

# ASPECTOS CLIMÁTICOS DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO ESTADO DE PERNAMBUCO

*Josiclêda Domiciano Galvêncio<sup>1</sup>  
Magna Soelma Beserra de Moura<sup>2</sup>*

## RESUMO

Captação de água de chuva tem sido uma técnica popular em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semi-áridas (que são aproximadamente 30% da superfície da terra). A captação de água de chuva é especialmente usada em áreas semi-áridas, onde a precipitação ocorre somente durante em alguns meses e em diferentes locais, como o semi-árido do Estado de Pernambuco, Brasil. O Governo Brasileiro está construindo 1 milhão de cisternas para fornecer água de beber para 1 milhão de famílias do Semi-Árido Brasileiro. Em Pernambuco serão construídas 22% do total de cisternas. A variabilidade da precipitação no estado é decisiva para determinar a área de captação ideal para o abastecimento das cisternas nas diferentes regiões do estado. Esse estudo usou dados de precipitação anual para o estado de Pernambuco. Foi estimada a ocorrência de probabilidade de chuva usando a Distribuição Normal de Probabilidade dos quantis. Os resultados mostraram que em anos normais, nas áreas mais secas do estado, a precipitação média foi 400 mm. Este valor deve ser considerado para escolha do tamanho da cisterna e da área de captação para diferentes regiões do estado. A cisterna construída pelo governo tem capacidade para armazenar 16m<sup>3</sup>, para isso, é necessária uma área de captação de 60m<sup>2</sup> para garantir a eficiência e o abastecimento de água nas regiões mais secas de Pernambuco, com garantia em 80% dos anos.

**Palavras-chaves:** abastecimento de água, cisternas e climatologia.

## ABSTRACT

Rainwater harvesting has been a popular technique in many parts of the world, especially in arid and semiarid regions (almost 30 % of the earth's surface). Rainwater harvesting is especially used and spread in semiarid areas where rainfall occurs only during some months and at different locations, as the area of the semi-arid of Pernambuco State, Brazil. The Brazilian Government has a program to make 1 million of cisterns to provide drinking water for 1 million families in the Brazilian Semi-Arid Region. In Pernambuco State will be constructed 22% of the total cisterns. The climatic variability in Pernambuco state is important to determine the exact catchments area to provide water for the cisterns in different areas of the state. This study used the annual precipitation data for the Pernambuco State. It was estimated the occurrence probability of precipitation by Normal distribution of Probability through the Quartile. The results showed that the mean

---

<sup>1</sup> Professora Adjunta, Departamento de Ciências Geográficas, UFPE – josicleda@ibest.com.br

<sup>2</sup> Pesquisadora – EMBRAPA/CPATSA - magna@cpatsa.embrapa.br

precipitation was 400 mm. This value must be used to choose the best dimensions of the cisterns and of the rainwater catchments area for different parts of the Pernambuco State. The official cistern make by the Brazilian Government accumulate 16m<sup>3</sup> of water, for that it is necessary enlarge the size of the rainwater catchments area to 60m<sup>2</sup> to assure the efficiency and the water supply of drinking water in dry regions of Pernambuco State, in 80% of the years.

**Keywords:** water supply, cisterns and climatology.

## 1. INTRODUÇÃO

A realidade hídrica, principalmente nos aspectos atinentes à oferta e uso das águas, é tema que, historicamente, tem marcado o debate sobre o Semi-árido. O Semi-Árido brasileiro é um dos maiores e mais populosos do mundo. Estende-se por 868 mil quilômetros, abrangendo o norte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, os sertões da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e uma parte do sudeste do Maranhão. Vivem nessa região mais de 18 milhões de pessoas, sendo 8 milhões na área rural.

A chuva no Semi-Árido é má distribuída física e temporalmente. Devido às características climáticas da região, o Nordeste possui um dos maiores índices de evaporação do Brasil, o que torna reservatórios de água pouco profundos inúteis em épocas de seca. Além disso, a água dos barreiros e açudes, baixadas onde se acumula a chuva, é geralmente poluída e cheia de vermes. Essa água é responsável por grande parte das doenças do sertão: amebíase, diarreia, tifo, cólera. A situação é particularmente severa no chamado "Polígono das Secas" que compreende uma área de 940.000 km<sup>2</sup> sobre o embasamento cristalino, onde vivem cerca de 25 milhões de pessoas, sob forte irregularidade climática, o que significa diversas limitações para o desenvolvimento agropecuário e sócio-econômico. Por ser uma região sujeita a período crítico de estiagem prolongada, a Região Nordeste vem sendo objeto de importantes estudos, principalmente nos anos em que ocorrem o fenômeno "El Niño", quando o clima se modifica intensificando ainda mais a seca nessa região.

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 às secas periódicas. Isto porque uma das características naturais desse tipo de região é ter chuvas irregulares e mal distribuídas geograficamente. Mas, as secas nordestinas só assumem proporções de calamidade porque o Nordeste é subdesenvolvido, não está preparado para conviver com o seu clima natural ([www.pe-az.com.br](http://www.pe-az.com.br)).

A vulnerabilidade a que está exposta a maior parte do nordeste brasileiro em decorrência da instabilidade climática mostra um dramático quadro de destruição de lavouras, desemprego e fome. O problema comum de secas na Região Nordeste do Brasil está mais relacionado com a distribuição irregular das chuvas do que propriamente com a falta das mesmas. Outros fatores, tais como uma baixa capacidade de retenção de

umidade no solo e altas taxas de evaporação e evapotranspiração, contribuem para agravar o problema.

A captação de água de chuva é uma técnica para fornecimento de água com potencial para resolver os problemas do abastecimento de água no Sertão e, conseqüentemente, uma tecnologia-chave. Infelizmente, embora a captação de água de chuva seja mais fácil de por em prática do que as alternativas principais, ela não pode oferecer “100% de segurança hídrica”, porque necessitaria da instalação de cisternas enormes, com capacidade de armazenar, talvez, 50 m<sup>3</sup> por residência (GARRIDO, 1999). Captar água de chuva e armazenar em cisternas é uma alternativa de estocagem de água milenar conhecida por diferentes povos, para suprir a demanda familiar nos períodos de seca (GALVÍNCIO & RIBEIRO, 2005).

A partir do começo dos anos 90, organizações não-governamentais, organizações de base e comunidades estimularam a construção de cisternas e perceberam que havia a necessidade de implementar programas educacionais estruturados para incentivar a convivência com o semi-árido e um manejo adequado da água. Em julho de 2003, após a fase inicial de experimentações e testes foi instituído o Programa um Milhão de Cisternas, popularmente conhecido por PIMC, marco que inicia a ousada meta de se construir um milhão de cisternas em cinco anos, em 11 estados brasileiros inseridos no semi-árido, por meio da Articulação no Semi-Árido Brasileiro – ASA (GALVÍNCIO & RIBEIRO, 2005).

