aproveitamento da água da chuva, é imprescindível que sejam ressaltadas algumas premissas que devem nortear o processo de planejamento para a convivência com o semiárido:

1. magnitude volumétrica: quando se fala que a média anual de chuva de uma localidade é de 400 a 500 mm, parece que este número não significa muita coisa. Não se pode esquecer de que, para cada milímetro de chuva que cai, há um potencial de captação de até 1 litro de água para cada metro quadrado de superfície.

2. evitar o desperdício: a chuva, por se tratar de um insumo escasso nas regiões áridas e semiáridas, é preciso que seja aproveitada com eficiência, isto é, a chuva captada deverá ser conduzida com eficiência para onde ela será aproveitada, quer seja para o perfil do solo, no caso de ser utilizada para a produção agrícola, quer seja para tanques de armazenamento (cisternas), no caso de uso para consumo humano ou animal.

3. priorizar cultivos de baixo consumo: para as zonas de baixa precipitação a melhor maneira de aproveitar as chuvas e empregá-las em cultivos resistentes à seca, quer seja devido à sua tolerância genética ao estresse hídrico, quer seja pelo seu curto ciclo fenológico.

Com essas premissas em mente, o próximo passo é definir a hierarquia para o atendimento das necessidades na propriedade, que deverá ser: consumo humano, consumo animal e produção vegetal.

#### 3.5.1 Consumo humano – cisterna

É uma tecnologia milenar que tem, como objetivo, captar e armazenar água de chuva para o consumo humano. No caso do semiárido brasileiro, durante o período chuvoso a água que abastece a família é retirada de pequenos barreiros que, em geral, são compartilhados com os animais existentes nas propriedades. Esses animais têm acesso diretamente à fonte, o que contribui para sua contaminação. Comumente, sempre que o período de estiagem se prolonga, mais distantes ficam essas fontes, fazendo com que haja um contingente maior de mão-de-obra na tarefa de prover água para o consumo da família. Esta tarefa é desenvolvida, quase sempre, pela mulher.

Para viabilizar o uso de cisternas no meio rural do semiárido brasileiro, diversas pesquisas foram realizadas no final da década de 70, pela Embrapa Semiárido, visando identificar processos de implementação e materiais alternativos para a construção do

reservatório e de áreas de captação da chuva. Nesses estudos foram identificados procedimentos para a captação da chuva no próprio solo, complementando a área de captação quando os telhados das residências não eram suficientes para produzir os volumes necessários destinados à manutenção da família. A Figura 3.9 mostra o modelo mais utilizado atualmente na construção de cisternas. Este tipo é conhecido como cisternas de placa. As ONG's têm feito um trabalho com muita eficiência e eficácia para a sua disseminação.



Figura 3.9 Cisterna tipo placa construída no semiárido brasileiro

A utilização da cisterna de placas como estratégia para garantir água potável na zona rural de escassa precipitação pluviométrica, tem crescido nos últimos 15 anos. A meta do governo federal, de um milhão de cisternas no semiárido brasileiro, ainda está longe de ser alcançada. Em geral, tem-se sugerido que a cisterna tenha capacidade de armazenamento de 16 m<sup>3</sup>, o que é suficiente para atender a uma família de 5 pessoas com o uso de 14 L de água por dia durante o período de 240 dias, que correspondem ao período de estiagem.

Todavia, é conveniente lembrar que a construção de apenas um recipiente tem dificultado o manejo da água armazenada, principalmente quando se trata de lavagem do tanque da cisterna. Em Petrolina, PE, um estudo de caso (Figura 3.10) (não publicado) demonstrou ser mais eficiente a construção de dois tanques de cisterna, cada um com capacidade de 8 mil L.

Um estudo de caso (Brito et al., 2005), também demonstrou ser economicamente viável a construção de cisternas para a garantia de água na dessedentação de caprinos e ovinos. A Figura 3.11 apresenta detalhes da construção do sistema de cisterna para provimento de água aos animais, em campo de pastagem.

