



# CLIMA E ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO

Magna Soelma Beserra de Moura

Josiclêda Domiciano Galvêncio

Luiza Teixeira de Lima Brito

Luciana Sandra Bastos de Souza

Ivan Ighour Silva Sá

Thieres George Freire da Silva

2

## Introdução

A região Nordeste, com 1,56 milhão de km<sup>2</sup> (18,2% do território nacional), contém a maior parte do Semi-Árido brasileiro, o qual é formado por um conjunto de espaços que se caracterizam pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2800 h ano<sup>-1</sup>, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2.000 mm ano<sup>-1</sup> e umidade relativa do ar média em torno de 50%.



Fig. 2.1. Mapa do Nordeste com a localização do Semi-Árido.

Caracteristicamente, o Semi-Árido apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período, em média, de três meses, apresentando reservas de água insuficientes em seus mananciais.

O Semi-Árido brasileiro ocupa uma superfície de 969.589,4 km<sup>2</sup>, sendo a maior área na região Nordeste e parte no norte de Minas Gerais (Fig. 2.1), localizando-se na porção central da região, tendo seus limites contornados por áreas sub-úmidas, exceto na porção setentrional, que tem sido delimitada pela isoieta de 800 mm.

Segundo informações contidas no Dossiê Nordeste Seco (Nordeste, 1999), o Semi-Árido brasileiro é a área semi-árida mais povoada do mundo e, em função das adversidades climáticas, associadas a outros fatores históricos, geográficos e políticos, que remontam centenas de anos, abriga a parcela mais pobre da população brasileira, com ocorrência de graves problemas sociais.

Em consequência do comportamento das chuvas no Semi-Árido e da reduzida capacidade de retenção de água na maioria dos solos (Jacomine, 1996), grande parte da população é altamente dependente da água de chuva, de sua captação e de seu armazenamento, uma vez que os rios apresentam regime temporário, com exceção do rio São Francisco, que se destaca em meio à grande área seca (Fig. 2.1).

O clima constitui a característica mais importante do Semi-Árido, principalmente devido à ocorrência das secas estacionais e periódicas (Mendes, 1997), que determinam o sucesso da atividade agrícola e pecuária e a sobrevivência das famílias. Assim, o presente Capítulo contém as características climáticas do Semi-Árido, com ênfase na variabilidade das precipitações pluviométricas e do balanço hídrico. São apresentados técnicas e instrumentos de medida da chuvas e da evaporação, bem como um estudo de caso sobre a variabilidade espacial da precipitação anual e sua influência sobre a necessidade e o tamanho da área de captação de água de chuva para o estado de Pernambuco.

## Descrição Climática

Segundo Varejão-Silva (2006), clima e tempo apresentam as seguintes definições:

O CLIMA é definido pelo conjunto de fenômenos meteorológicos, como a chuva, a temperatura, a pressão atmosférica, a umi-

dade do ar e os ventos que caracterizam uma região. O CLIMA de um local só é definido após vários anos de observações.

O TEMPO é a combinação passageira dos elementos do clima, ou seja, é o conjunto de condições atmosféricas que atua em um dado instante sobre um determinado local. O TEMPO pode variar de acordo com o dia e as influências que a atmosfera está sofrendo.

O clima do Semi-Árido brasileiro é pouco diversificado, mesmo considerando a sua grande extensão territorial. Os aspectos de relevo definem alguns locais com maiores altitudes, e, conseqüentemente, microclimas específicos, além disso, a proximidade com o oceano, em alguns locais, resulta na influência das frentes frias e maiores índices pluviométricos.

## Precipitação pluviométrica

A marcante variabilidade interanual da pluviometria, associada aos baixos valores totais anuais pluviométricos sobre a região Nordeste do Brasil, é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas”, caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico sazonal durante o período chuvoso. A variabilidade interanual da pluviometria nesta região está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico (Hastenrath, 1984; citados por Nobre e Melo, 2001).

Esta variabilidade é mostrada na Fig. 2.2, onde se observa que no litoral leste, as chuvas são superiores a 1.000 mm e, à medida que se vai adentrando no Semi-Árido, passando pela zona Agreste e se dirigindo para o Sertão, as precipitações diminuem e alcançam valores médios inferiores a 500 mm anuais.

Percebe-se que há algumas regiões centrais que apresentam valores mais elevados de precipitação, próximos a 1500 mm. Estas áreas são microclimas específicos, que ocorrem devido à presença de serras e montanhas, como na Chapada Diamantina – BA, parte oeste da Paraíba e centro-norte de Pernambuco.

Na Fig. 2.3, é apresentada a distribuição mensal da precipitação para o Nordeste do Brasil. Observa-se que há uma predominância do período chuvoso no verão, entre os meses de dezembro e abril, em quase toda

área semi-árida. Nas regiões que compreendem o sul do Piauí, e o extremo-oeste de Pernambuco a estação chuvosa tem início nos meses de novembro e dezembro.

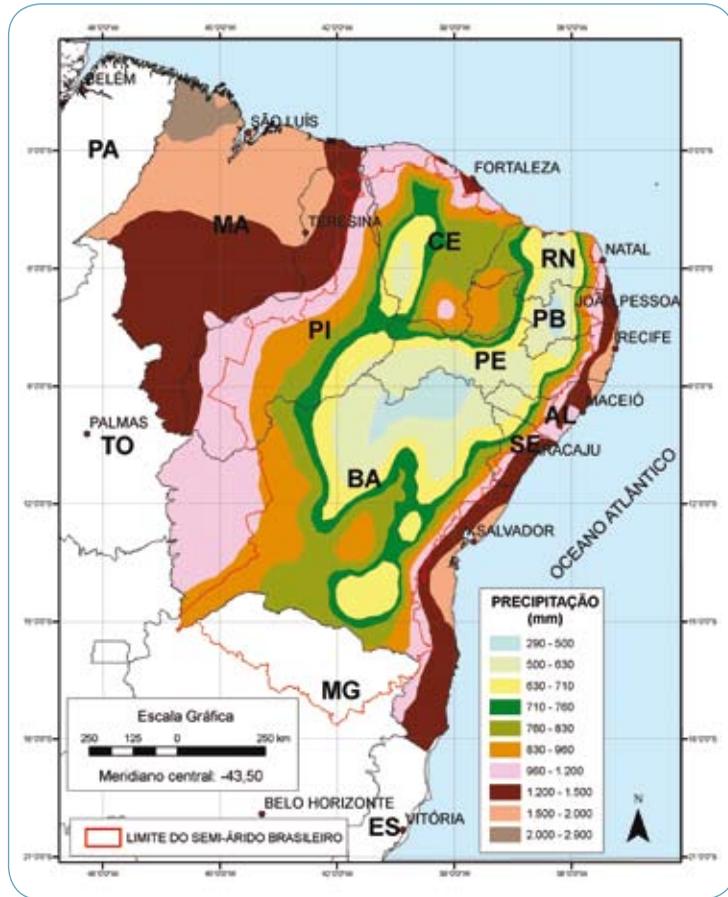


Fig. 2.2. Climatologia da precipitação anual da Região Nordeste do Brasil.