A região semi-árida, historicamente castigada pela seca, passa por uma revolução silenciosa. Uma mudança que, gradativamente, traz saúde, trabalho e liberdade para os moradores dessa parte do Brasil, gente cuja vida diária era marcada pela tarefa de buscar água de má qualidade para beber e cozinhar. No centro desse processo de libertação estão as cisternas, construídas ao lado das casas das famílias. Cada tanque tem capacidade de armazenar 16 mil litros de água da chuva, suficientes para uma família de até sete pessoas beber, cozinhar e escovar os dentes durante o período agudo de seca, normalmente oito meses. A solução, além de eficiente, já que por ano chovem aproximadamente 600 milímetros na região, é barata. Cada cisterna custa, em média, R\$ 1,4 mil e utiliza um sistema simples: uma calha fixada ao longo do telhado, ligada a um cano de PVC conectado ao tanque. A água escorre pela calha, pelo cano e cai direto na cisterna (Reportagem da REVISTA CISTERNA, 2006). A previsão é de que no estado de Pernambuco sejam construídas 22% do total de cisternas ([http://www.fomezero.gov.br/download/cisternas\\_mdsasacodevasf\\_uf.pdf](http://www.fomezero.gov.br/download/cisternas_mdsasacodevasf_uf.pdf)).

Segundo SEZYSHTA (2006) a construção de cisternas para garantir água de boa qualidade para o consumo humano é uma das atividades de conscientização das comunidades rurais e dos pequenos centros urbanos para uma boa convivência com o semi-árido, contribuindo, dessa forma, na minimização das causas da migração forçada.

As cisternas são construídas em um modelo padrão para acumular 16 mil litros de água, volume este que pode ser obtido em diversas áreas do estado em função da precipitação média. No entanto, como é característica da região semi-árida, as chuvas são irregularmente distribuídas no espaço e no tempo, e as secas ocorrem com grande frequência. Em função das características climáticas, mais especificamente, da

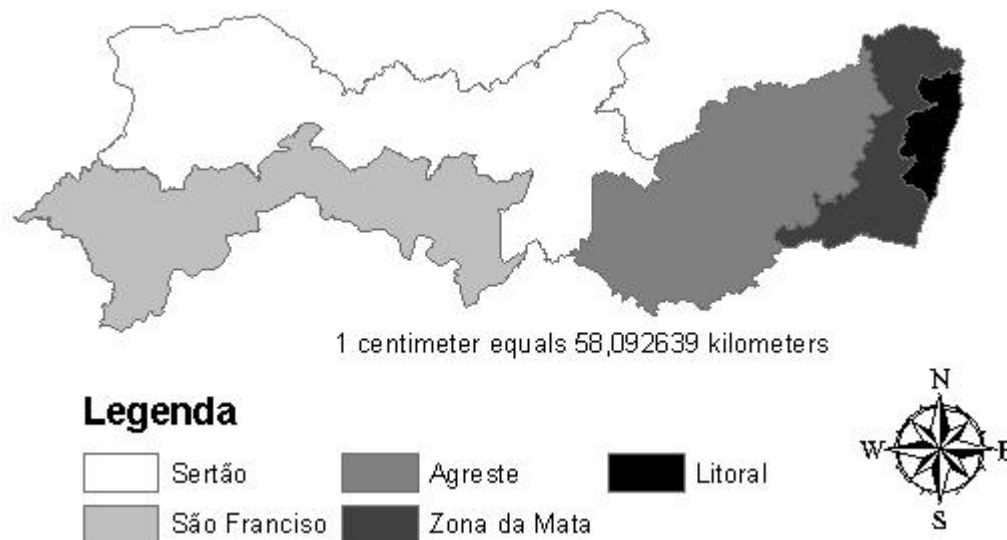
distribuição das chuvas no semi-árido pernambucano, há de se preocupar com o tamanho da área de captação, que seja o telhado, para que este possa ser capaz de captar a quantidade de chuva necessária para encher as cisternas, sob condições de seca, e garantir o abastecimento das famílias nas zonas rurais e urbanas durante o período de falta de chuvas. Assim, a solução para o abastecimento das cisternas do semi-árido brasileiro não pode ser homogênea, uma vez que nessa região há mais de 130 microrregiões climáticas, o que significa que as soluções devem ser diferentes, de acordo com cada tipo de vegetação, clima e demanda (APOLO, 2006).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivos estudar o comportamento da distribuição da precipitação no estado de Pernambuco, admitindo anos com chuva normal, abaixo e acima da média, bem como estudar a viabilidade de captação de água de chuva nesse estado.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Região de estudo

A região de estudo compreende o estado de Pernambuco. Situado a centro-leste da região Nordeste, Pernambuco tem uma área de 98.281 km<sup>2</sup>. Limita-se, ao Norte, com o Ceará e a Paraíba; a Oeste, com o Piauí; ao Sul, com Bahia e Alagoas; a Leste, com o Oceano Atlântico. Tem 184 municípios, divididos em três grandes regiões geoeconômicas: Litoral/Mata, Agreste e Sertão/São Francisco (Figura 1). Em 2001, a população pernambucana era de 7.910.992 milhões de habitantes, sendo 6.052.142 milhões dos quais concentrados na área urbana e 1.858.850 residentes na área rural.



**Figura 1.** Divisão geoeconômica do Estado de Pernambuco. Fonte: [www.pe-az.com.br](http://www.pe-az.com.br)

No Litoral/Zona da Mata, o clima é tropical úmido, com chuvas de outono a inverno, numa média histórica situada entre 1.500 a 2.000 milímetros anuais; na área de caatinga, ou Sertão, (que corresponde a dois terços do território estadual) predomina o

clima tropical semi-árido, com baixa pluviosidade (média de 600mm anuais de chuva) concentrada no verão, mas sujeita a irregularidades que acabam provocando secas prolongadas. Na faixa de transição entre a Zona da Mata e o Sertão, a pluviosidade fica entre 650 a 1.000 milímetros anuais.

Pernambuco tem um total de 87.317 km<sup>2</sup> (que é a soma das regiões Sertão e Agreste) localizados no chamado Polígono das Secas. Essa área corresponde a 88,84% do território pernambucano. A parte mais crítica é a região Oeste do Estado (onde estão municípios como Afrânio, Santa Filomena, Terra Nova e Floresta), que tem as menores e mais irregulares precipitações pluviométricas: a média anual não supera os 500 milímetros, com o registro de um elevado número de anos em que as chuvas não alcançam os 200 milímetros anuais.

## 2.2. Dados utilizados

Para o desenvolvimento da presente pesquisa fez-se intenso uso de dados já existentes de séries históricas de precipitação e de bases de dados georreferenciadas, obtidas junto aos seguintes órgãos: CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco), ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), ANA (Agência Nacional de Água) e DCA/UFCG (Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande). Os dados priorizados foram os de natureza climatológica no âmbito da região em estudo.

