

Avaliação de  
**Políticas e Programas**  
do MDS – Resultados

Volume I  
Segurança Alimentar e Nutricional

Jeni Vaitsman e Rômulo Paes-Sousa  
ORGANIZADORES

Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; D'AVILA, O. A. Avaliação técnica do programa de cisternas no semi-árido brasileiro. In: VAITSMAN, J.; PAES-SOUSA, R. (Org.). **Avaliação de políticas e programas do MDS: resultados**. Brasília, DF: MDS: SAGI, 2007. v.1 cap. 5, p. 199-234.

# Avaliação Técnica do Programa Cisternas no Semi-árido Brasileiro

Luiza Teixeira de Lima Brito<sup>1</sup>

Aderaldo de Souza Silva<sup>2</sup>

Oscar Arruda d'Alva<sup>3</sup>

## 1 Introdução

Esta avaliação foi realizada pela Fundação de Apoio a Pesquisa e ao Agronegócio Brasileiro (FAGRO), em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) do semi-árido e Embrapa Meio Ambiente, e auspiciada pela Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação (SAGI) do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) e pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), no marco da Carta de Acordo Cisterna 1 (FAO-UTF/BRA/064/BRA)<sup>1</sup>, que tem por título "Avaliação Ambiental da Performance do Programa Cisternas do MDS em parceria com a Articulação do semi-árido Brasileiro (ASA): Índice de Sustentabilidade Ambiental".

Dada a abrangência da avaliação e a dificuldade de se proceder a uma síntese de todos os temas abordados, sem comprometer a qualidade do texto, optou-se por oferecer uma visão geral do Programa Cisternas e da metodologia

1 Engo. Agrícola, Dra., Embrapa semi-árido, BR 428, KM 152, Zona Rural, Petrolina (PE).

2 Engo. Agrônomo, Ph.D, Embrapa semi-árido, BR 428, KM 152, Zona Rural, Petrolina (PE).

3 Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Técnico de

Avaliação e Monitoramento da Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação (SAGI/MDS).

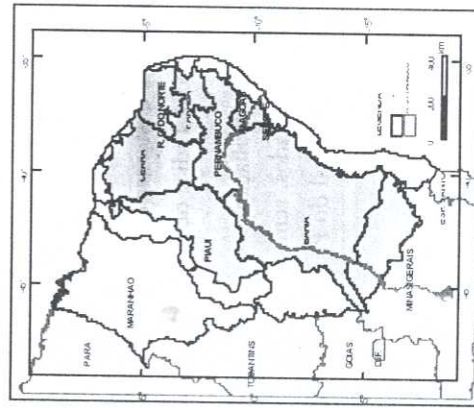
4 Código de Projeto de Cooperação Técnica UTF/BRA/064/ BRA definido pela FAO.

da avaliação utilizada. Privilegiou-se, entretanto, para efeito de análise dos dados obtidos na pesquisa, apenas a avaliação técnica do Programa, que aborda questões relativas ao atendimento da demanda de água para o abastecimento familiar, a área de captação para o bom desempenho das cisternas, ao manejo da água da cisterna e à análise da qualidade da água armazenada.

## 2 Importância da Região Semi-árida Brasileira e do Programa Cisternas

O Nordeste brasileiro abrange uma área de 1,54 milhão de km<sup>2</sup>, correspondente a 18% do território nacional, e abriga 44,8 milhões de habitantes, que representam 28% da população brasileira. Nessa área, está inserida a região do semi-árido, que se estende do Piauí ao norte de Minas Gerais (Figura 1), ocupando uma área de 969.589,4 km<sup>2</sup>, com uma população de 20.858.264 milhões de habitantes, dos quais 9.085.266 encontram-se na zona rural (BRASIL, 2005).

Figura 1: Mapa da região Nordeste com a delimitação do semi-árido



Fonte: Embrapa semi-árido, 2005

Os critérios utilizados para a delimitação do semi-árido brasileiro foram:

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
  - Índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações com a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990;
  - Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.
- Com a aplicação desses critérios, a região atualmente comporta 1.133 municípios (BRASIL, 2005).

Trata-se de uma região caracterizada por uma grande diversidade de quadros naturais e socioeconômicos. A compreensão sobre a diversidade do semi-árido, no que se refere a seus recursos naturais e agro-socioeconômicos, tem sido objeto de estudos pela Embrapa, que identificou 172 unidades geoambientais na região Nordeste, das quais 110 estão localizadas no semi-árido (SILVA *et al.*, 1993).

As características edafoclimáticas e hidrológicas do semi-árido são semelhantes às de outros semi-áridos quentes e secos do mundo. De forma constante, são longos períodos de seca, intercalados com cheias nos rios temporários e elevadas taxas evapotranspirométricas, em média 2.000 mm/ano, proporcionando *deficit* de umidade no solo durante a maioria dos meses do ano.

Os solos dessa região, em sua maioria, são rasos, com baixa fertilidade natural e com uma vegetação rala, denominada de caatinga, que apresenta grande diversidade de espécies adaptadas, com alto potencial de exploração. Essa diversidade fornece frutas nativas frescas e/ou matéria-prima para a transformação de alimentos, tanto para o consumo humano, como para forragens para consumo animal. Ademais, no domínio do substrato cristalino, os aquíferos são de baixa produtividade, com vazões inferiores a 3,0 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>, elevados teores de sólidos dissolvidos totais, em média, 3,0 gL<sup>-1</sup>, com predominância de cloretos (LEAL, 1999).

A região estudada não se caracteriza como um espaço homogêneo. Segundo Silva *et al.*, (1993), existem 110 semi-áridos diferentes, ou seja, há um "grande mosaico", representado por 110 Unidades Geoambientais (UGs) diferenciadas. No presente estudo, utilizou-se a UG como conceito de "território".

O conceito de UG envolve realidades diversas, de acordo com as áreas de conhecimento consideradas, tais como: hidrologia, ecologia, agronomia, ciência da computação, ciência da informação, geotécnica, geografia, pedologia, entre outras. Segundo esses estudos, a área de conhecimento que mais se adapta às metas do desenvolvimento rural é: uma entidade espacializada, na qual o substrato (material de origem do solo), a vegetação natural, o modelado e a natureza e distribuição dos solos na paisagem constituem um conjunto, cuja variabilidade é mínima, de acordo com a escala cartográfica (SILVA *et al.*, 2000).

No Zoneamento Agroecológico do Nordeste Brasileiro (ZANE) digital, a vegetação natural foi usada como indicador climático, uma vez que reflete as condições de disponibilidade hídrica do ambiente estudado.

As classes de solos e sua disposição na paisagem constituem os elementos básicos da UG. Com efeito, as características do solo e sua distribuição, principalmente no contexto do clima semi-árido, são fundamentais no que diz respeito à dinâmica da água (drenagem, retenção, resposta ao tipo de chuva, volume de solo explorado pelo sistema radicular etc.) e condicionam, em grande parte, a introdução de inovações tecnológicas ou de alterações nos sistemas de produção.

No contexto dos recursos hídricos – do volume de água que há no país – apenas 3% encontram-se na região Nordeste, dos quais 2/3 estão localizados na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Conforme dados da Rede Marinho-Costeira e Hídrica do Brasil (RMCH-BR), a bacia do rio Parnaíba abriga 15% da água disponível na região Nordeste. Essas duas bacias detêm 78% da água da região, enquanto as bacias dos rios intermitentes detêm apenas 22%, e se concentram em 450 açudes com capacidade de mais de um milhão de metros cúbicos – que devido à alta evaporação e ao mau gerenciamento, têm apenas 25% de sua capacidade total aproveitada – e em aquíferos profundos, ao redor

de 100 mil poços tubulares, embora um terço esteja sem uso. Estima-se que 50% desses poços, cuja água poderia ser utilizada para consumo humano, em sua maior parte é salobra ou salgada, não sendo apropriada para a maioria dos usos sociais e econômicos (ABDL, 2005).