A climatologia das chuvas no Semi-Árido nordestino é muito estudada. Do ponto de vista meteorológico, uma condição de seca, definida por Magalhães e Glantz (1992), é caracterizada por acentuada redução dos totais pluviométricos anuais; enquanto que uma “grande seca” ocorre quando os totais anuais de chuvas não atingem 50% das normais climatológicas para uma fração significativa, em torno da metade da área semi-árida do Nordeste. No entanto, mesmo em

anos nos quais os totais pluviométricos são próximos à média histórica, a distribuição temporal das chuvas durante a estação chuvosa pode afetar substancialmente os recursos hídricos, a agricultura e a pecuária. Por exemplo, quando a pluviometria diária é bem distribuída temporalmente, resulta em pouco escoamento superficial e, con-

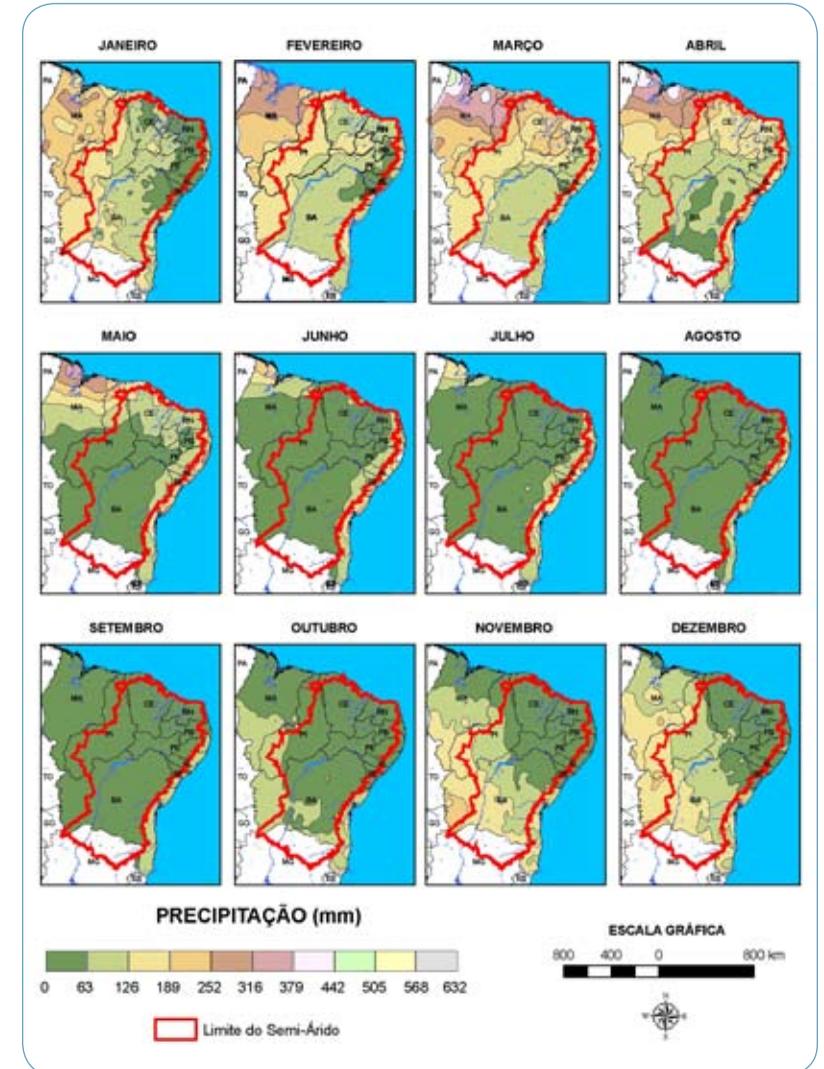


Fig. 2.3. Climatologia da precipitação mensal da região Nordeste do Brasil.

seqüentemente, a quantidade de água precipitada não possibilita o enchimento dos reservatórios. No que se refere à agricultura e à pecuária, mesmo em anos em que o total de chuva é próximo à média, podem ocorrer períodos de estiagem prolongados, que se intercalam com episódios de chuvas mais intensas, ocasionando a “seca verde”. Assim, para caracterizar a qualidade da estação chuvosa, de forma a contemplar uma maior diversidade de condições hidrometeorológicas, há que se considerar não somente os totais sazonais de chuvas, mas também e, principalmente, sua variabilidade temporal em escala intra-sazonal (Nobre e Melo, 2001).

## Como medir a precipitação?

A medida da precipitação permite a obtenção de parâmetros quantitativos sobre a chuva. Somente olhando para a chuva, pode-se distinguir quando ela é forte ou fraca, mas essa avaliação é totalmente subjetiva, e uma mesma chuva pode ser avaliada por diferentes pessoas ao mesmo tempo, resultando em discordâncias quanto à intensidade de um mesmo evento de chuva.

A intensidade das chuvas relaciona a lâmina de água precipitada em um determinado tempo. A importância de se conhecer a intensidade das chuvas está relacionada com o escoamento superficial, inundações, encharcamento do solo, etc.

A precipitação é medida por meio de instrumentos chamados pluviômetros ou pluviógrafos. As medidas são realizadas em postos pluviométricos ou estações meteorológicas distribuídas pelo país, região, estados e municípios. As observações de chuvas são realizadas diariamente e os dados enviados aos laboratórios de meteorologia estaduais e institutos de pesquisa, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Nesses centros, são realizadas análises da distribuição das chuvas e previsão de tempo e clima.