As bases georreferenciadas municipal e estadual foram obtidas junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Para representação espacial em mapas dos dados desse estudo, utilizou-se o programa Arcview 3.2.

## 2.3. Métodos adotados (Análise de Probabilidade)

As análises de probabilidade foram realizadas com os totais anuais de precipitação. Destes, inferem-se os valores esperados de ocorrência de anos úmidos, normais ou mais secos. Os valores esperados foram estimados utilizando-se da Distribuição Normal de probabilidade, através dos Quantis. O critério de escolha da Distribuição Normal se deu devido às séries temporais de precipitação mostrarem uma boa aderência à Distribuição Normal, o que denota ocorrências similares, probabilisticamente, de anos úmidos (acima da normal climatológica) ou secos (abaixo da normal climatológica).

O cálculo da área de captação do telhado foi realizado pelo método proposto por SILVA et al. (1984), também utilizado por GALVÍNCIO & RIBEIRO (2005) para o cálculo de áreas de captação de água no estado da Paraíba. Nesse estudo os autores utilizam para cálculo de dimensionamento de cisternas rurais, as do tipo CPATSA—Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido.

O dimensionamento da área de captação ( $A_c$ ) foi calculado a partir da fórmula:

$$A_c = \frac{VT}{C \times P_m}$$

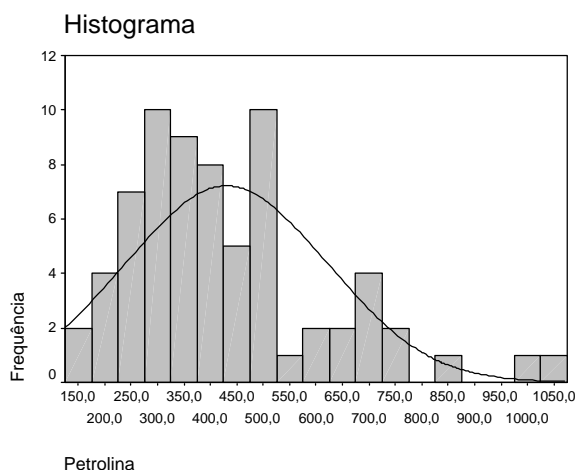
(1)

em que  $VT$  é o volume total de água armazenável na cisterna, igual a 16 m<sup>3</sup>;  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial, e igual a 0,70 e  $P$  é a precipitação média anual.

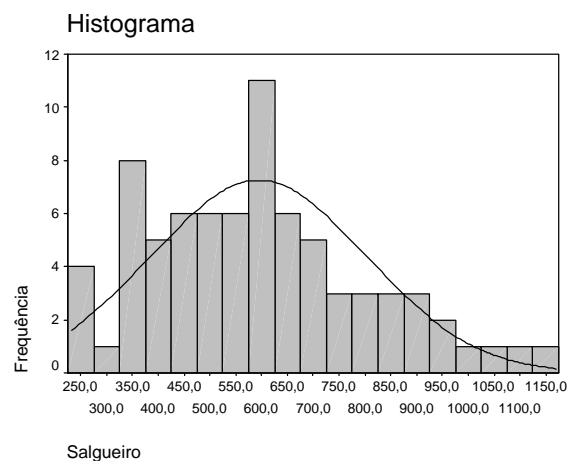
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise estatística da climatologia

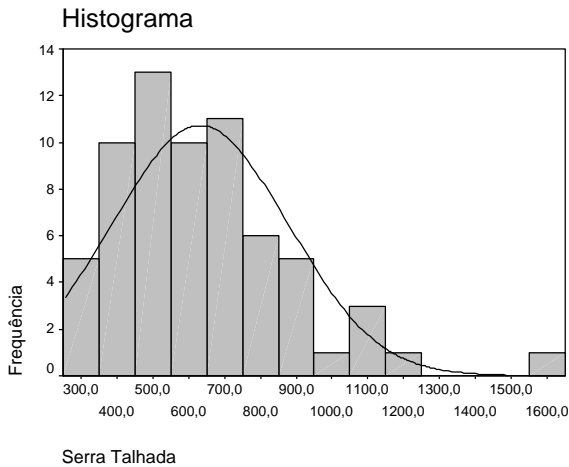
A Figura 2 (a, b, c, d, e e f) mostra o histograma de frequência das precipitações médias anuais de alguns municípios do estado de Pernambuco, respectivamente para os municípios de Petrolina, Salgueiro, Serra Talhada, Sertânia, Triunfo e Vitória de Santo Antão. Nota-se que em sua maioria, as chuvas apresentam boa aderência a Distribuição Normal, o que denota ocorrências de similaridades, probabilisticamente, de anos úmidos ou secos. Também pode ser visto, que as maiores frequências ocorrem entre as precipitações de 400 a 700 mm, com algumas exceções para os brejos de altitudes e os municípios próximos ao litoral, como por exemplo: Triunfo e Vitória de Santo Antão, respectivamente (Figura 2e e Figura 2f), onde as chuvas variam de 1000,0 a 1200,0 mm no primeiro, e de 900,0 a 1000,0 no segundo. Nesses municípios, observa-se que não há ocorrência de chuvas inferiores a 500,0mm, fato que ocorre com elevada frequência nas Figuras 2a, 2b, 2c e 2d. Nessas, os valores mínimos de precipitação variam de 150,0 mm, 250,0 mm, 300,0 mm e 250,0 mm, respectivamente.