Este assunto é de extrema relevância para regiões áridas e semiáridas. Em geral e se considerando o sistema extensivo em que é praticada a pecuária do semiárido



Foto: Luiza Brito

**Figura 3.10** Conjunto de cisternas com volume menor de armazenamento**Figura 3.11** Cisterna construída com o objetivo de suprir de água os animais

brasileiro, os animais percorrem grandes distâncias, à procura de água, o que ocasiona um grande gasto de energia por parte do animal. É necessário levar em consideração que no período seco que, em geral, abrange de 8 a 9 meses, os alimentos também reduzem seus quantitativos de umidade, provocando no animal maior demanda por água. Portanto, para os pequenos ruminantes o planejamento da construção de cisterna para dessedentação dos animais deve ser levado em consideração. A Tabela 3.2 apresenta a demanda de água por categoria animal.

Atualmente, estudos estão sendo conduzidos na Embrapa Semiárido com o objetivo de avaliar a viabilidade da construção de cisternas como fonte de água para pequenos pomares e hortas familiares.

**Tabela 3.2** Necessidade de água para o consumo de diferentes espécies de animais

| Categoria     | Demanda de água L. dia <sup>-1</sup> |
|---------------|--------------------------------------|
| Bovino        | 50,0                                 |
| Equino        | 40,0                                 |
| Caprino/ovino | 5,0                                  |
| Aves          | 0,2                                  |

### 3.5.2 Barreiro para uso em irrigação de salvação

Os barreiros têm sido usados para armazenar água de chuva proveniente do escoamento superficial há muitos séculos, no semiárido brasileiro; apesar de rasos, cobrem uma grande área de terra e apresentam elevadas perdas por evaporação e percolação.

Desde o final da década de 70 a Embrapa Semiárido vem desenvolvendo ações de pesquisa que conferem, às propriedades rurais, uma infraestrutura hídrica capaz de permitir a convivência do homem com as adversidades do ambiente semiárido. Entre essas tecnologias o uso da irrigação de salvação tem reduzido os riscos de perda dos cultivos alimentares em anos cuja precipitação pluviométrica é muito irregular.

A irrigação de salvação é definida como a lâmina de água aplicada à cultura nos períodos de estiagem que, geralmente, ocorrem durante o período de chuvas, de forma a reduzir o efeito do estresse hídrico provocado pela falta de umidade na zona do sistema radicular do cultivo. No semiárido brasileiro é comum, após as primeiras chuvas, a ocorrência de períodos de 20 a 30 dias sem novas chuvas, comprometendo seriamente o desenvolvimento e o rendimento dos cultivos, a depender da fase do ciclo fenológico, quando isto ocorre. A Figura 3.12 apresenta uma vista do sistema implantado em Petrolina, PE.

Esta tecnologia possibilita a captação da água que escoar a uma velocidade controlada na superfície do solo, durante as chuvas de maior intensidade, conduzindo-a para um reservatório estrategicamente estabelecido e sua posterior utilização nos cultivos implantados à jusante do barreiro.



Foto: Nilton Brito

**Figura 3.12** Barreiro para irrigação de salvação contendo áreas de captação e de plantio

O objetivo básico do barreiro para irrigação de salvação é fazer com que, mesmo nos anos críticos, o agricultor familiar tenha condições de assegurar pelo menos a estabilização de culturas alimentares visando ao suprimento da família; todavia, em anos de chuvas regulares o sistema pode permitir a obtenção de um segundo cultivo.

A seleção criteriosa das áreas e a construção adequada do barreiro são pré-requisitos básicos para a funcionalidade do sistema. Uma das limitações deste sistema é a inadequação das áreas nas pequenas propriedades. Em geral, em áreas de baixa precipitação o sistema exige uma área de captação em torno de 2 hectares para cada hectare cultivado. Por exemplo, conforme visto na Tabela 3.1, na maioria dos casos o déficit hídrico sofrido pelos cultivos apresentados foi inferior a 100 mm. Considerando um déficit de 100 mm em uma localidade com média de 500 mm anuais, o cálculo para a área de captação de uma área de plantio de 1 hectare, é o seguinte:

$$V = \frac{D \times A_p}{P}$$

sendo:

V - volume de água de chuva a ser captado, m<sup>3</sup>

D - déficit hídrico sofrido pela cultura, em m (0,1 m)

A<sub>p</sub> - área de plantio, em metros quadrados (10.000 m<sup>2</sup>)