Mas qualquer pessoa pode fabricar seu próprio medidor de chuva, ou seja, seu próprio pluviômetro. Para isso, basta ter uma lata, por exemplo, de leite em pó, uma régua milimetrada começando do

zero ou uma trena, e uma estaca de madeira bem firme. A estaca deve ser presa ao solo, e sua extremidade deve situar-se a 1,5 metros da superfície. O medidor de chuva deve ser instalado longe das casas, postes, árvores ou quaisquer obstáculos que possam impedir ou favorecer a entrada da chuva no pluviômetro. Deve-se pegar a “lata de leite” e retirar toda a tampa, deixando a borda bem fina para coletar toda chuva. Feito isso, a lata deve ser presa na lateral da estaca de madeira, com o cuidado de deixá-la nivelada. Após cada chuva, deve-se realizar a medida do nível de água acumulada dentro da lata usando a régua (Fig. 2.4). A quantidade de chuva, em milímetros, é o número até onde a régua foi marcada pela água contida dentro da latinha, por exemplo, 20,0 mm. O valor da precipitação deve ser anotado em uma tabela (Tabela 2.1), apresentada no modelo a seguir, ou em um calendário, no dia do mês correspondente à ocorrência da chuva. Para saber a intensidade da precipitação, deve-se anotar o horário de início e de final de cada evento de precipitação.

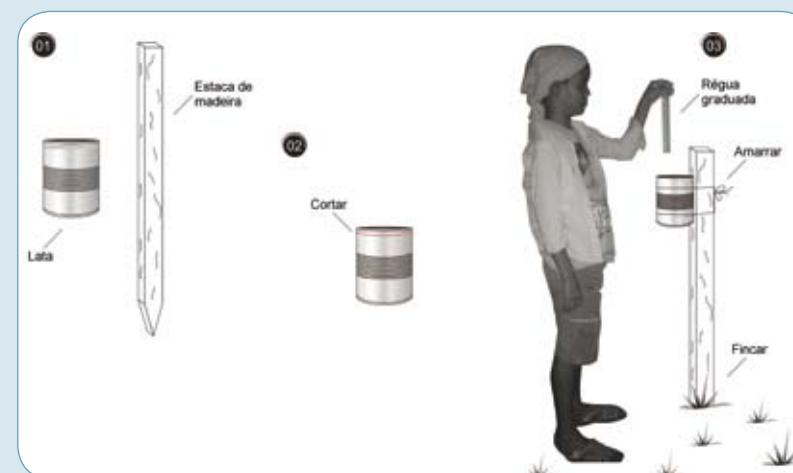


Fig. 2.4. Desenho esquemático da fabricação e instalação do pluviômetro caseiro e da medida da chuva.

Há períodos de maior e menor precipitação. Para se saber como se comporta a distribuição de chuvas ao longo do ano, devem-se acumular as medidas diárias até compor uma tabela anual do total diário de precipitação. Essa técnica se constitui em uma alternativa simples e barata de medir e registrar a chuva.

Tabela 2.1. Modelo de tabela com as anotações da precipitação pluviométrica ocorrida em Bebedouro, Petrolina – PE, no ano de 2005.

Mês Dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	4,4	0,1	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,6	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	12,2	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4
10	0,0	0,0	0,0	0,0	33,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,3	0,0	7,6	1,1	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,4	17,8	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,1	3,1	0,2	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	29,3	1,8	0,0	0,0	33,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	1,9	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	3,1	4,8	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0
27	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	0,0
29	0,0		0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0
30	28,1		33,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	8,8		3,5		0,0		0,0	0,0		0,0		0,0
<b>Total</b>	<b>78,4</b>	<b>80,1</b>	<b>101,8</b>	<b>31,9</b>	<b>55,8</b>	<b>40,0</b>	<b>2,6</b>	<b>6,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>35,4</b>	<b>28,8</b>

## Evaporação

As altas taxas de evaporação que ocorrem em superfícies livres de água representam uma perda significativa na disponibilidade hídrica de uma região. O conhecimento das perdas por evaporação é a base para se determinar o volume potencial de água disponível, cuja informação é de suma importância no planejamento de políticas de manejo dos recursos hídricos da região.

O Semi-Árido brasileiro possui cerca de 70 mil açudes de pequeno porte, os quais são caracterizados por volumes entre 10.000 e 200.000 m<sup>3</sup> e representam 80% dos corpos d'água nos estados do Nordeste. Os açudes também apresentam restrições relativas à qualidade da água, principalmente devido à salinização, o que gera prejuízo às culturas e aos terrenos à jusante, além de comprometer o consumo humano e outros usos da água. Estima-se que um terço dos açudes do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) apresente esse problema em seus perímetros irrigados (Suassuna, 2002).

Esse quadro é agravado, ainda, pelo fenômeno da evaporação, que provoca perdas significativas de água, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos. A evaporação varia de 1000 mm ano<sup>-1</sup> no litoral da Bahia e Pernambuco, atingindo 2000 mm ano<sup>-1</sup> no interior, sendo que na área de Petrolina – PE, pode chegar a 3000 mm ano<sup>-1</sup> (IICA, 2002). Esses dados estão confirmados por Molle (1989) em pesquisas realizadas com base em dados de 11 postos distribuídos no Semi-Árido e séries históricas variando entre 8 e 25 anos, em que a evaporação média anual medida em tanque classe "A" aproximou-se de 3,0 m, variando entre 2.700 a 3.300 mm, sendo que os valores mais elevados ocorrem nos meses de outubro a dezembro e mínimos de abril a junho.

O Semi-Árido necessita de investigações criteriosas do balanço hídrico para que os açudes cumpram a função para a qual foram projetados. Segundo o Projeto Áridas (IICA, 2002), açudes foram construídos sem planejamento e critérios de dimensionamento adequados, gerando o não sangramento de inúmeros desses aproveitamentos e, conseqüente problema com a qualidade da água que

não se renova anualmente, apenas evapora, aumentando a concentração de sólidos dissolvidos totais que representam a salinidade da água. Isso é fruto da cultura local que considera o vertimento como perda de água.

O déficit hídrico no Semi-Árido é visto, quase sempre, sob o seu aspecto quantitativo, sem analisar a qualidade da água disponível. Esta visão conduz a “soluções” que priorizam a acumulação de água, como se a presença deste bem fosse suficiente para dirimir todos os problemas causados pela sua escassez. Neste contexto, o gerenciamento dos recursos hídricos não deve ser realizado dissociando os aspectos quantitativos e qualitativos, para permitir uma visão ampla e conduzir a soluções apropriadas. O processo de salinização que ocorre em corpos d’água pode ter como origem razões geológicas milenares ou ações antrópicas recentes. Os aspectos abordados no Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), apresentados no Capítulo 1, assim como a orientação de medidas preventivas para assegurar a qualidade da água devem considerar esse fenômeno (evaporação) como demanda de água a ser computada e gerenciada de forma a cumprir os preceitos de vazão ecológica e prevenção em relação à degradação ambiental.