O acesso à água é importante: técnicas simples, de baixo custo e descentralizadas de captação e armazenamento da água de chuva (barragens subterrâneas, cisternas, tanques de pedra, captação *in situ*) já existem e contribuem para a convivência com as condições naturais da região semi-árida brasileira (BARBOSA, 2003).

Dada a dimensão dessa região e a localização das fontes de água permanentes, distantes de milhões de famílias, pode-se afirmar que há uma carência enorme de uso e acesso aos recursos hídricos pelas famílias lá residentes.

Nas áreas rurais, as fontes de água são usadas para as necessidades básicas e propósitos produtivos. No primeiro caso, a água se destina ao consumo humano (beber, cozinhar, higiene) e, no segundo, à atividades relacionadas com a produção de alimentos. As famílias dependem do suprimento de água e de alimentos seguros e confiáveis.

A maioria das pesquisas no nível rural doméstico focaliza a água para o consumo humano, excluindo a água relacionada para as atividades econômicas. Os sistemas têm sido desenhados para o fornecimento de água de qualidade para a ingestão e, em muitos casos, o respectivo custo é alto. A utilização de água para fins produtivos dificilmente é considerada no planejamento do suprimento rural doméstico. Portanto, a necessidade de preencher lacunas de informação relacionadas com os modelos de uso doméstico da água tornou-se objetivo prioritário para a concepção de políticas de desenvolvimento rural, por pelo menos duas razões principais:

O entendimento dos modelos de uso e demanda doméstica de água, sob uma perspectiva ampla (tanto para as necessidades básicas quanto para as atividades econômicas), melhora a capacidade de resposta à demanda e é um dos importantes passos em direção à sustentabilidade;

∴ Como usuárias, as comunidades, anteriormente em desvantagem, terão que competir com outros setores, para garantir o acesso à água para as suas necessidades básicas.

O estudo desenvolvido neste projeto de avaliação abarcou todo o semi-árido brasileiro e parte do estado do Espírito Santo. A metodologia utilizada analisou e integrou as informações obtidas *in loco*, com 3.517 famílias beneficiárias do Programa Cisternas do MDS/ASA, localizadas em 83 comunidades rurais.

Em sua essência, o trabalho teve como meta caracterizar e espacializar as informações técnicas sobre:

Avaliação do uso das cisternas rurais e das condições de vida dos beneficiários do Programa, nos diversos ambientes formados pelas 110 UGs que compõem o semi-árido brasileiro;

Análise da potabilidade da água armazenada nas cisternas rurais para consumo humano. Medições da qualidade das águas das fontes tradicionais, utilizadas para consumo humano pelas famílias, antes da implantação do Programa Cisternas.

### 3 A ASA e o Programa Cisternas do MDS/P1MC

Em novembro de 1999, durante a Terceira Conferência das Partes da Convenção de Combate à Desertificação e à Seca (COP3), promovida pela Organização das Nações Unidas (UNCCD), a sociedade civil organizada e atuante na região do semi-árido brasileiro, reproduzindo a experiência da Conferência Rio-92, promoveu o Fórum Paralelo da Sociedade Civil, cujos eventos contaram com a participação de diversas entidades dos cinco continentes.

O processo foi coordenado pela ASA, rede de organizações da sociedade civil e organizações comunitárias de base com atuação no semi-árido brasileiro, que iniciou seu processo de articulação em julho de 1999, sendo constituída

definitivamente em fevereiro de 2000, em seu 1º Encontro Anual da ASA (ENCONASA), realizado em Juazeiro, no estado da Bahia (ASA, 2004). A ASA tem como missão “fortalecer a sociedade civil na construção de processos participativos para o desenvolvimento sustentável e convivência com o semi-árido, referenciados em valores culturais e de justiça social” (COEP<sup>5</sup>, 2005).

A ASA é uma entidade articuladora e apartidária, sem personalidade jurídica e regida por mandato próprio. Sua gestão ocorre em locais onde existir uma de suas filiadas, ou seja, em todos os estados do Nordeste brasileiro, além do Norte de Minas Gerais e o Espírito Santo. Uma das principais tecnologias disseminadas pela ASA – e que levou em consideração o acúmulo do trabalho das organizações da sociedade civil, bem como das experiências validadas socialmente por agricultores – foi a cisterna de placas para captação de água de chuva.

A cisterna busca resolver um dos principais problemas para as famílias do semi-árido, que é a escassez de água para consumo humano e doméstico, em especial no período de estiagem. A falta de abastecimento adequado no semi-árido leva as famílias a percorrerem grandes distâncias em busca de água, geralmente de qualidade imprópria para o consumo humano e de pequenos animais. Tal atividade normalmente é de competência das mulheres e das crianças, as principais pessoas prejudicadas pela ausência de abastecimento de água: a mulher, porque é responsável pelo transporte e uso racional da água, e as crianças, por serem acometidas por doenças de veiculação hídrica, que podem, inclusive, levar à morte, como é o caso da diarreia.

A existência de centenas de cisternas para captação de água de chuva, nas áreas secas do Nordeste, inspirou a concepção do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-árido: Um Milhão de Cisternas (P1MC). A proposta, concebida pela ASA, visa a garantir, a todas famílias rurais do Nordeste semi-árido brasileiro, o acesso à água adequada ao consumo humano, via formação, mobilização social e construção de cisternas de placas.

5 Comitê de Entidades no Combate à Fome e pela Vida.

Com a finalidade de implementar o P1MC, a ASA criou, em 2002, a Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) e a Associação Programa Um Milhão de Cisternas para o Semi-árido (AP1MC). A AP1MC é uma entidade jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, de caráter beneficente, educacional, ambiental e filantrópico e se propõe aos seguintes objetivos:

- ∴ Implementar um programa de convivência sustentável com o semi-árido, fundamentado na mobilização e na construção de cisternas domiciliares para captação de água de chuva, bem como estruturar processos culturais e institucionais associados, visando à promoção do desenvolvimento, à formação para essa convivência e ao combate às causas e efeitos da pobreza;
- ∴ Promover o fortalecimento da cidadania e das entidades da sociedade civil para o trabalho em redes e parcerias voltadas para a consecução desses objetivos; atender a região semi-árida dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe.

A gestão do P1MC é feita pelo Sistema Integrado de Gestão e Auditoria (SIGA), que oferece informações e relatórios relacionados com sua execução. O sistema é alimentado pelas Unidades Gestoras Microrregionais (UGMs) de cada estado. Para garantir a segurança e a confiabilidade das informações cadastradas, o sistema mantém uma ligação direta com o *site* da Receita Federal, o que possibilita a conferência imediata de todos os registros no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) e Cadastro de Pessoa Física (CPF).

## 4 A Cisterna do P1MC

A cisterna é construída por pedreiros e pedreiras das localidades rurais, formados e capacitados pelas organizações autorizadas pelo P1MC, as quais executam os serviços gerais de escavação, aquisição e fornecimento da areia e da água e a própria construção. Dos vários modelos de cisternas trabalhados pelas

diversas Organizações Não-Governamentais (ONGs) que participam da ASA, o modelo de placas pré-moldadas de forma cilíndrica é o mais adotado.

A construção de cisternas inicialmente realizada, a partir de iniciativas familiares e/ou comunitárias e com apoio de organizações locais, criou uma referência que inspirou experiências semelhantes e embasou uma política pública concebida e executada pela sociedade civil.

Um convênio firmado pela ASA com o Ministério do Meio Ambiente, em 2001, permitiu o desenvolvimento de um projeto piloto do P1MC para a construção das primeiras 500 cisternas. Sistematizou-se uma metodologia de ações voltadas para a sensibilização e mobilização das comunidades e das instituições governamentais e não-governamentais, de modo a envolver o maior número de atores no processo. Até então, a construção das cisternas tinha servido para testar os melhores modelos e para promover a capacitação de técnicos e pedreiros das instituições e das famílias a serem beneficiadas pelo Programa. Outro benefício foi o impacto direto na economia local e na renda das famílias beneficiárias, além do tempo poupado com a redução da peregrinação em busca de água, permitindo que os sertanejos utilizem esse tempo para o desempenho de outras atividades.