P - coeficiente de perdas provocadas pela evaporação e infiltração (0,5)

Substituído,

$$V = \frac{0,10\text{m} \times 10.000\text{m}^2}{0,5} = 2.000\text{m}^3$$

Por sua vez:

$$AC = \frac{V}{P_m \times C}$$

em que:

AC - área de captação para barreiro em metros quadrados

P<sub>m</sub> - precipitação média anual, em metros = 0,5 m

C - coeficiente de escoamento superficial = 0,2

Substituindo,

$$AC = \frac{2.000\text{m}^3}{0,5\text{m} \times 0,2} = 20.000\text{m}^2 = 2,0\text{ha}$$

É importante lembrar que o coeficiente de escoamento superficial é muito variável e depende das características apresentadas pela área, tais como topografia, textura e cobertura. Algumas dessas características podem ser alteradas com a construção de sulcos de drenagem e modificação da superfície do solo com vegetação apropriada ou impermeabilização da mesma.

Uma das razões da baixa eficiência de aproveitamento da água dos açudes nas regiões semiáridas é causada pelas perdas excessivas, pela evaporação direta das superfícies líquidas expostas. Essas perdas são mais acentuadas no período compreendido entre os meses de novembro e fevereiro, quando a incidência da radiação solar é mais intensa. Para se ter uma idéia da magnitude deste potencial de perda, nos meses de junho/julho, a evaporação do tanque classe "A" em Petrolina, é da ordem de 4 a 5 mm dia<sup>-1</sup>. Nos meses de dezembro/janeiro este potencial varia de 12 a 14 mm dia<sup>-1</sup>, significando uma demanda de água pela atmosfera da ordem de 12 a 14 L dia<sup>-1</sup>, por metro quadrado de superfície líquida exposta. É bastante água que se perde. O efeito dessas perdas é mais significativo para os municípios nos quais as chuvas se iniciam nesses meses. Portanto, reduzir as perdas de água por evaporação é uma estratégia importante para incrementar, por mais tempo, o suprimento de água nos pequenos reservatórios.

Em princípio, parece fácil reduzir essas perdas, pois como a evaporação é um processo que ocorre em superfícies líquidas expostas aos fatores que a governam, principalmente a exposição direta a radiação solar, a simples cobertura do espelho de água parece ser a solução do problema, porém, a economicidade desta alternativa não tem demonstrado viabilidade.

Barros et al. (1981) e Porto et al. (1986), testaram alguns materiais com o objetivo de reduzir as perdas. Foram testados materiais, tais como: parafina, cera de carnaúba, compostos de vermiculita, placas de isopor, planta aquática (*Pistia stratiotes* L.) e esferas de argila. A Figura 3.13 apresenta alguns desses tratamentos em campo. Reduções superiores a 60% nas perdas por evaporação foram conseguidas. O tratamento mais eficiente foi a cobertura do espelho d'água, com folhas de isopor.



Figura 3.13 Tanque de evaporação classe "A" contendo alguns dos tratamentos testados para redução da evaporação

É relevante frisar que esses resultados foram conseguidos em parcelas constituídas de tanques classe "A"; no entanto, quando se partiu para trabalhar nos próprios barreiros, os resultados conseguidos sobre o controle das perdas por evaporação foram bem inferiores, cujo motivo é a dificuldade de se manter as folhas de isopor na superfície líquida. Em função das correntes de vento a tendência desse material é ir para as periferias do reservatório, expondo grandes áreas da superfície líquida reduzindo, portanto, sua eficiência.

Outra alternativa avaliada foi a de reduzir o espelho d'água através do conceito de Reservatórios em Compartimentos. Este conceito foi desenvolvido por Cluff (1977) e consiste em dividir o volume total de água a ser armazenado em vários compartimentos menores, desde que o volume dos compartimentos seja suficiente para compor o volume total desejado de água. Com o decorrer do tempo e à medida em que os volumes dos compartimentos forem sendo reduzidos, reabastecê-los com a retirada de água de um deles e assim sucessivamente, até o restante da água ocupar apenas um compartimento. A Figura 3.14 apresenta os dados com as perdas com a evaporação e o remanescente de água no reservatório para a divisão em vários compartimentos.