Outro aspecto é a quantidade de açudes construídos em uma mesma bacia hidrográfica, podendo acarretar a sua exaustão hídrica e, como consequência direta, a criação de espelhos d’água sujeitos à evaporação. Uma avaliação importante para a gestão das águas é a comparação entre a eficiência dos pequenos e grandes lagos quanto às perdas por evaporação para dar subsídio à escolha do tamanho adequado do reservatório a ser construído.

Essa questão é abordada por Campos (2002) na análise da influência da evaporação em 40 reservatórios superficiais no estado do Ceará. Os resultados desse estudo mostram que os grandes reservatórios apresentaram uma evaporação média de 7% do volume médio afluente anual, enquanto que os pequenos apresentaram 18%. Desse modo, o autor concluiu que existe uma tendência de os grandes açudes serem mais eficientes que os pequenos.

## Como medir a evaporação?

Para determinar a evaporação de um reservatório, grande importância deve ser dada à escolha do método. Em estudo comparativo entre métodos para se estimar a evaporação, Souza (1998) mostra que os resultados variam de 26% a 36% entre os métodos usualmente utilizados. Isso destaca as incertezas que estão sendo embutidas nas estimativas desse fenômeno.

Dentre os métodos mais utilizados para medir a evaporação se destaca o do tanque classe A (Fig. 2.5). O tanque de evaporação classe “A” é um depósito circular com 120,7 cm de diâmetro e 25,0 cm de profundidade, geralmente construído de ferro galvanizado, e instalado sobre um estrado de madeira, com 15,0 cm de altura. Deve-se encher o tanque com água, e o nível ser mantido entre 5,0 e 7,5 cm da borda.

As leituras são realizadas diariamente pela manhã ao mesmo tempo em que a precipitação pluviométrica é medida. As medições são feitas com um micrômetro, dentro de um poço tranqüilizador situado próximo da borda. À medida que a água evapora, o nível de água no tanque baixa, fornecendo a altura de água evaporada. Em dias em que há a ocorrência de chuvas, deve-se medir a chuva, e somá-la ao valor medido da coluna de água do tanque no dia da ocorrência da mesma. No dia seguinte após o término da chuva, mede-se o valor da coluna de água no tanque, a diferença entre o somatório e o valor da coluna é a evaporação.

Os altos custos que implicam na aquisição desse equipamento tornam limitada a sua utilização por parte dos pequenos produtores. Uma maneira de contornar essa situação é a utilização de métodos alternativos por meio dos quais cada produtor pode fabricar seu próprio tanque. Lima e Costa Filho (2001) testaram tanques alternativos para medir a evaporação, e encontraram boas correlações entre os dados medidos pelo tanque classe “A” e os obtidos pelos tanques alternativos. Pode-se construir um tanque reduzido com a utilização de materiais simples, para tanto é necessário um tambor de ferro, uma régua graduada em milímetros (começando do zero) e um estrado construído em madeira na altura de 15,0 cm. O procedimento adotado implica em um corte transversal do tambor na altura de 30,0 cm (Fig. 2.6). Coloca-se o estrado de madeira sobre o solo nivelado, e sobre o mesmo instala-se o tanque. Deve-se verificar seu nivelamento e

enchê-lo com água. Para medir a evaporação, coloca-se uma régua graduada (começando do zero) dentro do tanque alternativo e efetua-se a leitura. O volume evaporado é obtido por meio da subtração entre os valores da leitura do dia anterior e do dia da medida. Os valores registrados podem ser anotados em uma tabela com modelo semelhante ao apresentado na Tabela 2.1 para precipitação, possibilitando a obtenção de valores da evaporação diária, mensal e anual e valores médios. Embora, não tenham sido realizados testes para comprovar a eficiência da utilização desse método nas condições do Semi-Árido nordestino, verificou-se por meio da literatura, que existe uma boa correlação entre o tanque classe "A" e modelos de tanque reduzido, o que sugere a sua utilização, pois além de eficiente, apresenta menor custo e fácil manejo pelos agricultores (Lima e Costa Filho, 2001).

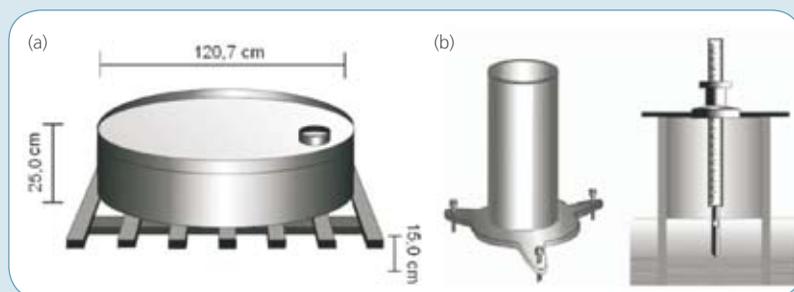


Fig. 2.5. Tanque classe "A" (a), poço tranquilizador e parafuso micrométrico(b), utilizados na medição da evaporação.

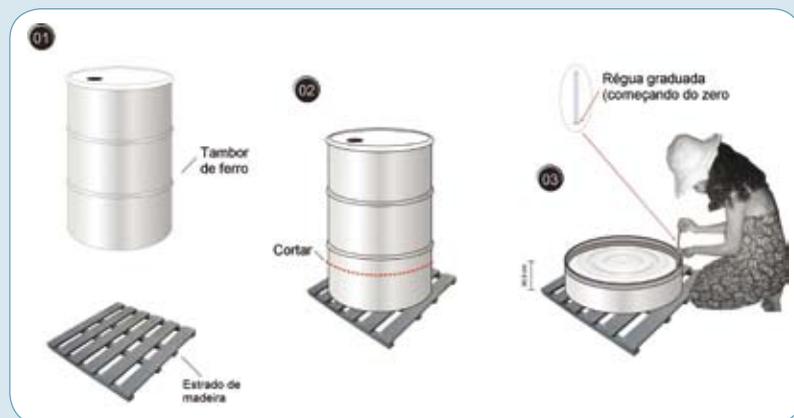


Fig. 2.6. Esquema de fabricação do tanque reduzido e medição da evaporação.