Posteriormente, a Agência Nacional de Águas (ANA) financiou o equivalente a 12.400 cisternas, cujos recursos, somados aos recursos de contrapartidas, resultaram na construção de 12.750 cisternas (ANA, 2005). Em meados de 2003, a ASA estabeleceu uma parceria com o Ministério Especial de Segurança Alimentar (MESA), hoje MDS, que nesse mesmo ano financiou 17.140 cisternas. A Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) financiou mais 10.000 unidades, incluindo a infra-estrutura para a implantação de 48 unidades gestoras nos 11 estados em que o Programa foi implementado (PROGRAMA FOME ZERO, 2005).

Em abril de 2004, as metas atingidas pelo P1MC foram: 42.345 famílias mobilizadas em torno do problema de acesso à água de qualidade; 31.778 famílias capacitadas no gerenciamento de recursos hídricos; 1.789 pedreiros capacitados, e 33.597 cisternas construídas em 565 municípios (COEP, 2005). Dois anos depois, o Programa Cisternas do MDS/ASA já havia construído 107.989 cisternas,

enquanto o total geral implantado pela ASA no semi-árido, com recursos do MDS e de outras fontes, atingia o número de 135.876 cisternas.

## 5 Objetivos da Avaliação

### 5.1 Objetivo Geral

A avaliação do Programa Cisternas tem como objetivo geral quantificar e qualificar o acesso descentralizado das famílias beneficiárias do P1MC à água potável proveniente de cisternas rurais, construídas em conformidade com os coeficientes técnicos especificados pelo Programa, bem como verificar a capacidade de manutenção permanente das referidas cisternas.

### 5.2 Objetivos Específicos

- Analisar a adequação da cisterna aos requisitos técnicos do Programa;
- Avaliar o acesso dos beneficiários aos recursos sustentáveis de água;
- Medir a ocorrência de redução do esforço e tempo gasto pelas famílias beneficiárias, com ênfase nas mulheres;
- Identificar se houve melhoria nas condições de vida dos beneficiários com o aumento da quantidade e com a qualidade da água disponível.

## 6 Metodologia da Avaliação

A metodologia utilizada neste estudo constituiu-se de três fases distintas e simultâneas: integração das bases de dados, definição do tamanho da amostra e pesquisa de campo.

## 6.1 Integração das Bases de Dados

Inicialmente, procedeu-se à integração das seguintes bases: a) a dos dados referentes ao ZANE, utilizada para definir as 11 regiões de amostragem estratificada (Figura 2), ou seja, as Unidades de Paisagem (SILVA *et al.*, 2000); b) a fornecida pelo MDS/SAGI (2004), contendo informações sobre 42.345 cisternas rurais construídas entre meados de 2003 e 31 de dezembro de 2004 (Figura 3). Essa foi utilizada para dimensionar o tamanho da amostra nas onze regiões de estudo e para selecionar as famílias de cada comunidade rural que participariam da avaliação, de modo que fossem representativas para a região do semi-árido; c) as bases da malha municipal digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), da qual foram extraídos os limites regionais e municipais utilizados na seleção dos municípios, cujas comunidades foram avaliadas na escala do Brasil ao milionésimo (1:1.000.000).

Nas base de dados do IBGE, foram obtidas informações referentes à localização:

Das sedes municipais e de outras localidades;

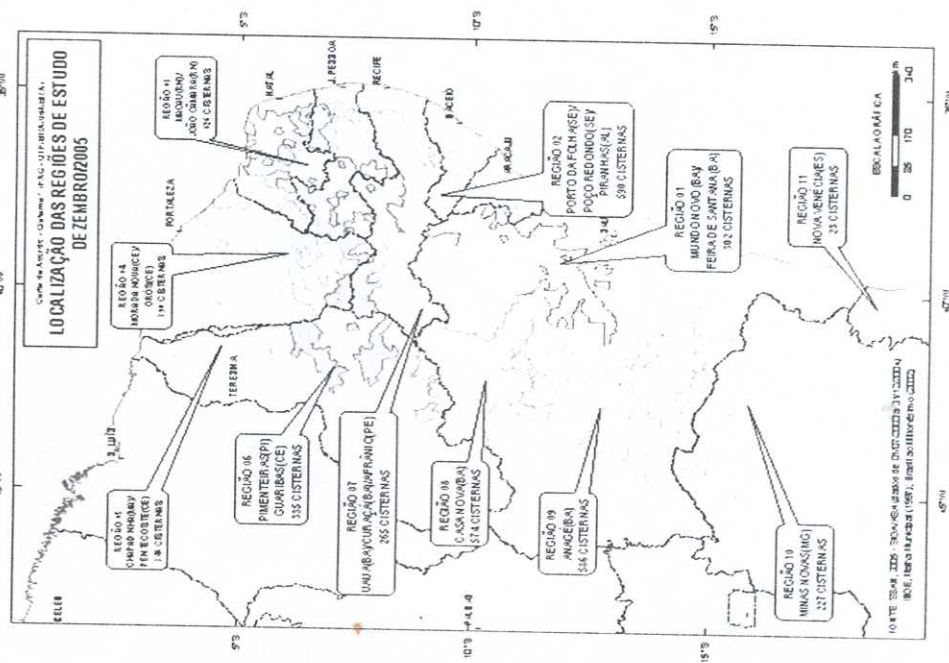
Da rede hidrográfica (rios permanentes e intermitentes, fontes de água perenes e intermitentes) e do sistema viário (rodovias pavimentadas ou não e outras vias);

Dos municípios incluídos no Programa Fome Zero do Governo federal;

Do limite da região semi-árida, segundo o ZANE (SILVA *et al.*, 2000).

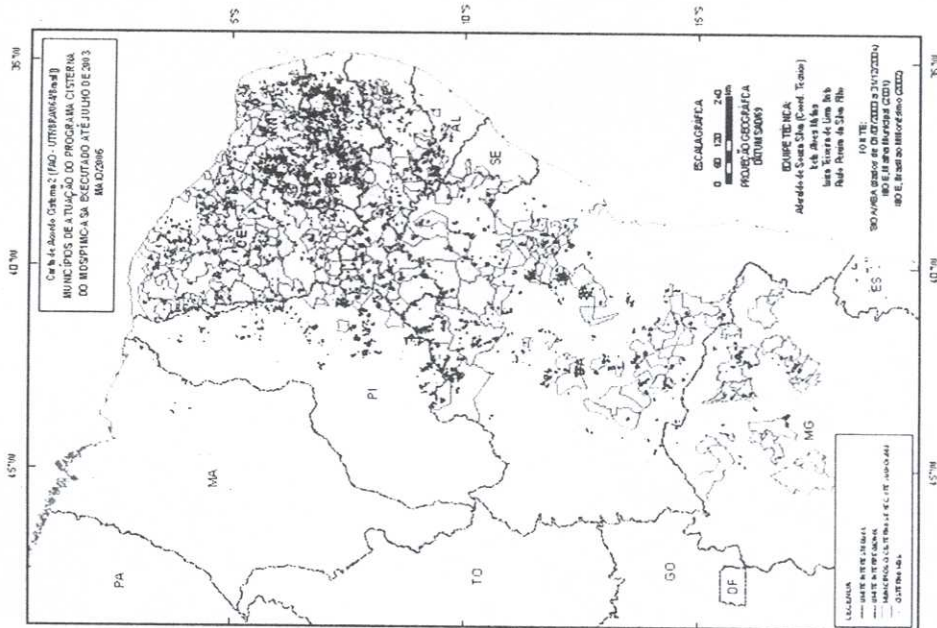
Finalmente, utilizou-se como unidade geográfica de referência ou território o conceito de UG (exposto anteriormente) que, segundo Silva *et al.* (2000), é a entidade espacializada que mais se adapta às metas do desenvolvimento rural. Nessa entidade, o substrato (material de origem do solo), a vegetação natural, o modelado e a natureza e distribuição dos solos na paisagem constituem um conjunto cuja variabilidade é mínima, de acordo com a escala cartográfica.