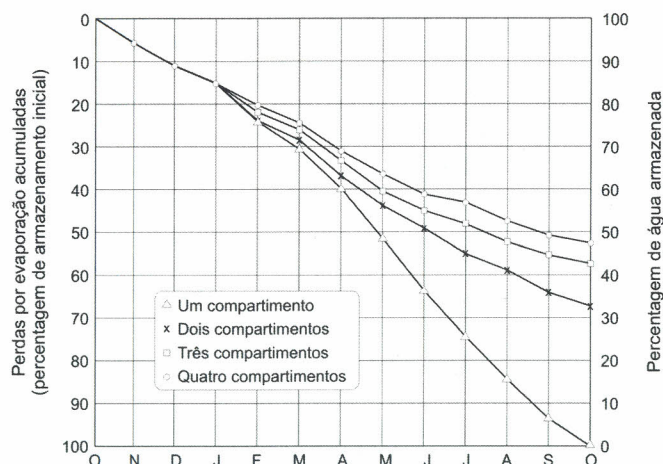


Figura 3.14 Porcentagem de água evaporada e acumulada, considerando-se o conceito de reservatório em compartimentos

### 3.5.3 Captação "in situ"

Este sistema segue a mesma lógica do barreiro para irrigação de salvação, com a vantagem de não requerer grandes áreas para captação; ele consiste em modificar a superfície natural do terreno, de modo a formar um ou mais planos inclinados que induzam à formação do escoamento superficial e o conduza diretamente para a área na qual se encontra o sistema radicular da planta. Em outras palavras, a captação de água de chuva "in situ" consiste na formação sucessiva de sulcos e camalhões ou na

formação de pequenas bacias ou faixas escavadas ao redor da planta, os últimos mais utilizados para plantio de árvores ou arbustos.

Em uma classificação geral, a captação "in situ" pode ser agrupada em função do ciclo do cultivo: anual e perene. As Figuras 3.15 e 3.16 apresentam, respectivamente, um sistema de captação "in situ" para cultivos anuais e outro para cultivos perenes.



Figura 3.15 Sistema de captação de água de chuva "in situ" para cultivos anuais

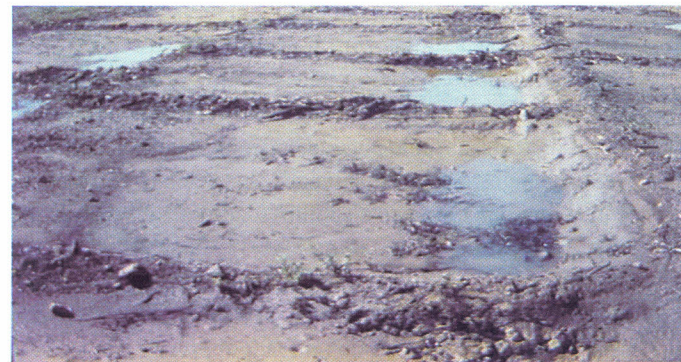


Figura 3.16 Sistema captação de água de chuva "in situ" para cultivos perenes

Na implantação de um sistema de captação "in situ" a definição do método vai depender de fatores que vão desde o tamanho da área a ser cultivada, do tipo de cultivo, da topografia, das condições pluviométricas, da disponibilidade de equipamento, da mão-de-obra disponível e, principalmente, da capacidade de armazenamento de água do perfil de solo. De nada adiantará provocar a produção de um excedente de escoamento superficial se o perfil do solo não tiver condições de

infiltrá-lo e mantê-lo no interior do solo. Portanto, o objetivo da captação “*in situ*” consiste em produzir e armazenar, no solo, a maior parte da chuva que cai, proporcionando às plantas um período mais longo de umidade disponível em seu sistema radicular.

No semiárido brasileiro a prática da agricultura tradicional proporcionou condições para um desgaste contínuo do solo. Este sistema provocou redução do nível de matéria orgânica do solo, desestabilização de agregados e, sobretudo, degradação da estrutura do solo, com reflexo na redução da taxa de infiltração de água. O resultado dessas alterações se manifesta em processos de erosão, com perdas de solo, reduzindo a profundidade do seu perfil e, em contrapartida, reduzindo a capacidade de armazenamento de umidade.