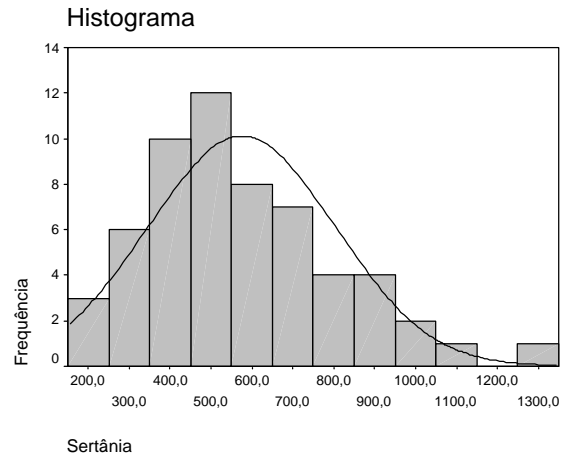
a



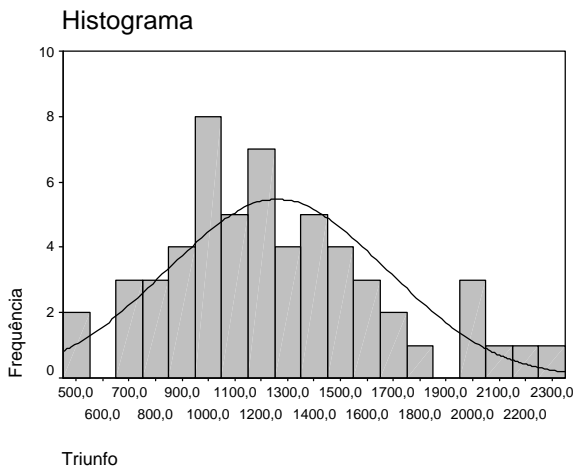
b



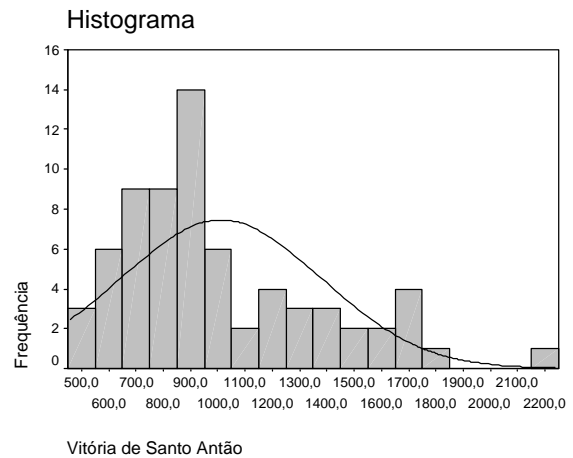
**c**



**d**



**e**



**f**

**Figura 2.** Histogramas de frequências das precipitações médias anuais de alguns municípios do estado de Pernambuco.

### 3.2. Precipitação anual: anos úmidos, normais e secos

A Figura 3 mostra a precipitação média anual (PMA) observada no âmbito do estado de Pernambuco. Nota-se que a PMA decresce de 1100 a 400 mm. As regiões que ocorrem menores precipitações estão localizadas mais a oeste do Estado. Pertencentes a essas regiões se encontram os municípios de Petrolina, Santa Maria da Boa Vista, Cabrobo, dentre outros.

A Figura 4 mostra o histograma da variação da precipitação média mensal observada sobre o estado de Pernambuco. As condições climáticas pluviométricas da região apresentam-se em seu ciclo anual de um modo geral, com períodos definidos, sendo o mais longo seco e intercalado por um período de chuvas muito curto e irregular.

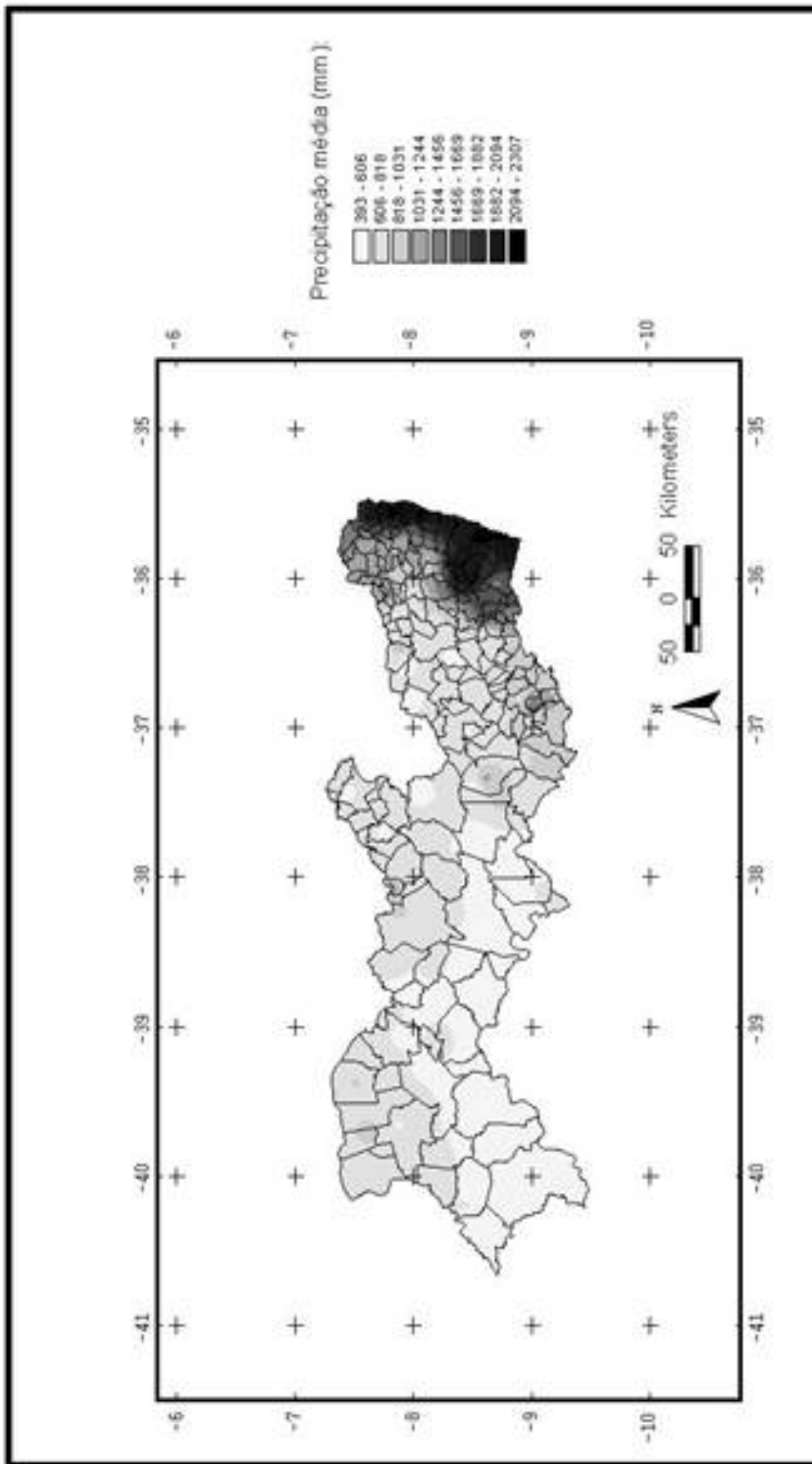
A estação seca (ausência de chuvas), de um modo geral, estende-se em torno de sete meses do ano em períodos normais, ou às vezes mais longos em períodos de estiagem.

A Figura 5 mostra as precipitações médias anuais estimadas para anos secos no estado do Pernambuco. Em geral, o lado oeste do estado de Pernambuco, em anos secos, apresenta PMA abaixo de 300 mm. Esses baixos valores de precipitações levam essas regiões necessitarem de grandes áreas de captação de água de chuva, como mostra a Figura 8.