## Estudos de Caso

### Aspectos climáticos de Petrolina-PE

O município de Petrolina-PE está situado na Depressão Sertaneja (Silva, 2000), mais especificamente no Submédio São Francisco, integrando um importante pólo da fruticultura nacional. Apesar de extensas áreas irrigadas, a maioria da população rural é fortemente dependente da água de chuva, tanto para o consumo humano como para produção agropecuária. Assim, estudos sobre as condições climáticas são importantes instrumentos para o sucesso da agropecuária e para um melhor conhecimento do regime hídrico e térmico da região.



As informações meteorológicas utilizadas nesse estudo foram obtidas no período de 1965 a 2005, na Estação Meteorológica de Bebedouro (09°09'S; 40°22'O; 365,5m), localizada no Campo Experimental da Embrapa Semi-Árido (Fig. 2.7). Estas observações foram medidas de acordo com padrões internacionais, recomendados pela Organização Meteorológica Mundial - OMM.

Fig. 2.7. Estação Meteorológica de Bebedouro, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE.

Na Tabela 2.2, são apresentados os dados médios mensais da umidade relativa do ar, temperatura do ar (média, máxima e mínima), totais de evaporação e de precipitação observados na Estação Meteorológica de Bebedouro, Petrolina-PE. A precipitação pluviométrica é o elemento meteorológico de maior variabilidade espacial e temporal (Tabela 2.2 e Fig. 2.8). Nos últimos 41 anos, a precipitação total anual média foi 557,7 mm e o período chuvoso concentrou-se entre os meses de novembro e abril, com 89,6% do total anual precipitado, enquanto que os meses de janeiro e abril contribuem com 68,3%. Março é o mês que apresenta maior precipitação média (133,7 mm), enquanto que em agosto o total médio de chuva é de 4,0 mm.

Tabela 2.2. Valores médios mensais e anual da umidade relativa do ar (UR, %), temperatura do ar média (T Med, °C), máxima (T Max, °C) e mínima (T Min, °C) e totais mensais e anuais da evaporação do tanque Classe A (E, mm) e da precipitação (P, mm), observados na Estação Meteorológica de Bebedouro, Petrolina-PE, durante o período de 1965 a 2005.

Meses	UR (%)	T Med (°C)	T Max (°C)	T Min (°C)	E (mm)	P (mm)
Janeiro	67,1	26,9	32,5	21,5	221,6	87,0
Fevereiro	68,0	26,8	32,4	21,6	192,9	80,4
Março	71,4	26,4	31,9	21,5	196,2	133,7
Abril	72,6	26,2	31,4	21,1	181,4	79,9
Mai	69,9	25,5	30,8	20,1	182,1	21,0
Junho	68,7	24,5	29,9	18,8	176,5	12,2
Julho	66,0	24,1	29,6	18,1	200,1	8,1
Agosto	60,8	24,9	30,9	18,4	244,2	4,0
Setembro	56,8	26,5	32,7	19,8	266,3	4,9
Outubro	54,4	27,9	34,0	21,2	298,7	10,1
Novembro	57,7	28,1	33,9	22,0	263,8	47,2
Dezembro	63,1	27,5	33,2	21,8	235,2	71,6
Anual	64,7	26,3	31,9	20,5	2659,0	557,7

Na Fig. 2.8, observa-se que há anos em que a precipitação total foi acima da média, como em 1985, com valor igual a 1.023,5 mm. Este ano foi marcado por chuvas elevadas durante praticamente todos os meses do ano, e a quadra chuvosa (de janeiro a abril) apresentou um total de 682,7 mm. Ainda nesse ano, os meses de novembro e dezembro foram marcados por totais pluviométricos elevados, com 86,4 mm e 135,4 mm, respectivamente. Na Fig. 2.8, observa-se, também, que há anos em que ocorreram secas intensas, como em 1993, quando o total pluviométrico foi somente de 187,8 mm. Neste ano, foram observadas precipitações em todos os meses; no entanto, esses valores foram muito inferiores às médias mensais, principalmente na quadra chuvosa, que apresentou um

total de apenas 72,7 mm, enquanto que os meses de outubro a dezembro contribuíram com 97,4 mm. Anos com essas características são muito imprevisíveis e ocorrem de maneira relativamente freqüente nos municípios do Semi-Árido brasileiro, onde há muita variabilidade espacial e temporal das chuvas.

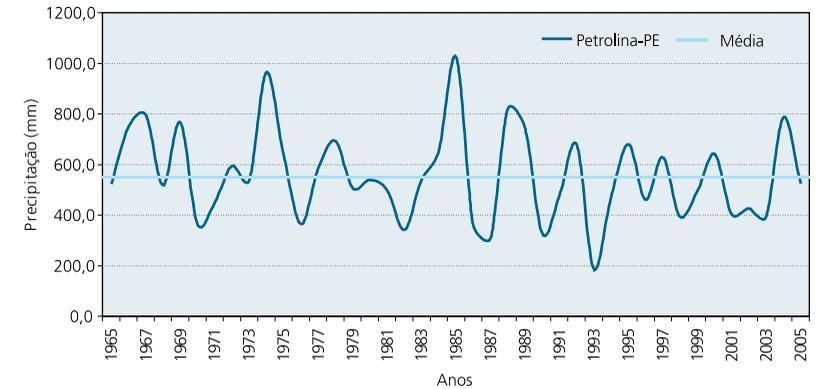


Fig. 2.8. Precipitação total anual observada na Estação Meteorológica de Bebedouro, durante o período de 1965 a 2005, em Petrolina-PE.

Na Tabela 2.2, são apresentados os dados de totais mensais da evaporação medida pelo tanque Classe "A". Na Fig. 2.9, pode-se observar os totais anuais e a média da evaporação, medida pelo tanque Classe "A". As médias da evaporação acompanham a pequena variação anual do regime térmico, que, por sua vez, é dependente do regime de radiação solar global anual, apresentando menores valores entre os meses de fevereiro e julho. Nesse período, a evaporação varia, em média, de 181,1 a 199,3 mm mês<sup>-1</sup>. Os maiores valores acontecem nos meses de setembro e outubro, com totais iguais a 266,3 e 298,7 mm, respectivamente. O total anual de evaporação é, aproximadamente, igual a 2.659 mm e, como se percebe, as taxas anuais de evaporação são sempre muito elevadas, em geral variando de 2.500 a 3.000 mm, contribuindo para os elevados valores de deficiência hídrica.