Figura 2: Mapas de localização das onze regiões de estudo e das UGs



Fonte: Embrapa semi-árido, 2005

Figura 3: Espacialização dos municípios da região semi-árida, incluindo as 42.345 cisternas rurais do Programa do MDS/P1MC-ASA



Fonte: SAGLA/IDS



## 6.2 Definição do Tamanho da Amostra

A população-alvo analisada foi definida em função do processamento da base de dados da SAGI/MDS, considerando todos os estados do Nordeste, região Norte de Minas Gerais e parte do estado do Espírito Santo, totalizando onze regiões de estudo. Para definição do tamanho da amostra, utilizando-se a técnica de amostragem estratificada aleatória, sem especificar o tipo de fixação empregado, com erro máximo admissível e coeficiente  $k$  correspondente ao grau de confiança  $P_k$ :

$$n = \left( \sum \frac{b^2}{W_b} \right) / \left( \frac{e^2}{k^2} + \sum \frac{W_b S_{b2}}{N} \right)$$

O tamanho dos estratos  $N_1, N_2, \dots, N_L$  permitiu obter  $W_b = N_b / N$ ;

A precisão fixada representada pelo erro máximo admissível foi  $e$ ;

O grau de confiança  $P_k$  foi representado pelo coeficiente  $K$ ;

A variabilidade de cada estrato, representada pela variância estimada  $S_{b2}$ ;

O peso  $w_b = n_b / n$  correspondeu a cada estrato na amostra.

Como se considerou cada região geoeconômica um estrato a ser pesquisado, o cálculo do tamanho da amostra  $(n)$  com fixação proporcional foi realizado de acordo com a seguinte equação, admitindo-se que  $N_b / (N_b - 1) = 1$ .

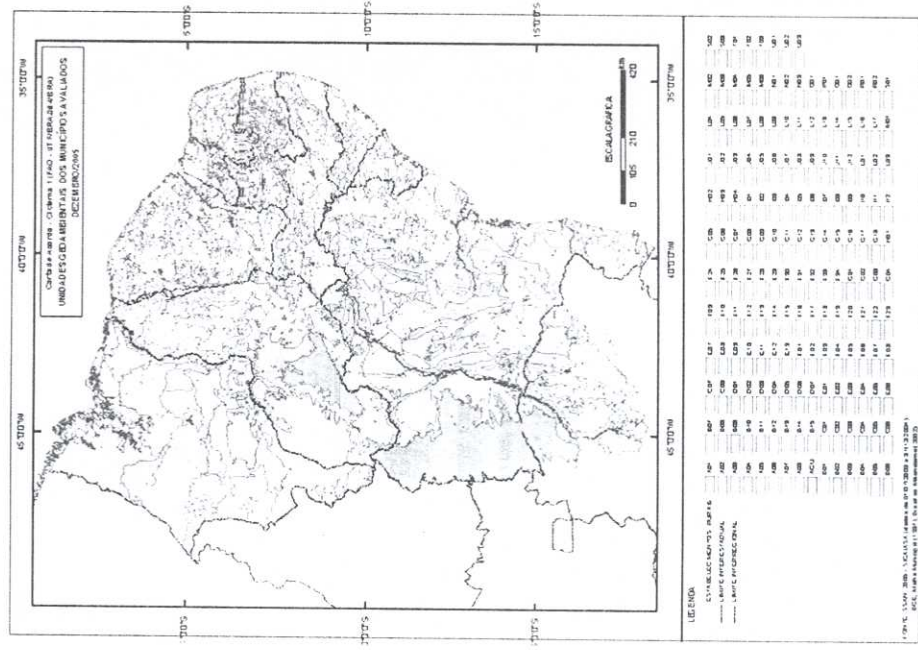
$$n = \left( \sum w_b^2 \frac{P_k Q_k}{W_b} \right) \left( \frac{e^2}{k^2} + \sum W_b P_k Q_k \right)$$

## 6.3 Pesquisa de Campo

A coleta dos dados foi efetuada por meio de um questionário aplicado a 3.517 famílias localizadas em 83 municípios do semi-árido brasileiro (Figura 4), correspondendo a 83 comunidades rurais que têm, na cisterna, a forma de coletar e armazenar água de chuva para seu consumo. O questionário foi construído e validado por meio de pré-testes em campo, contendo 113 questões,

algumas com subdivisões que permitiram avaliar a cisterna e seu entorno, considerando os seguintes aspectos: domicílio, características dos moradores, indicadores de rendimentos do estabelecimento rural, cisterna, relações de gênero, uso da água antes do Programa do MDS/P1MC-ASA, condições de vida dos beneficiários e inventário dos itinerários técnicos sobre a cisterna e análise da qualidade de água.

Figura 4: Mapa das UGs dos municípios avaliados



Fonte: Silva et al. (2000)

A Embrapa Semi-árido estruturou seis cursos regionais, sediados em vários de seus centros de pesquisa no Nordeste e na Escola Modelo Luís Eduardo Magalhães, em Vitória da Conquista (BA), visando a formar e qualificar consultores-inspetores, tendo como público-alvo agentes comunitários de saúde, técnicos de ONGs e da própria Embrapa semi-árido. Para atender aos objetivos propostos, foram definidas três pesquisas de campo:

Pesquisa de campo 1, para avaliação técnica das cisternas, da qualidade das águas e das condições de vida das famílias;

Pesquisa de campo 2, voltada para a avaliação das fontes alternativas de água das comunidades rurais com cisternas do Programa Cisternas do MDS/P1MC-ASA;

Pesquisa de campo 3, direcionada ao georeferenciamento de potenciais riscos de poluição das fontes de água das comunidades.

## 7 Avaliação Técnica do Uso da Cisterna

### 7.1 Volume de Água (V)

A quantidade de água de que uma pessoa necessita para beber e realizar suas atividades básicas – cozinhar e higiene mínima, como lavar as mãos – é 14 litros por dia (SILVA *et al.*, 1985), representada, na equação abaixo, pelo consumo da família ou das pessoas que utilizam a água da cisterna (c). Assim, para dimensionar a água da família, deve-se conhecer o número total de pessoas (n) que irá utilizar a água da cisterna, bem como o período sem chuvas de cada região.

No dimensionamento de uma estrutura hídrica, devem sempre ser considerados os “eventos críticos”, um dos quais, no caso da cisterna, é o período máximo em que não chove na região, mas durante o qual as famílias continuam necessitando de água para a sua sobrevivência. No dimensionamento do volume

total de água para as famílias, foi considerado um período (p) de oito meses, correspondendo a 240 dias por ano sem chuvas. Logo, o volume total (V) foi dado pela seguinte equação:

$$V = n * c * p \quad (m^3)$$

Em que:

V = volume de água da família (m<sup>3</sup>);

n = número total de pessoas da família (unid.);

c = consumo médio diário por pessoa. No meio rural, esse consumo foi estimado em 14 litros (L);

p = período sem chuvas, considerado de 240 dias por ano (dias).

A partir dessas considerações e dos dados obtidos na pesquisa de campo, observou-se que o número total de pessoas por família variou de 1 a 14 pessoas, o que corresponde à necessidade de um volume de água armazenada na cisterna que variou de 3,36 m<sup>3</sup> a 54,60 m<sup>3</sup>, para atender as necessidades das famílias no período sem chuvas.

A partir de uma análise conjunta desses resultados, pôde-se observar que o volume estimado de água captada, que corresponde atualmente a 16,0 m<sup>3</sup> por família, isto é, 16.000 litros, é suficiente para atender às necessidades de 1.809 famílias ou 51,44% do total de 3.517 famílias analisadas em 83 municípios do semi-árido brasileiro.