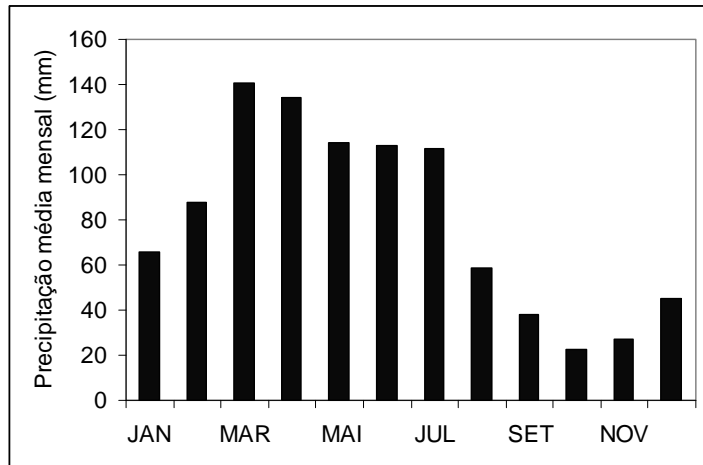
A Figura 6 mostra as precipitações médias anuais estimadas para anos normais no estado do Pernambuco. Nota-se que em anos normais os municípios que se localizam do lado oeste do estado de Pernambuco as precipitações estão em torno de 400 mm. Ao se comparar as precipitações dos anos normais com as dos anos secos a variação é pequena, apenas de 100mm. Isso evidencia a baixa pluviosidade do Estado, principalmente na zona semi-árida.

A Figura 7 mostra as precipitações médias anuais estimadas para anos úmidos no estado do Pernambuco. Nota-se que nos anos úmidos essas regiões do lado oeste do estado de Pernambuco as precipitações estão em torno de 800 mm. Diferença significativa se comparando as precipitações dos anos normais e secos. Isso evidencia a importância do aproveitamento dessas águas em anos úmidos.