Portanto, um dos pontos significativos a ser observado quando do planejamento da catação “*in situ*”, é avaliar o potencial da lâmina de água disponível que o perfil de solo poderá armazenar. Esta lâmina poderá ser calculada com a seguinte fórmula:

$$LAD = \frac{Ad \times Da \times Pe}{100}$$

onde:

LAD - lâmina de água disponível, em cm m<sup>-1</sup>

Ad - Água disponível, em %

Da - densidade aparente, em g cm<sup>-3</sup>

Pe - profundidade efetiva do sistema radicular, em m

Por sua vez, a água disponível que o solo é capaz de armazenar depende da capacidade de campo (CC) e do ponto de murcha (PM). A capacidade de campo se refere à quantidade de água que um solo pode reter depois do movimento gravitacional cessar. Do ponto de vista agrônomo, o conteúdo de umidade do solo à capacidade de campo representa o limite máximo de disponibilidade de água para as plantas; essa constante de umidade é definida a uma tensão de 0,33 Bars.

O ponto de murcha permanente diz respeito ao conteúdo de umidade do solo no qual as plantas murcham permanentemente, ou seja, as plantas não têm condições de recuperação; para a planta, tal conteúdo de umidade representa o limite mínimo de umidade disponível e é definido a uma tensão de 15 Bars.

A água disponível é definida por:

$$Ad = CC - PM$$

A densidade aparente se refere ao peso de um volume de solo com sua estrutura natural. A relação entre o peso do solo com sua estrutura natural e o volume que este ocupa, se expressa pela fórmula:

$$Da = \frac{Ps}{Vt}$$

sendo:

Ps - peso solo seco

Vt - volume total (solo seco + espaço vazio)

A profundidade efetiva (Pe), diz respeito à porção do perfil do solo livre de qualquer estratificação que impeça o desenvolvimento normal do sistema radicular do cultivo.

Na instalação de cultivos utilizando-se técnicas de captação de água de chuva “*in situ*”, a definição do método vai depender de vários fatores, como já mencionados; no entanto, os processos de construção em cultivos anuais ou perenes são diferentes porém é oportuno ressaltar que a captação “*in situ*” é mais eficiente que outros sistemas de captação de água de chuva para fins de produção agrícola, pelos seguintes aspectos:

- as perdas de água são minimizadas em função das curtas distâncias percorridas pelo fluxo de água no solo;
- produz escoamento superficial, mesmo com chuvas finas de baixa intensidade; para sistemas mais complexos isto não seria possível;
- requer baixo investimento, por não exigir a construção de canais, condutos, terraços ou mesmo nivelamento de terra;
- pode ser construído em condições variáveis de topografia do terreno.

### 3.5.4 Barragem subterrânea

Barragens subterrâneas são reservatórios geralmente construídos no leito de rios e riachos, para armazenamento de água no interior do solo, visando à exploração agrícola ou do fornecimento de água para o consumo humano ou animal. O armazenamento de água se dá através do fluxo superficial e subterrâneo em um aquífero pré-existente ou criado com a construção de parede, também conhecida como septo impermeável. Esta parede pode ser construída com argila compactada, alvenaria, concreto ou lona plástica, à mercê das condições locais do produtor e da disponibilidade de materiais.

Os primeiros trabalhos visando ao uso desta técnica para o aproveitamento da água subterrânea, de que se tem notícia, foram realizados em Santo Antonio, na Califórnia, por volta de 1895 (Tigre, 1949). No Nordeste brasileiro a construção de barragens subterrâneas, principalmente no polígono das secas, data do século passado, tendo ênfase a partir de 1935, com um projeto da Inspetoria de Obras Contra as Secas, para a construção de barragens subterrâneas; no entanto, esta tecnologia passou a ser mais conhecida nesta região a partir de 1954, quando se instalou a Missão de Hidrogeologia para o Nordeste, da UNESCO, que passou a divulgar a barragem subterrânea com uma tecnologia apropriada para as condições do semiárido brasileiro (IPT, 1981).