Teoricamente, o volume atual de água estimado (16,0m<sup>3</sup>) atende às necessidades básicas de famílias com quatro pessoas no máximo, considerando o consumo de 240 dias, período médio sem chuvas na região. Na prática, tal volume supre as necessidades de água para beber e cozinhar de uma família com até cinco membros, no mesmo período.

Observa-se, assim, que famílias com um número maior que cinco pessoas precisarão de duas ou mais unidades de cisternas com capacidade de armazenamento de 16,0 m<sup>3</sup> de água de chuva, para atender a suas necessidades básicas. As famílias

cujas necesidades básicas de água não são atendidas continuam na dependência de outras fontes hídricas situadas longe das moradias, água de má qualidade, em certos períodos do ano transportada em carros-pipas, por um custo além de sua capacidade de pagamento.

Por outro lado, muitas famílias com cinco ou menos pessoas mudam seu modo de vida, introduzindo novos usos para a água. Quando interrogadas sobre esses aspectos, as famílias pequenas, mas com novos hábitos de consumo de água, afirmaram que o volume de água disponível na cisterna, apesar de parecer suficiente, já não correspondia a sua nova realidade familiar.

## 7.2 Área de Captação

No dimensionamento da área de captação ( $A_c$ ), além do volume ( $V$ ) de água a ser armazenado na cisterna para atender às necessidades das famílias, é preciso conhecer, também, a precipitação ( $P$ ) que ocorre no município e a eficiência do escoamento superficial ( $C$ ) da água. Para áreas cobertas com telhas de cerâmica, esse valor corresponde a 0,70. A área de captação ( $A_c$ ) foi calculada pela equação:

$$A_c = \frac{V}{P * C} \quad (m^2)$$

Em que:

$V$  = volume de água da família ( $m^3$ );

$P$  = precipitação média dos anos mais secos (mm);

$C$  = coeficiente de escoamento superficial.

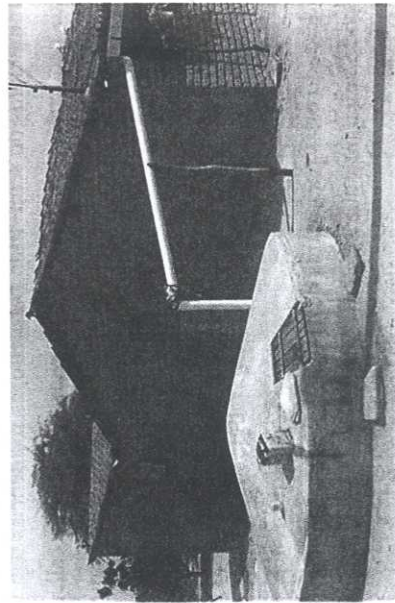
No caso das precipitações ocorridas em cada município, considerou-se, no dimensionamento da área de captação ( $A_c$ ), o valor correspondente à média dos anos mais críticos de uma série de anos, a qual variou de acordo com cada município, ou seja, a média dos anos enquadrados no primeiro quartil (25º percentil). Esse critério foi adotado para dar maior segurança à análise, quanto à ocorrência das chuvas, e também para possibilitar que, mesmo nos anos de seca, a precipitação seja suficiente para encher a cisterna e suprir as necessidades da família.

Geralmente, no semi-árido brasileiro, apenas três em cada dez anos são considerados normais, no que se refere às precipitações pluviométricas (PORTO *et al.*, 1983). Daí a importância de se considerar essa variável no dimensionamento de estruturas hídricas. Nessa perspectiva, municípios com maiores valores de precipitações pluviométricas médias anuais necessitarão de menores áreas de captação para um mesmo volume de água a ser armazenado.

Para captar o volume atual de água ( $16,0 m^3$ ) estimado, foi utilizado, no Programa MDS/P1MC-ASA, o próprio telhado das casas. Na análise dos dados obtidos sobre a área de captação ( $A_c$ ), consideraram-se as residências com uma e duas águas, ou seja, número de caídas de água, como também a quantidade de calhas (bicas) instaladas. Na cisterna cuja  $A_c$  tinha duas águas no telhado, com apenas uma calha, essa área foi considerada pela metade, como mostrado na Figura 5.

A partir dos dados obtidos, observou-se que as áreas de captação dos telhados das casas das famílias nas comunidades avaliadas variaram de  $5,12 m^2$  a  $479,25 m^2$  e que 67,16% das famílias incluídas na avaliação estão sendo plenamente atendidas. No geral, a área de captação necessária para o volume atual de  $16,0 m^3$  variou de  $17,37 m^2$  a  $80,80 m^2$ .

Figura 5: Cisterna com calha ligada a área de captação, embora o domicílio tenha duas águas



Fonte: Arquivos Embrapa

Em razão da limitação do tamanho das áreas de captação atuais em algumas residências, muitas cisternas podem não encher com as baixas precipitações anuais que ocorrem em suas regiões. Para aumentar a eficiência do tamanho das áreas de captação, duas alternativas podem ser implementadas:

- Melhorar a qualidade dos telhados das casas que apresentarem problemas, embora o parâmetro “qualidade do telhado” não tenha sido analisado neste trabalho;

- Aproveitar, ao máximo, a área do telhado.

Na amostra pesquisada (3.517 famílias), em 78,76% das casas há duas calhas ligadas ao telhado das residências. Somente em nove municípios, as cisternas são totalmente ligadas por duas calhas.

Do total de cisternas abrangidas pela pesquisa (3.517), 21,27% (747 cisternas) têm limitações de área de captação, seja porque o telhado das casas tem duas águas, porém só uma calha, ou porque o telhado tem apenas uma água e uma calha. Esse percentual torna-se mais crítico e significativo em anos de precipitações abaixo da média, com conseqüências graves para as famílias que dependem dessa água.

É interessante ressaltar o caso da comunidade de São Mateus, município Castelo do Piauí (PI). Nessa localidade, embora a precipitação média nos anos secos (25º percentil) seja bastante elevada (835, 8mm), quando comparada com a de outros municípios do semi-árido brasileiro, as residências têm uma área de telhado muito pequena, em média 13,3 m<sup>2</sup>, com apenas uma calha, porque há somente uma água. Nesse caso, ocorre *deficit* da área de captação em todas as cisternas, implicando a necessidade de aumentar, significativamente, a área de captação das residências. Em outras palavras, a área do telhado deve ser ampliada para, no mínimo, 27,35 m<sup>2</sup>, suficiente para captar o volume de 16,0 m<sup>3</sup> estimado pelo MDS/P1MC-ASA.

Considerando esses parâmetros de dimensionamento da cisterna e da área de captação, pode-se garantir que a cisterna fornecerá o volume de água necessário

à família, mesmo nos anos mais secos, desde que não ocorram desperdícios da água. Para tanto, as famílias necessitam ser capacitadas.

Para melhor compreensão dessa discussão, foram considerados dois municípios com valores de precipitações extremos: Casa Nova, com 59 famílias analisadas, e Teofilândia, com 43 famílias analisadas, ambos na Bahia, respectivamente com 282,9 mm e 1.316 mm de precipitação média anual para os anos secos (25º percentil).

Na Tabela 1, pode-se observar que os dados de chuva corresponderam às séries de 22 e 18 anos, com 5 e 11 anos, respectivamente, considerados no primeiro quartil (25º percentil). As precipitações médias anuais foram de 384,95 mm e 1.564,35 mm em cada município. O total de pessoas da família variou de 1 a 11 em Casa Nova, e de 2 a 13, em Teofilândia. Assim, as necessidades de água, ou seja, o volume necessário para atender às famílias pode não ter diferenças tão significativas, variando de 3,36m<sup>3</sup> a 36,96 m<sup>3</sup> e de 6,72 m<sup>3</sup> a 43,68 m<sup>3</sup> por família.