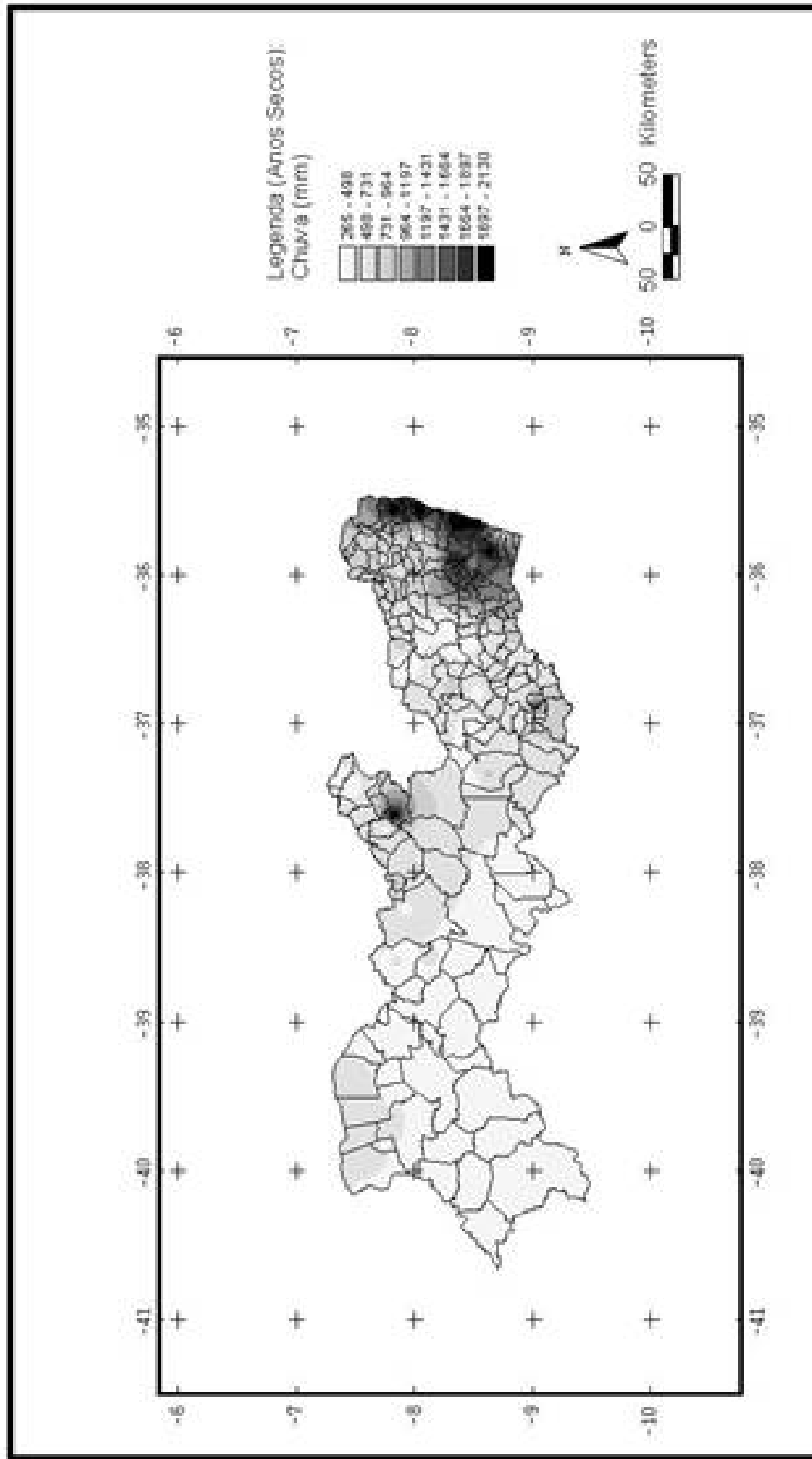




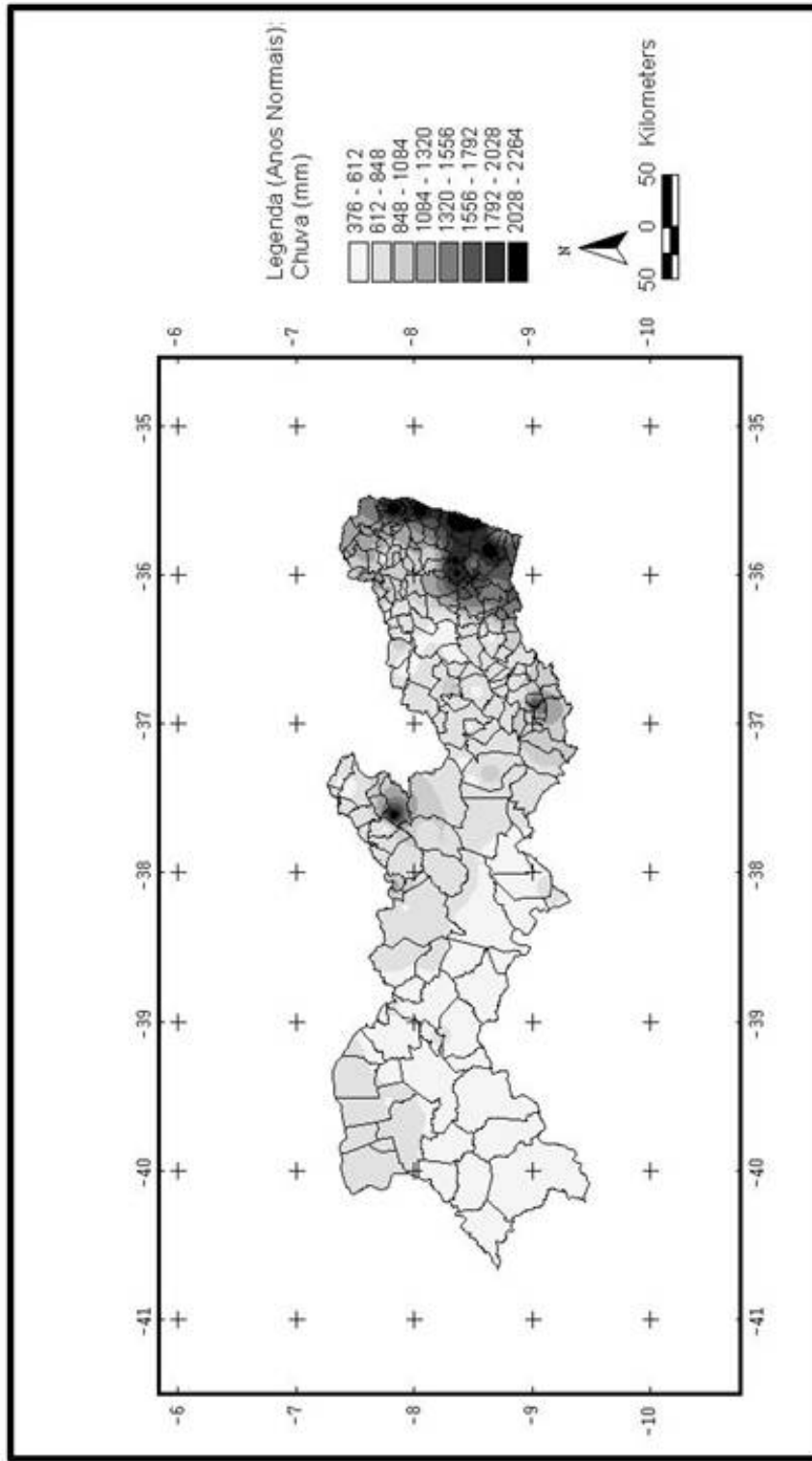
**Figura 3.** Isolinhas de precipitação média anual observada do estado de Pernambuco.



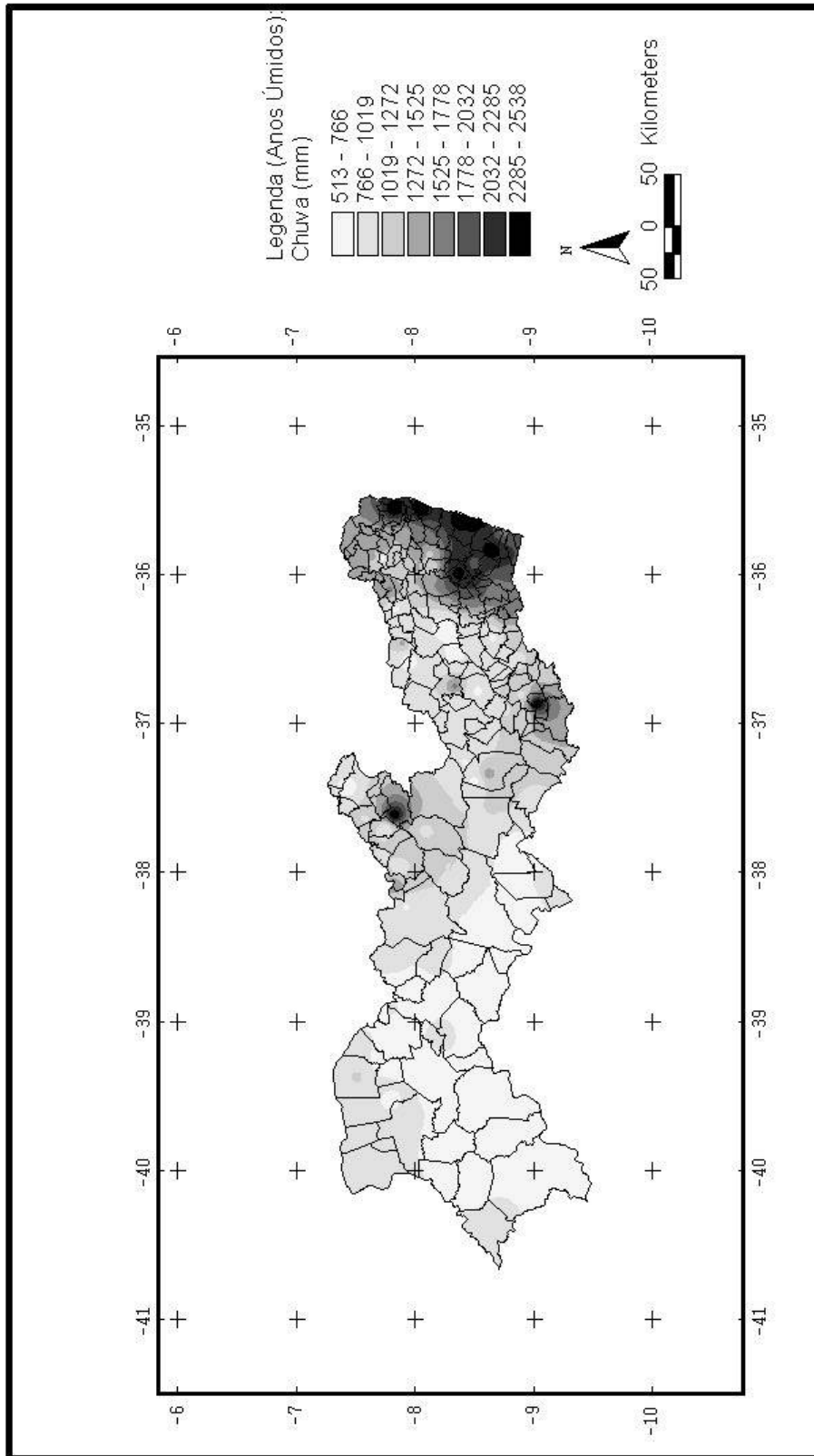
**Figura 4.** Histograma das precipitações pluviométricas médias mensais observadas do estado de Pernambuco



**Figura 5.** Precipitações médias anuais estimadas para anos secos no estado de Pernambuco.



**Figura 6.** Precipitações médias anuais estimadas para anos normais no estado de Pernambuco.



**Figura 7.** Precipitações médias anuais estimadas em anos úmidos no estado de Pernambuco

A Figura 8 mostra a área de captação necessária para que uma cisterna de  $16\text{m}^3$  possa chegar a sua capacidade máxima no âmbito do estado da Pernambuco, em anos secos. Aqui, apresentamos apenas em anos secos, porque em anos normais e úmidos se tem água suficiente pra encher cisternas de  $16\text{m}^3$ . Essa análise se dá no intuito de saber em quanto tempo (em meses) em anos secos a população é beneficiada pelas cisternas. Pois, para uma cisterna de  $16\text{m}^3$  chegar a encher necessitaria em algumas regiões de áreas de captação em torno de  $55\text{m}^2$ . Isso equivale uma residência de  $9 \times 6$  (comprimento versus largura) de área.