Com relação à média mensal da umidade relativa do ar (Tabela 2.2), verifica-se que os meses mais úmidos correspondem àqueles do período chuvoso, variando, em média, de 66% a 71,5%. Os menores valo-

res acontecem nos meses de setembro e outubro, em torno de 55%, que coincidem com os meses mais quentes do ano.

No que refere aos dados de temperatura do ar (Tabela 2.2), verifica-se que os valores médios variam de 24,1°C, em julho, a 28,1 °C em novembro; os valores mínimos também ocorrem nesses meses e são, respectivamente, iguais a 18,0 °C e 22,0 °C. Com relação aos valores médios mensais de temperatura do ar máxima, verifica-se que estes variam de 29,6 °C, no mês de julho, a 34,0 °C no mês de outubro, evidenciando a pequena variabilidade interanual, devido à proximidade da região em relação ao equador terrestre.

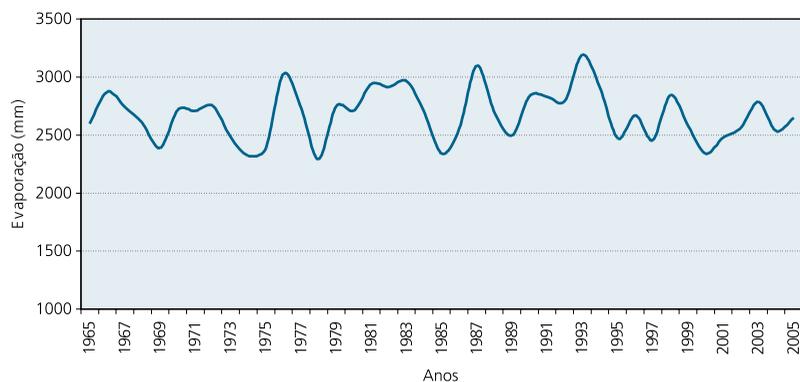


Fig. 2.9. Evaporação total anual observada na Estação Meteorológica de Bebedouro, durante o período de 1965 a 2005, em Petrolina-PE.

A partir dos dados de temperatura do ar média, máxima e mínima durante o período de 1965 a 2005 (Tabela 2.2), percebe-se que há pouca variabilidade média entre os anos, mas pode-se inferir que de 1965 a 1985 a temperatura do ar média foi igual a 26,6°C, enquanto que de 1986 a 2005 esse valor diminuiu para 25,9 °C. Enquanto houve redução nos valores da temperatura do ar média anual, os dados mostram que houve um aumento na temperatura do ar máxima, que foi igual a 31,5 °C para o primeiro período (1965–1985) e aumentou para 32,4 °C no segundo período (1986-2005). Com relação à temperatura do ar mínima, não foi observada variação de valores médios durante o período analisado (1965-2005), no qual a média oscilou sempre em torno de 20°C. (Fig. 2.10).

A partir dos elementos do balanço hídrico para as condições climáticas do município de Petrolina–PE, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), foram obtidos os valores do índice de umidade (IU), igual a 0 e índice hídrico (IH), igual a -63,8. Assim, observa-se que houve deficiência hídrica em todos os meses do ano, inclusive no período chuvoso. Mesmo com a precipitação média anual igual a 557,7mm, ocorreu um déficit hídrico alto, em virtude da elevada taxa evapotranspiratória potencial, da ordem de 1.592,45 mm anuais (Tabela 2.3, Fig. 2.12).

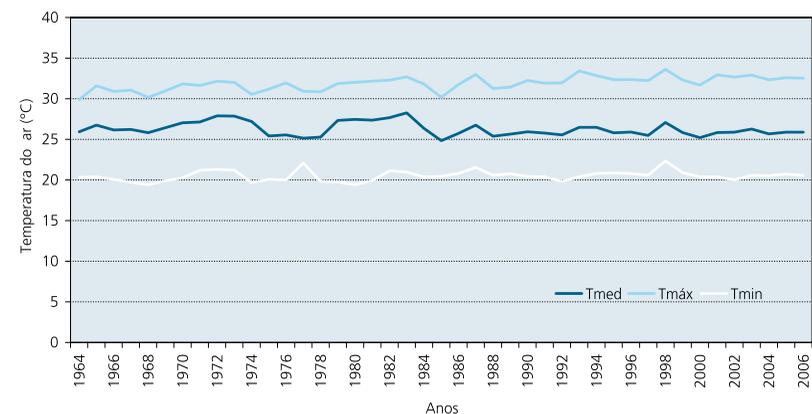


Fig. 2.11. Temperatura do ar média (T Med), máxima (T Max) e mínima (T Min) observadas na Estação Meteorológica de Bebedouro, durante o período de 1965 a 2005, em Petrolina-PE.

Utilizando-se o percentual da evapotranspiração acumulada no verão (ETV), em relação à acumulada durante todo o ano (ETP), a região de Petrolina–PE apresentou, aproximadamente, 25% da ETP anual concentrada nos três meses de verão (janeiro, fevereiro e março). De acordo com a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), o clima de Petrolina-PE é do tipo DdA'a', isto é, clima seco com excesso d'água pequeno ou nulo, megatérmico, com evapotranspiração anual de 1.592,45 mm e concentração de evapotranspiração potencial no verão igual a 25%.

De acordo com o sistema de classificação desenvolvido por Köppen, o município de Petrolina-PE está sobre a influência climática BSw'h', caracterizando-se por ser uma região climaticamente semi-árida, com clima seco e muito quente, com máxima precipitação ocorrendo no verão e com período de inverno seco.

Tabela 2.3. Extrato do balanço hídrico mensal segundo Thornthwaite e Mather (1955), para Petrolina-PE, de acordo com os dados climatológicos do período de 1965 – 2005.