Porém, para esses municípios, o volume atual (16,0 m<sup>3</sup>) atende às necessidades básicas de 56,67% e 18,6% das famílias, respectivamente, isto é, daquelas famílias com até cinco pessoas. No tocante às áreas atuais de captação, pode-se observar que elas variaram de 26,68 m<sup>2</sup> a 205,02 m<sup>2</sup> para Casa Nova, e de 14,52 m<sup>2</sup> a 109,20 m<sup>2</sup>, para Teofilândia. Mas as áreas de captação necessárias para os 16,0 m<sup>3</sup> de água estimados são, respectivamente, de 80,80 m<sup>2</sup> e 17,37 m<sup>2</sup> nesses municípios.

Em Casa Nova, apenas 20 cisternas ou famílias (33,3%) são atendidas com relação ao tamanho dessa área, isto é, para 39 cisternas (famílias), a área de captação não é suficiente, porque oito casas têm apenas uma calha. Por outro lado, em Teofilândia, apenas três cisternas (famílias) necessitam que suas áreas de captação sejam aumentadas, devido aos elevados valores de precipitação que ocorrem nesse município.

**Tabela 1:** Exemplo comparativo entre os municípios de Casa Nova e Teofilândia (BA)

Estado	Município	Comunidade	Número Cisternas
BA	Casa Nova	Lago	59
<b>Precipitação Média</b>			
Série (anos)			22
Anos secos			5
Quantidade dias sem chuva por ano			240
P média anual (mm)			384,95
P média anual período seco: 25% (mm)			282,93
P média anual úmido: 50% (mm)			348,85
P média anual úmido: 75% (mm)			456,40
<b>Necessidade de Água</b>			
No. pessoas/família			4,59
	Médio		11,00
	Máximo		1,0
	Mínimo		16,00
Vol. Atual Cisterna (m³)			34 (56,67%)
Atendimento atual de famílias			15,23
Volume água nec./família (m³)		Médio	36,96
		Máximo	3,36
		Mínimo	
<b>Área Captação (Ac)</b>			
Varição da Ac atual: (m²)		Médio	76,23
		Máximo	205,02
		Mínimo	26,68
Ac mínima necessária: Ps (m2)			80,80
Ac atual com 2 calhas			52 (86,7%)
Ac atual (Ps) atende famílias			20 (33,3%)
Ac em função Vol. nec.: Ps (m2)		Médio	76,92
		Máximo	186,64
		Mínimo	16,97

Estado	Município	Comunidade	Número Cisternas
BA	Teofilândia	Pedra Grande	43
<b>Precipitação Média (mm)</b>			
Série (anos)			18
Anos secos			11
Quantidade dias sem chuva por ano			240
P média anual (mm)			1.564,35
P média anual período seco: 25% (mm)			1.316,00
P média anual normal: 50% (mm)			1.595,30
P média anual úmido: 75% (mm)			1.737,45
<b>Necessidade de Água</b>			
No. pessoas/família			6,84
	Médio		13,00
	Máximo		2,00
	Mínimo		16,00
Vol. Atual Cisterna (m³)			8 (18,6%)
Atendimento atual de famílias			22,97
Volume água nec./família (m³)		Médio	43,68
		Máximo	6,72
		Mínimo	
<b>Área Captação (Ac)</b>			
Varição da Ac atual: (m²)		Médio	43,36
		Máximo	109,20
		Mínimo	14,52
Ac mínima necessária: Ps (m2)			17,37
Ac atual com 2 calhas			34 (79%)
Ac atual (Ps) atende famílias			37 (86,0%)
Cisternas com 2 calhas em todas AC			37 (86,0%)
Ac em função Vol. nec.: Ps (m2)		Médio	25,17
		Máximo	47,42
		Mínimo	7,29

Fonte: MDS/ASA, 2004

## 7.3 Manejo da Água da Cisterna

### 7.3.1 Componentes Básicos

A água é essencial à vida. Entretanto, para que de fato contribua para a sustentabilidade da vida, é preciso que seja quantitativamente suficiente e qualitativamente adequada, além de estar disponível para o consumo humano sempre que a necessidade o exigir. A cisterna, quando planejada com base nas necessidades da família, pode garantir a quantidade, a qualidade e a oportunidade de água potável necessária ao consumo familiar nas comunidades rurais. Para isso, alguns componentes básicos e cuidados são essenciais, como relatados por Silva *et al.* (1985):

**Localização:** o local para construção da cisterna deve ser longe de lixões, currais, fossas ou outros pontos de poluição que possam colocar em risco a qualidade da água e/ou comprometer a estrutura da cisterna. Deve estar próxima da casa, para facilitar a captação da água do telhado;

**Cerca de arame:** a cisterna deve ser cercada para evitar que pequenos animais (galinhas, cabritos) subam na cobertura e levem sujeira para dentro da cisterna, além de evitar acidentes com crianças;

**Calçada:** a cisterna deve ser rodeada por uma calçada, a fim de evitar infiltrações da água de chuva nas laterais do tanque de armazenamento e comprometer sua estrutura;

**Sangradouro:** é essencial a colocação de sangradouro no tanque, de modo a permitir o escoamento do excedente da água armazenada;

**Aeradores:** nas paredes da cisterna, devem ser colocados tubos, de modo a permitir a renovação do oxigênio dissolvido na água. Um desses aeradores pode ser o próprio sangradouro. Na extremidade dos tubos, deve ser colocado um ralo ou uma tela, para evitar a entrada de insetos, pequenos animais e materiais grosseiros que possam contaminar a água armazenada;

**Bomba manual:** para evitar o contato direto com a água e, em alguns casos, o uso de vasilhas não adequadas em sua retirada, a cisterna deve ser acoplada a uma bomba manual. Assim, a água pode ser bombeada diretamente para um reservatório menor, localizado na cozinha da casa;

**Calhas:** toda cisterna deve contar com calhas para conduzir a água da área de captação, normalmente o telhado das casas, para o tanque de armazenamento. São necessários alguns cuidados com as calhas, para que elas coletem toda a água sem provocar desperdícios. Com as elevadas temperaturas comuns na região, geralmente as calhas de tubos de PVC se deformam, dificultando a captação da água, principalmente quando as chuvas vêm com maior intensidade;

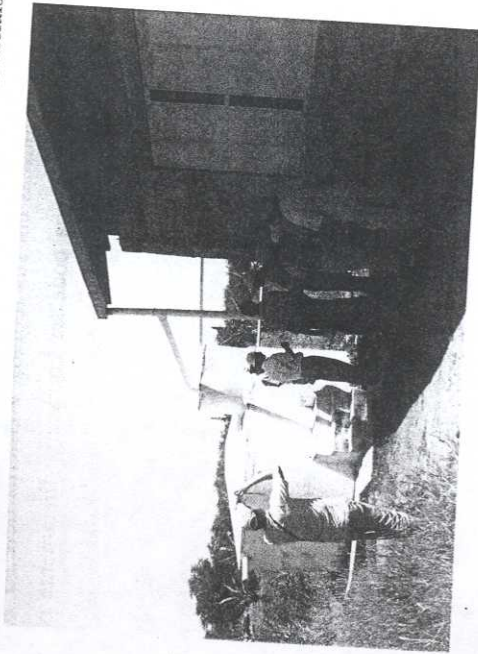
**Primeiras águas:** a água das primeiras chuvas deve ser eliminada ou utilizada para outros fins, pois pode conter fezes de pequenos animais, poeira, folhas secas, restos de animais que possam estar no telhado e contaminar a água da cisterna. Atualmente, já se encontram dispositivos simples e baratos que, com facilidade, podem ser conectados a tubulação da cisterna;

**Porta:** na cisterna, deve-se instalar uma porta de acesso para a sua limpeza. Essa porta deve ser mantida fechada, para evitar acidentes com crianças e animais;

**Limpeza da cisterna:** a cisterna deve ser lavada uma vez por ano, sempre antes do início das novas chuvas, de forma a não misturar a água antiga à nova. Porém, é importante não deixá-la vazia, pois isso pode provocar rachaduras e infiltrações.