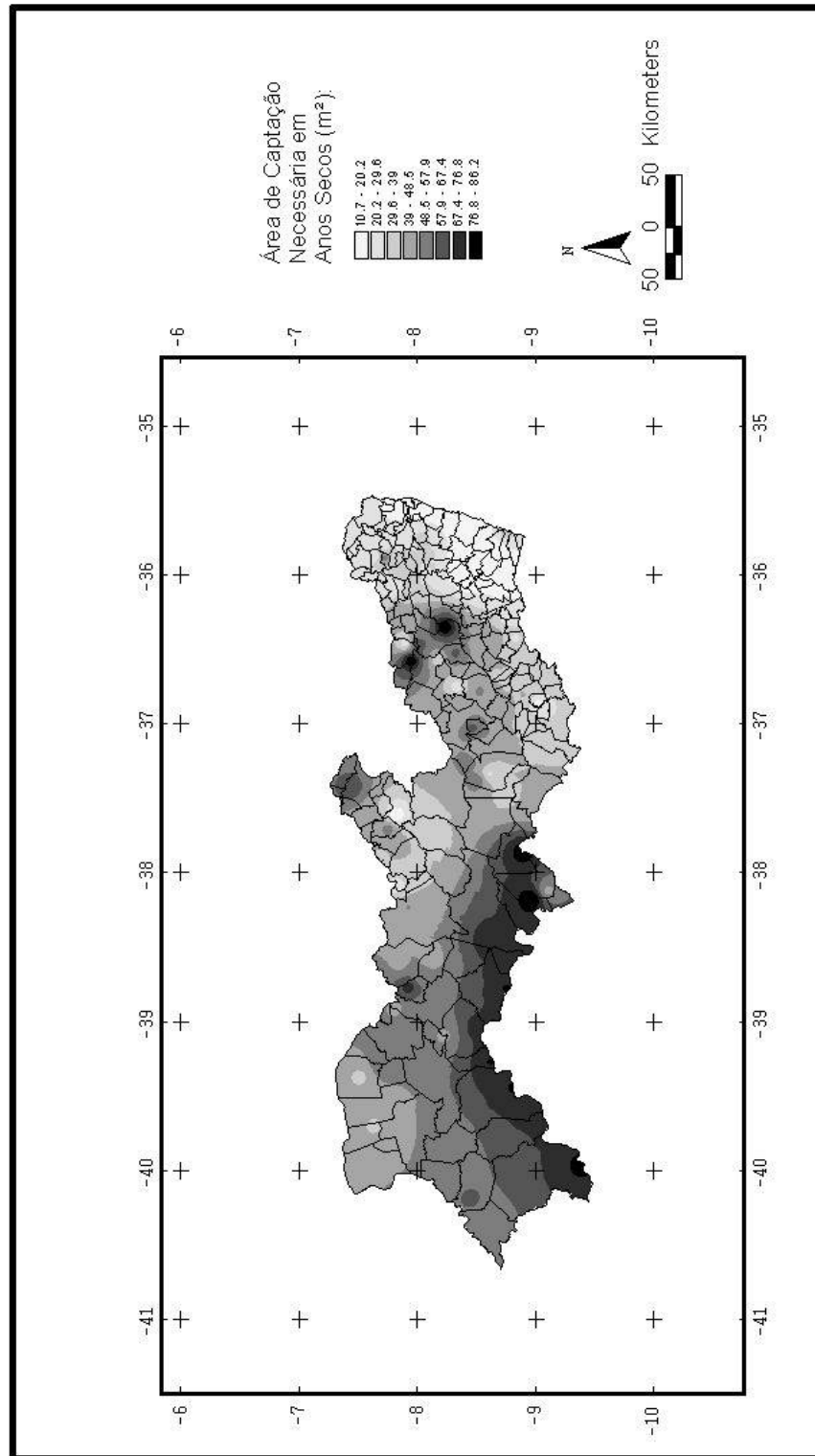
Observa-se que nos municípios próximos a margem do rio São Francisco há uma grande demanda por áreas de captação maiores que no restante do semi-árido pernambucano, sendo necessárias áreas superiores a  $67\text{m}^2$ . Verifica-se, ainda, que ao dirigir-se para a porção norte dessa região semi-árida, as áreas de captação podem ser um pouco inferiores àquelas cujos municípios localizam-se às margens do rio São Francisco, mas ainda são necessárias grandes áreas, com valores oscilando entre  $38$  e  $49\text{m}^2$ .

A porção leste do estado de Pernambuco, caracterizada por elevados valores de precipitação, necessita de áreas de captação que variam de  $10$  a  $29\text{m}^2$ . Percebe-se que há uma boa caracterização das zonas do estado, de acordo com a precipitação, e conseqüentemente com a necessidade de áreas de captação para o abastecimento de cisternas com água de chuva.