Meses	T (°C)	ETP (mm)	P (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	26,9	135,92	87,0	87,0	48,9	0,0
Fev	26,8	126,54	80,4	80,4	46,2	0,0
Mar	26,4	135,84	133,7	133,7	2,2	0,0
Abr	26,2	129,01	79,9	79,9	49,1	0,0
Mai	25,5	123,42	21,0	21,0	102,4	0,0
Jun	24,5	105,67	12,2	12,2	93,4	0,0
Jul	24,1	103,25	8,1	8,1	95,1	0,0
Ago	24,9	114,99	4,0	4,0	110,9	0,0
Set	26,5	137,43	4,9	4,9	132,5	0,0
Out	27,9	166,67	10,1	10,1	156,6	0,0
Nov	28,1	161,76	47,2	47,2	114,6	0,0
Dez	27,5	151,94	71,6	71,6	80,4	0,0
Médias	26,3	132,70	46,7	46,7	86,0	0,0
Soma	315,4	1592,45	560,1	560,1	1032,4	0,0

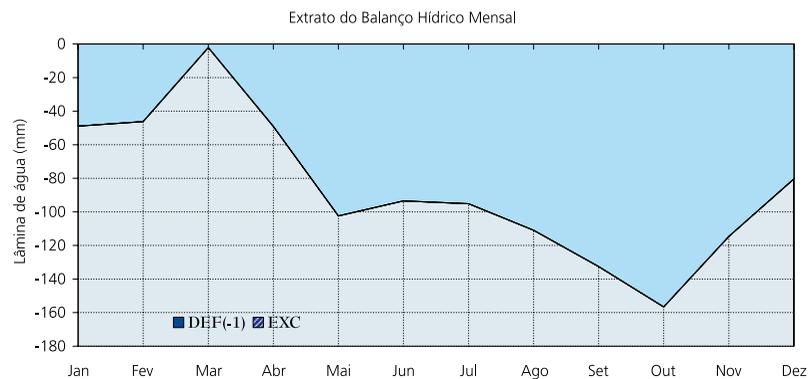


Fig. 2.12. Balanço hídrico para Petrolina-PE segundo Thornthwaite e Mather (1955). Estação Meteorológica de Bebedouro.

## Aspectos climáticos da captação de água de chuva no estado de Pernambuco

O Estado de Pernambuco tem 70% do seu território localizado no Semi-Árido nordestino, no “Polígono das Secas”. Como qualquer outra região semi-árida do mundo, o Nordeste brasileiro sempre estará sujeito a secas periódicas. Isto porque uma das características naturais desse tipo de clima é a ocorrência de chuvas irregulares e mal distribuídas geograficamente. Assim, para o sertanejo conviver nessas condições, é necessária a adoção de tecnologias de captação da água de chuva para usá-las tanto nos veranicos que ocorrem no período chuvoso como após esse período. Entre essas tecnologias, está a cisterna, construída pelo Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC (Programa..., 2004).

A cisterna construída tem um modelo padrão e acumula 16 mil litros de água, volume este compatível com as precipitações médias de diversas áreas do estado de Pernambuco. No entanto, com a irregularidade e a má distribuição das chuvas no espaço e no tempo, e as ocorrentes secas, há de se preocupar com o tamanho da área que será destinada a captar esse volume de água nos períodos das chuvas. No P1MC, a área de captação normalmente utilizada é o telhado das moradias, que, muitas vezes, não se apresenta suficientemente adequado, tanto em tamanho como em qualidade, para captar a quantidade de água necessária para encher a cisterna e garantir o abastecimento das famílias. Assim, a solução para o abastecimento das cisternas não pode ser homogênea, uma vez que nessa região há mais de 130 microrregiões climáticas, o que significa que as soluções devem ser diferenciadas, de acordo com cada tipo de clima e demanda da família (Rocha, 2005).

Diante do exposto, Galvêncio et al. (2005) desenvolveram estudos para avaliar o comportamento da distribuição da precipitação no estado de Pernambuco, admitindo anos com chuva normal, abaixo e acima da média, bem como analisar a viabilidade de captação de água de chuva. Nesses estudos, os autores utilizaram dados pluviométricos de séries históricas, armazenados em bases georreferenciadas. As informações de precipitação foram obtidas junto à Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Codevasf), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional de Águas (Ana) e Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande

(DCA/UFCG). As bases georreferenciadas municipal e estadual foram obtidas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Segundo os autores, as análises de probabilidade foram realizadas com os totais anuais de precipitação e, destas, foram inferidos os valores esperados de ocorrência de anos úmidos, normais ou secos. Os valores esperados foram estimados utilizando-se a Distribuição Normal de probabilidade, por meio de Quantis. O dimensionamento da área de captação (AC) foi calculado a partir da fórmula (Silva et al., 1989):

$$Ac = \frac{VT}{C \times Pm} \quad (1)$$

em que VT é o volume total de água armazenável na cisterna, igual a 16,0 m<sup>3</sup>; C é o coeficiente de escoamento superficial, igual a 0,70 para área de telhado, e Pm (mm) é a precipitação média anual.

Os resultados obtidos por Galvêncio et al. (2005) permitiram concluir que em anos com precipitação normal, os municípios localizados no oeste de Pernambuco apresentam chuva variando de 400 a 600 mm, assim como aqueles localizados no “cotovelo do São Francisco”, como Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Cabrobó, dentre outros (Fig. 2.13).

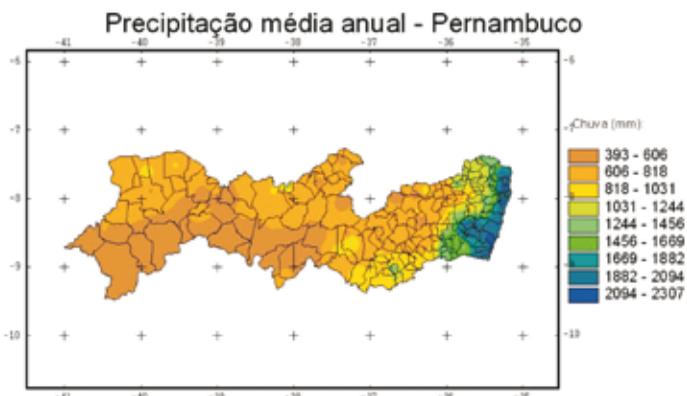


Fig. 2.13. Distribuição espacial da precipitação média anual do estado de Pernambuco (adaptado de Galvêncio et al., 2005).

No Estado de Pernambuco, as áreas de captação das cisternas deverão ser dimensionadas em função da variabilidade do total de precipitação média que ocorre em cada microrregião, como mostrado na Fig. 2.14. A padronização de um mesmo tamanho de área de captação para todo

o estado poderá incorrer em erros e algumas cisternas poderão não encher. Considerar esses parâmetros é de grande importância e permite garantir a disponibilidade de água para as famílias beneficiadas.