Na Figura 6, pode-se observar uma cisterna, construída na área de treinamento do Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA), que contém muitos dos elementos essenciais anteriormente descritos.

Figura 6: Cisterna com alguns elementos essenciais



Fonte: Arquivos Embrepa

### 7.3.2 Tratamento da Água de Beber

Os padrões de qualidade de água variam em função do uso. Para consumo humano, a legislação brasileira, por meio da Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (MS), dispõe que “toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água”. Esse documento define como água potável “aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de potabilidade, e não oferece risco à saúde” (BRASIL, 2004). Para garantia da qualidade, a água deve ser filtrada e tratada, como recomendado abaixo:

**Filtragem:** a água da cisterna destinada ao consumo humano deve ser filtrada. Os filtros podem ser os comumente encontrados no comércio ou de tipo caseiro. As velas devem estar sempre limpas e ser trocadas quando necessário;

**Tratamento:** a água deve ser tratada em um reservatório de menor tamanho localizado na cozinha, como filtro, jarra, pote.

Os processos mais baratos de tratamento de água para beber e que requerem menos tecnologias são simples, como fervura da água (prática pouco comum), filtragem com areia ou filtro doméstico, exposição da água ao sol e adição de cloro líquido à água. No meio rural do semi-árido brasileiro, as formas mais usuais de tratamento da água de beber são a filtração e a cloração, principalmente das águas de chuva que se encontram armazenadas em cisternas.

O cloro utilizado no processo de desinfecção da água apresenta-se sob forma gasosa, líquida (hipoclorito de sódio) e sólida (hipoclorito de cálcio); é o biocida mais empregado na desinfecção da água. A escolha do produto a ser utilizado deve ser feita segundo o atendimento a fatores como: eficiência, custo, quantidade necessária do reagente, facilidade da operação, segurança e outros. Após o tratamento, permanece na água uma quantidade de cloro residual, bem como subprodutos da desinfecção.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Portaria nº 518, do MS, de 25 de março de 2004, consideram que uma concentração de 0,5 mg/L de cloro livre residual na água, depois de um tempo de contato mínimo de 30 minutos, garante uma desinfecção satisfatória. Por outro lado, a OMS salienta que não se observa nenhum efeito nocivo à saúde, no caso de a concentração de cloro livre atingir 5 mg/L. Essa concentração foi considerada um valor de referência e não um valor a ser alcançado (OPAS/OMS, 1999; BRASIL, 2004).

A Tabela 2 contém dosagens diferenciadas do produto à base de cloro (hipoclorito de sódio), a serem utilizadas de acordo com o volume de água a ser desinfectado. Alerta-se para que se aguarde o tempo mínimo de 30 minutos para se consumir a água, após o uso do cloro. É recomendável desinfetar pequenos volumes de água, o suficiente para atender a família por uma ou duas semanas.

**Tabela 2:** Quantidade de cloro líquido para desinfecção de água destinada ao consumo humano

Produto	Quantidade	Volume de água (Litros)	Tempo mínimo de espera
Hipoclorito de sódio (10%)	20 mL (2 colheres de sopa)	1.000	30 minutos
	1,0 mL	50	30 minutos
	0,5 mL	25	30 minutos

Fonte: Amorim e Porto, 2001

O cloro deve ser aplicado com a água a um valor de pH menor que 8,0. Alternativamente, devem ser seguidas as recomendações dos agentes de saúde que atuam na comunidade para o tratamento da água.

Da Tabela 3, consta uma síntese da análise global de algumas variáveis relacionadas com o manejo da água realizado em 3.517 cisternas, analisadas pela pesquisa do MDS/PIMC-ASA em 83 municípios do semi-árido brasileiro. Esse total corresponde a 3.517 famílias, às quais foram feitas perguntas sobre diversas questões. Pode-se observar, pela tabela adiante, que 48,37% das cisternas foram construídas há menos de um ano, e 37,99%, entre um e dois anos. Constatou-se, também, que todas as famílias receberam informações sobre a cisterna por meio de cursos ou treinamento, cartilhas, cartazes, reuniões, além de outras formas de documento. As informações foram relacionadas com o processo construtivo da cisterna, com a forma de retirar água, fazer a limpeza freqüente e como armazenar a água da cisterna na residência. Em geral, essas informações foram dadas tanto pelo pedreiro, construtor, quanto pelas organizações não-governamentais, sindicatos, igrejas e associações. Sobre o destino da água armazenada na cisterna, 87,94% das famílias responderam que sempre é para beber, mas também a utilizam para higiene (52,83%) e para cozinhar (76,77%).

**Tabela 3:** Síntese de variáveis relativas ao processo de construção, manejo, limpeza e tratamento da água das cisternas, realizado pelas famílias

Estados: 11	Municípios/Comunidades: 83			No. Cisternas: 3.517
	< 1 ano	1 - 2 anos	> 2 anos	
Tempo construção (%)	48,37	37,99	5,57	
Informação recebida:	Pedreiro e/ou ONG e/ou Sindicato e/ou Associação e/ou Igreja			
Forma transmissão:	Reuniões, cursos, material impresso (cartilha, jornal, folheto, cartaz)			
Tipo informação (%):	Retirada	Construção	Limpeza	Armazenamento
	87,43	74,67	88,68	82,74
Uso água (%):	Beber	Higiene	Cozinhar	Outros
	87,94	52,83	76,77	25,33
Manejo (%):	Lavada	Dias s/água	Só chuva	Elimina l.a.chuva
	92,69	11,83	69,01	82,31
Tratamento água cisterna (%): Armazenamento	Jarra/Pote/Balde	Filtro c/vela	Filtro s/vela	
água na residência (%):	68,04	20,64	0,91	
Forma retirada água (%):	Bomba		Manual	
	36,93		58,17	
Tratamento da água na residência (%):	Cloro	Ferve	Filtra	Não trata
	35,12	0,51	22,01	38,56
Problema na cisterna:	Construtor	Família	Outra pessoa	Não consertou
16,89%	3,30	1,99	0,71	10,09
<b>Nível de satisfação das famílias (%):</b>				<b>97,31</b>

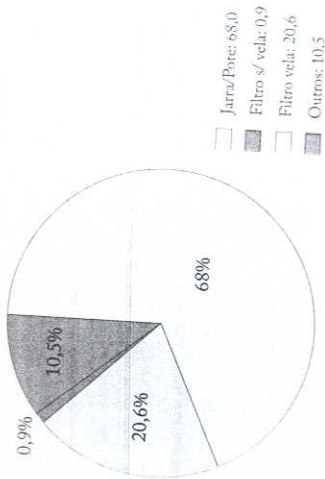
Fonte: MDS/ASA, 2004



No contexto do manejo da água, observa-se que 92,69% das cisternas foram lavadas após a construção, e que 82,31% das famílias eliminam as águas das primeiras chuvas. Porém, apenas 36,93% das famílias dispõem de bombas para retirada da água da cisterna. A bomba, além de facilitar o processo de retirada da água do tanque, canalizando-a diretamente da cisterna para dentro da residência, também permite reduzir as incidências de sua contaminação, quando comparada ao uso do balde ou lata com corda, que, normalmente, ficam expostos ao ambiente e podem, eventualmente, ser usados para outras finalidades.

Com relação ao tratamento da água para o consumo familiar, observou-se que 35,80% das famílias fazem tratamento diretamente na cisterna. Dentro das residências, 68% armazenam a água de beber em jarras, potes ou baldes; 20,6% usam filtro com vela, e 0,91%, filtro sem vela (Figura 7).

**Figura 7:** Distribuição das formas de armazenamento de água dentro do domicílio



**Figura 8:** Forma de armazenamento de água dentro do domicílio



Fonte: Arquivos Embrapa

A confirmação do processo de filtragem da água foi obtida quando as famílias foram interrogadas sobre o tipo de tratamento da água para beber: (i) 22,01% das famílias responderam que filtram a água de beber; (ii) 35,12% afirmaram usar cloro, e (iii) 38,56% disseram não tratar a água antes de beber. Para essas famílias que não tratam a água antes de consumi-la, é importante que as secretarias de saúde as orientem quanto à relevância desse aspecto, o que pode ser feito por meio dos agentes comunitários de saúde que as atendem.