A partir dos anos 60, com a influência do programa da UNESCO a barragem subterrânea passou a ter mais atenção por parte dos pesquisadores e das instituições envolvidas com a seca na região. Em 1965, a construção de uma barragem subterrânea no leito do Rio Trici, no Ceará, pelo então DNOCS, com o objetivo de suprir o abastecimento de água para a população do município de Tauá, CE, teve muita influência nos estudos e pesquisas posteriores sobre esta tecnologia (IPT, 1981).

Silva et al. (1992), realizaram levantamentos sobre barragens subterrâneas na região do Seridó, RN, e encontraram barragens a nível de produtor, construídas na década de 20, usando-se materiais da própria região (pedra + cal, barro batido, alvenaria). Nessas barragens eram exploradas principalmente culturas forrageiras além de arroz, batata doce, feijão e milho, no sistema de exploração semelhante ao de agricultura de vazante.

No início da década de 80 a Embrapa Semiárido iniciou pesquisas com barragens subterrâneas, visando avaliar o desempenho de algumas culturas e introduzir outros materiais, tais como lonas plásticas e PVC, na construção do septo impermeável pois até então se utilizavam pedras rejuntadas, argamassa de cimento e areia, núcleos de argila compactada ou tijolo com argamassa de cimento e cal.

Uma barragem subterrânea é composta de: área de captação, também considerada área de plantio, parede da barragem, que barra o fluxo superficial para que ocorra a infiltração no perfil do solo, e septo impermeável, que propicia a formação ou elevação do nível do lençol freático, provocando a descontinuidade do fluxo na direção horizontal. A Figura 3.17 mostra uma vista de uma barragem subterrânea com seus componentes.

#### 3.5.4.1 Critérios para seleção da área

Quando se planeja a construção de uma barragem subterrânea é necessário ter em mente que o próprio perfil de solo é um grande reservatório produzido pela natureza



Foto: Carlos A. Silva

**Figura 3.17** Vista de uma barragem subterrânea apresentando detalhe da área de plantio

e que, à medida em que este reservatório reduz sua capacidade em determinado local tendo como causa a erosão hídrica, outro perfil, em outro local, será ampliado em função da deposição dos sedimentos detríticos carreados por este mesmo processo erosivo. Esses perfis assim desenvolvidos, são denominados aluviais.

A composição dos depósitos aluviais é muito irregular, indo de seixos e areia grossa até siltes e argilas, a depender da textura do material existente nas áreas com altitudes mais elevadas. Da mesma forma se comporta a espessura do perfil de solo formado, indo de alguns centímetros a alguns metros. Para se ter bom aproveitamento da barragem subterrânea, é necessário que se busquem espessuras de perfis com pelo menos 1,0 m de profundidade.

A qualidade da água é outro critério a ser levado em consideração. É conveniente que tenha baixa salinidade, pois a concepção da barragem subterrânea pode levar a uma provável salinização mas, que para isto seja possível, tomam-se precauções eficientes. A avaliação da qualidade da água pode ser feita com condutivímetros portáteis, a partir de cacimbas existentes; caso não existam cacimbas na área, a informação de moradores do local é valiosa, o aspecto do terreno e a vegetação também podem ser indicativos da existência de problemas de salinidade no terreno.

Outro critério que também deve ser observado, é a declividade do eixo da linha de drenagem ou do riacho para onde o fluxo superficial irá fluir. A declividade deverá ser a menor possível para que a água armazenada possa se estender por uma distância maior.

Finalmente, é importante que, ao final das avaliações para a locação da barragem subterrânea, seja feita uma estimativa do seu potencial para armazenamento de água. O principal dado para esta avaliação é o conhecimento da extensão, da largura e da espessura do aluvião do local selecionado.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região semiárida brasileira é constituída por um aglomerado de unidades de produção com diferentes características, no que diz respeito a solo, relevo, clima, vegetação, potencial hídrico e sistemas de produção e fundiário. Mesmo tendo essa região uma das maiores médias anuais de precipitação pluviométrica dentre as regiões semiárida do mundo, as áreas de sequeiro vivem em permanente estado de emergência, independente do desempenho das chuvas. Na verdade, nas caatingas cada vez menos os solos e a vegetação têm condições de suportar o esforço físico e biológico resultante da ação do homem, em busca da sobrevivência.