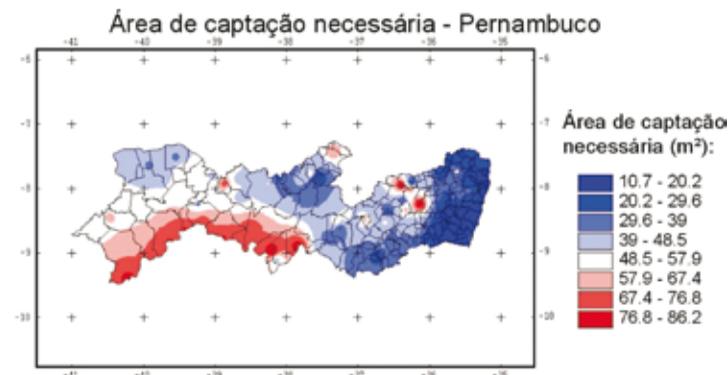


Fig. 2.14. Distribuição espacial das áreas de captação de água de chuva necessárias no estado de Pernambuco (adaptado de Galvêncio et al., 2005).

Na Fig. 2.14, pode-se observar que para o estado de Pernambuco, o tamanho das áreas de captação variou de 10,7 a 86,2 m<sup>2</sup>, dimensionadas em função da precipitação observada em cada microrregião e um volume de armazenamento de 16,0 m<sup>3</sup>. Considerando esses parâmetros de dimensionamento, pode-se garantir que em 80% dos anos a cisterna encherá, conforme os resultados da frequência de ocorrência de anos secos (Fig. 2.15).

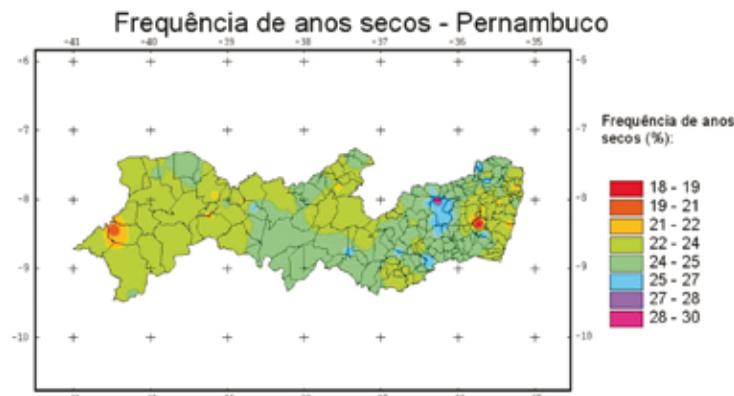


Fig. 2.15. Distribuição espacial da frequência de anos secos no estado de Pernambuco (adaptado de Galvêncio et al., 2005).

## Referências Bibliográficas

CAMPOS, J.N.B et al. Sobre a eficiência de pequenos e grandes reservatórios. Disponível em: <[http://www.deha.ufc.br/Nilson/trab\\_pub.html](http://www.deha.ufc.br/Nilson/trab_pub.html)> Acesso em 10 ago. 2002.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Glossário: Princípios de Meteorologia e Meio Ambiente. Cachoeira Paulista, SP: INPE/CP-TEC. Disponível em: <[http://www.cptec.inpe.br/glossario/glos\\_STU.shtml](http://www.cptec.inpe.br/glossario/glos_STU.shtml)>. Acesso em: 30 jun. 2006.

GALVÍNIO, J. D.; SOUZA, F. A. S.; MOURA, M. S. B. Aspectos climáticos da captação de água de chuva no estado de Pernambuco. Revista de Geografia, Recife, v. 22, n. 2, p.15-35, 2005.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA. Projeto Áridas. Disponível em: <<http://www.iica.org.br/2001/projaridas/>> Acesso em 10 ago. 2002.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas – Características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTE, M. P. F. (Ed.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: SBCS/UFV. 1996. p.95-111.

LIMA, M.G.; COSTA FILHO, R.S. Medida de evaporação em tanque classe “A” e em minitanques de diferentes áreas de exposição. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e III Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia., 2001. Anais v.1, p. 238 – 239.

MAGALHÃES, A. R.; GLANTZ, E. M. H. (Ed.). Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil, Brasília, DF: Fundação Grupo Esquel Brasil, 1992. 156 p.

MENDES, B. V. Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semi-Árido. Fortaleza: SEMACE, 1997. 108 p. il.

MOLLE, F. Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes. Série Brasil. SUDENE.Hidrologia. Recife, série.25, 1989. p. 11 A 70.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade Climática Intrasazonal Sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. Revista Climanálise, 2001. Cachoeira

Paulista, SP. Disponível em: <[http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/artigo\\_variabilidade\\_dez01.pdf](http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/artigo_variabilidade_dez01.pdf)>. Acesso em: 20 de junho de 2006.

NORDESTE sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. Estudos Avançados, São Paulo, v. 13, n. 35 p.60-68, Mai/Ago. 1999.

PROGRAMA de formação e mobilização social para a convivência com o semi-árido: um milhão de cisternas. Recife, Disponível em: <<http://www.asabrazil.org.br>>. Acesso em: 9 dez. 2004.

ROCHA, A. A Saga do São Francisco. Revista Sagarana, Belo Horizonte, n. 22, dez. 2005. Disponível em: <<http://www.sagarana.uai.com.br/rio-sao-francisco.html>>. Acesso em: 20 maio 2006.

SILVA. A. de S.; BRITO, L. T. de L.; ROCHA, H. M. Captação e conservação de água de chuva no semi-árido brasileiro: cisternas rurais II; água para consumo humano. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 80 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 16).

SILVA, A. de S. PORTO, E. R.; LIMA, L. T.; GOMES, P. C. F. Cisternas Rurais: captação e conservação de água de chuva para consumo humano: dimensionamento, construção e manejo. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA: SUDENE, 1984. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 12).

SOUZA, F. Avaliação dos estudos hidroclimatológicos do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará: I – Evapotranspiração. Encontro das Águas. IICA, Fortaleza. 1998. Disponível: <http://www.iica.org.br/aguatrab/Francisco%20de%20Souza/p4tb04.htm>. Acesso em 10 ago. 2002.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. The water balance. Centerton: Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia, Versão Digital 2, 2006. v. 1. Disponível em [http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf). Acesso em 20 de junho de 2007.