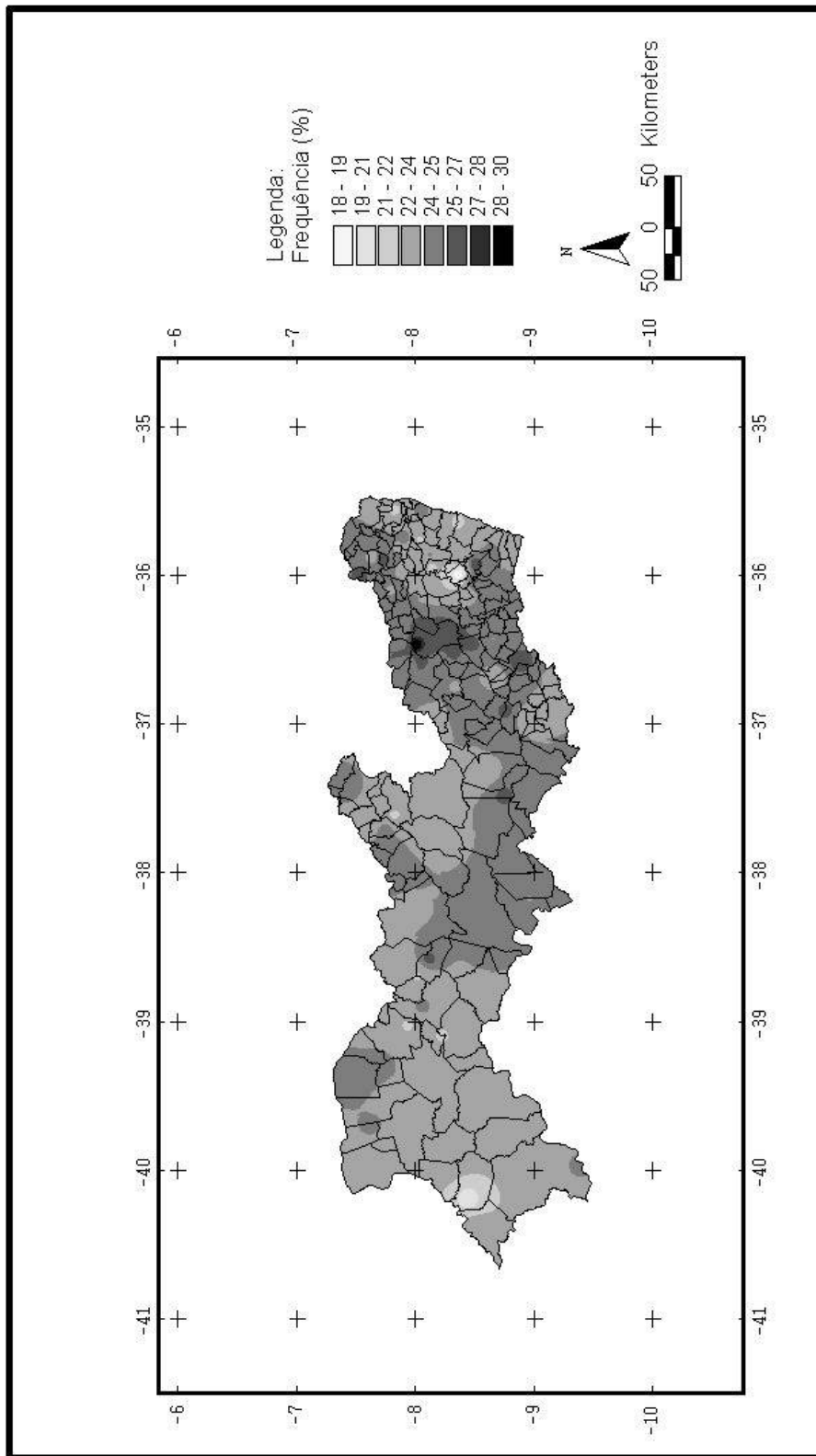
### 3.3. Risco de seca no estado de Pernambuco

A Figura 9 mostra as freqüências de ocorrência de secas no estado de Pernambuco. O percentual de anos secos em Pernambuco varia de  $19$  a  $29\%$  dos anos estudados. Em geral, em Pernambuco,  $26\%$  dos anos em estudos são anos secos.

Outra informação importante é que nem sempre as regiões com menores precipitações são regiões que mais freqüentemente ocorrem secas. Ou seja, as regiões que apresentam menores índices pluviométricos possuem menos variabilidade temporal de precipitações.



**Figura 8.** Áreas de captação necessárias no âmbito do estado do Pernambuco.



**Figura 9.** Frequências de secas no âmbito do estado de Pernambuco



#### 4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados acima, pode-se concluir que:

- Em anos com precipitação normal, os municípios localizados no oeste do Estado de Pernambuco, apresentam 400 mm de chuva. No Estado de Pernambuco as cisternas deverão ser construídas em função desse total de precipitação.
- Para encher uma cisterna de 16 m<sup>3</sup> será necessária área de captação de água em torno de 60 m<sup>2</sup>, a fim de que o investimento financeiro seja feito sem prejuízo e garanta a disponibilidade de água para as famílias beneficiadas pelas cisternas.
- A adoção do tamanho da cisterna em função dos 400 mm de precipitação e da área de captação do telhado das residências no semi-árido de Pernambuco é a certeza que ela chegará a encher em 80% dos anos.

#### 5 - REFERÊNCIAS

APOLO. **A Saga do São Francisco**. Reportagem Andréa Rocha.

<http://www.sagarana.uai.com.br/rio-sao-francisco.html>. Acesso em 20/05/2006.

APPAN, ADHITYAN: *Opening Address at the 9th International Rainwater Catchment Systems Conference at Petrolina, Brasil*, 6 – 9 de Julho de 1999.

BERNAT, C.; COURCIER, R.; SABOURIN, E. **A Cisterna de Placas: técnicas de construção**. Recife, SUDENE/DPP, 1993.

CODEVASF – MMA. 1998 – Projeto Semi-Árido: Plano de Desenvolvimento Sustentável da Bacia do Rio São Francisco e do Semi-Árido Nordestino. – **Relatório Técnico (Síntese)**. Brasília.

GALVÍNCIO, J. D.; RIBEIRO, J. G. Precipitação Média Anual e a Captação de Água de Chuva no Estado da Paraíba. **5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Teresina, PI, 11-14/07/2005.

GARRIDO, R. J. O COMBATE À SECA E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL. Secretaria de Recursos Hídricos. [rjgarrido@mma.gov.br](mailto:rjgarrido@mma.gov.br). Agência Nacional de Energia Elétrica. **CD-ROM**. O Estado das águas no Brasil, 1999.

GNADLINGER, J.; PALMIER, L. R. SZILASSY, E.; BRITO, L. T. **Tecnologias de Captação e Manejo de Água de Chuva para o Semi-Árido Brasileiro**. <http://www.unizar.es/fnca/america/docu/3607.pdf>. Acesso em 20/05/2006.

[http://www.fomezero.gov.br/download/cisternas\\_mdsasacodevasf\\_uf.pdf](http://www.fomezero.gov.br/download/cisternas_mdsasacodevasf_uf.pdf). Acesso em 22/05/2006.

REGIÕES. [www.pe-az.com.br](http://www.pe-az.com.br). Acesso em 22/05/2006.

REVISTA CISTERNA. **Uma Revolução Silenciosa**. [www.mds.gov.br](http://www.mds.gov.br). Acesso em 10/05/2006.

SEZYSHTA, A. J. **Convivência com o semi-árido: uma forma de resistir à migração forçada**.

<http://www.fsmm2006.org/PDF/42%20Sem%20Projeto%20Cisternas%20Ariovaldo.pdf>. Acesso em 20/05/2006.

SILVA, A. S. PORTO, E. R.; LIMA, L. T.; GOMES, P. C. F. **Cisternas Rurais**.

Dimensionamento, construção e manejo. Captação e conservação de água de chuva para consumo humano. SUDENE – PROJETO SERTANEJO, EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, número 12, ISSN- 0100-6169, setembro, 1984.