A deterioração das condições ambientais na região que, em alguns casos, já inclui processo de desertificação, tem como parte de sua origem a falta do conhecimento, por parte da população, sobre as potencialidades e limitações que possui o semiárido brasileiro. Não obstante, esta região tem muito a oferecer, desde que seus recursos naturais sejam utilizados racionalmente.

A criação desta consciência deve ser trabalhada, transmitida e convivida, aliada a uma política de desenvolvimento rural sustentável que conduza a população a uma

reestruturação das suas atividades e demais atribuições, em função do potencial e limitação que o ecossistema oferece. Ingredientes para isto já se tem, pois é significativa a quantidade de informações geradas pelos institutos de pesquisa, universidades, órgão de fomento e organizações não governamentais sobre as potencialidades do trópico semiárido brasileiro e as tecnologias apropriadas para uma convivência harmoniosa das comunidades com o meio, compreendendo o variado ambiente semiárido, identificando os diversos elementos que interferem na sua sustentabilidade, de modo a estabelecer soluções fundamentadas na regularidade do fornecimento da água e obtenção de produtividade crescente por gota de água disponível. Portanto, como afirma Rebouças (2002), “é muito mais importante saber usar a gota de água disponível do que ostentar sua escassez”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco do Nordeste do Brasil. Proposta de dimensionamento do semiárido brasileiro. Fortaleza, 2005. 107p.
- Barros, L. C. G.; Porto, E. R.; Souza, O. Efeitos da cobertura de açudes na evaporação da água armazenada. In: Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 4., 1981, Fortaleza. Anais... Fortaleza: DNOS, 1981. p. 344-350.
- Brito, L. T. de L.; Porto, E. R.; Silva, D. F. da; Holanda Júnior, E. V. de; Cavalcanti, N. de B. Água de chuva para consumo animal: Estudo de caso com caprinos. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5., 2005, Teresina... Anais... Teresina: ABCMAC; Governo do Estado do Piauí: Embrapa Semiárido: IRPAA, ASA, 2005. 1 CD-ROM
- Cluff, C. B. The Compartment reservoir, a method of efficient water storage. Fort Collins. Colorado U.S.A, 1977. 149p. Doctoral Thesis
- Duque, G. O Nordeste e as lavouras xerófilas. Fortaleza. Banco do Nordeste, 2004. 329p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1999. 412p.
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Redimensionamento da região semi-árida do Nordeste do Brasil. Fortaleza, 1993. 112p.
- Garagorry, F. L.; Porto, E. R. Agroclimatic modeling as research tool in Brazil. In: Cusack, D.F. (ed.). Agroclimatic information for development (reviewing the green revolution). Boulder, Colorado: Westview Press, 1983. p. 229-237.
- Hargreaves, G. H.; Christiansen, J. E. Production as a function of moisture availability. Logan: Utah State University, 1973. 18p.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Levantamento das potencialidades para implantação de barragens subterrâneas no Nordeste brasileiro: Bacias dos Rios Piranhas-Açu (RN) e Jaguaribe (CE). São Paulo, 56 p. il. IPT. Relatório, 14887, 1987.

- Porto, E. R.; Amorim Neto, M. da S.; Silva, D. F. da. Utilização de materiais flutuantes no controle da evaporação no Trópico Semiárido (TSA). Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.21, n.1, p.1-7, 1986.
- Porto, E. R.; Garagorry, F. L.; Moita, A. W.; Silva, A. de S. Risco climático: Estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio. I. Culturado feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 129p. Documentos, 23
- Rebouças, A. da C. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas. Revista Águas Subterrâneas. [S.I.], n.16, p.21-29, 2002.
- Rebouças, A. C.; Marinho, M. E. Hidrologia das secas: Nordeste do Brasil. Recife: SUDENE, 1972. 126p. SUDENE Hidrologia, 40
- Sá, I. B.; Sá, I. I. da S.; Silva, D. F. da. Geotecnologias conciliando preservação ambiental e fortalecimento das atividades produtivas na região do Araripe-PE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. 1 CD-ROM.
- SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Plano de aproveitamento integrado de recursos hídricos do Nordeste do Brasil: Estudos climatológicos. v.2. 130p. Recife, 1980.
- Tigre, B. Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento d'água. Anais do Instituto do Nordeste, n.1, p.13-29. 1949.