Apenas 16,89% das cisternas apresentaram problemas de diferentes tipos. Desse total, 10,09% ainda não tinham sido consertadas no momento da realização da pesquisa de campo para este trabalho (agosto/2005). Os problemas mais comuns identificados foram: rachadura nas paredes e vazamento da água; nunca seguiu água; não atende às necessidades da família; problema com a bomba; a família prefere a água da cacimba; a água da cisterna não é limpa; a cisterna não encheu, porque a chuva foi pouca; a cisterna não enche, porque a bica é mais baixa que a cisterna.

### 7.3.3 Análises Física, Química e Bacteriológica das Águas

Foram coletadas 396 amostras para análises físicas, químicas e bacteriológicas da água das cisternas, dos filtros e dos potes dentro das residências, como também da fonte de água principal da comunidade. Considerou-se como principal aquela fonte hídrica, que suporta períodos de seca prolongada e atende ao consumo das famílias, como: açudes, barragens, cacimbas, nascentes, rios, chafarizes, poços tubulares e amazonas, canais e cisternas. A coleta das águas foi realizada de acordo com as recomendações do laboratório Controle Hídrico de São Paulo (COHESP-LAG), responsável pelas análises e emissão de laudos de potabilidade. As variáveis analisadas se referiam a:

Caracteres organolépticos: aspecto e odor/gosto;

Determinações diversas: Cor (Pt/L), Turbidez (NTU), pH, Sólidos Dissolvidos Totais - SDT (mg/L), Oxigênio Consumido (mg/L), Amônia (mg/L NH<sub>3</sub>), Nitrito (mg/L N), Nitrito (mg/L N), Alcalinidade de Hidróxidos (mg/L CaCO<sub>3</sub>), Alcalinidade Total (mg/L CaCO<sub>3</sub>),

Dureza Total (mg/L CaCO<sub>3</sub>), Ferro (mg/L Fe), Gás Carbônico (mg/L CO<sub>2</sub>), Cloretos em Cloro (mg/L Cl<sup>-</sup>), Cloro Residual Livre (mg/L Cl), Sulfatos (mg/L SO<sub>4</sub>), Fluoreto (mg/L F<sup>-</sup>) e as bactérias relacionadas com os Coliformes Totais, Termotolerantes (NMP) e Heterotróficas (UFC/mg).

A partir dos dados obtidos, pôde-se observar que, em algumas cisternas, o teor de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), que expressam a salinidade da água, foram elevados, enquanto a água proveniente da chuva normalmente apresenta baixa salinidade. Como exemplo, duas cisternas em Teofilândia (BA) apresentaram SDT iguais a 817,0mg/L e 875 mg/L. A partir de tais valores, verificou-se que essas cisternas recebiam água sem ser tratada, transportada por carro-pipa. Outra variável de muita importância na qualidade das águas é seu potencial hidrogeniônico, representado pelo pH. Observou-se que, em todas as amostras, os valores de pH estão de acordo com o recomendado pela Portaria n.º 518 do MS (BRASIL, 2004), que rege os parâmetros de qualidade de água para consumo humano, ou seja, estão entre 6,0 e 9,5, à semelhança das demais variáveis analisadas, com exceção das bacteriológicas.

No contexto da qualidade bacteriológica, comparou-se a potabilidade da água com a efetivação ou não do tratamento realizado nas residências, por meio do cloro, de fervura ou uso de filtro, bem como com água não tratada. Pelos resultados das 396 análises realizadas com amostras das cisternas e dos filtros das residências em diferentes comunidades, pôde-se observar que 219,0 amostras são potáveis, o que corresponde a 55,3% do total analisado; 177 (44,7%) estão contaminadas. O percentual de cisternas com água contaminada foi superior ao número de famílias que afirmaram não realizar nenhum tratamento na água de beber (38,56%); 35,12% disseram utilizar cloro.

É importante destacar que das 119 principais fontes de abastecimento de água para as comunidades rurais (águas subterrâneas e superficiais) analisadas, 68 (equivalente a 57,14%) apresentaram indicadores de contaminação, isto é, estão fora dos padrões de potabilidade recomendados.

## 8 Conclusões e Recomendações

Não há dúvidas de que a cisterna é uma tecnologia relevante para a sustentabilidade das famílias rurais do semi-árido brasileiro, pela garantia da água para consumo humano em uma região na qual a disponibilidade hídrica é um fator crítico.

O alto grau de satisfação das famílias com o Programa, expressado por 97,31% dos entrevistados, é revelador da importância das cisternas para a sustentabilidade do "modo de vida sertanejo", em seu esforço de "convivência com o semi-árido". Portanto, nenhuma recomendação é mais relevante do que a de se tentar massificar a construção de cisternas domiciliares no semi-árido brasileiro, para beneficiar, principalmente, a todos os grupos sociais mais vulneráveis da região.

Entretanto, verifica-se que os fatores de sustentabilidade da gestão da água doméstica nas comunidades rurais do semi-árido brasileiro ainda não estão completamente internalizados, em função do pequeno espaço de tempo entre a implantação do Programa Cisternas do MDS/PIMC-ASA e esta avaliação.

Algumas limitações foram verificadas, no que diz respeito ao volume de água disponibilizado nas cisternas para o consumo familiar. Constatou-se, por exemplo, que para famílias com mais de cinco pessoas por domicílio, o volume captado pela cisterna pode ser insuficiente para garantir o consumo de toda a família durante o período de estiagem. Essa questão, no entanto, pode vir a ser ajustada pelo Programa, com o aumento da capacidade de armazenamento das cisternas ou com a construção de mais de uma cisterna por família. Evidentemente, qualquer opção de reprogramação técnica implicará a necessidade de estudos *ex-ante* mais aprofundados, os quais não foram objeto da presente pesquisa.

A respeito da captação da água, a avaliação concluiu que a melhoria da qualidade dos telhados das casas que apresentarem problemas, bem como o aproveitamento máximo da área atual dos telhados, via implantação de duas calhas, por exemplo, são fatores importantes para garantir uma boa captação de água pela cisterna, com impactos diretos na disponibilidade de água para a família.

Quanto à qualidade e à potabilidade da água das cisternas, a verificação de problemas em 44,7% das análises pode indicar a necessidade de melhoria da capacitação das famílias para o manejo das cisternas e tratamento da água para consumo. Entretanto, devem ser consideradas algumas limitações metodológicas deste levantamento preliminar, como é o caso da limitação da amostra (apenas 396 cisternas) e o fato de as cisternas analisadas terem, à época da avaliação, pouco tempo de construídas. A maioria contava, apenas, com alguns meses de construção e não tinham sequer recebido as primeiras chuvas; estavam abastecidas com águas de outras procedências (carros pipas, açudes, barreiros etc.).

De todo modo, a qualidade da água das cisternas, especialmente no que se refere à água para consumo humano, deve ser assumida como uma prioridade pelo Programa. Nesse sentido, a capacitação das famílias deve reforçar a necessidade de filtragem da água para beber, o manejo e o tratamento da água armazenada, além do cuidado no sentido de evitar o abastecimento da cisterna com águas de outras fontes, uma vez que a tecnologia foi concebida para a captação de água de chuva. Evidentemente, dada a restrição hídrica da região semi-árida, essa questão permanece como um grande desafio a ser enfrentado pelo MDS e a ASA, no aperfeiçoamento do Programa.

## Bibliografia

- AMORIM, M. C. C. de; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva 3. 2001, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: ABCMAC. 2001. CD-ROM.
- ASA. Articulação no Semi-árido Brasileiro. **Programa de formação e mobilização social para a convivência com o semi-árido: um milhão de cisternas**. Disponível em: <www.asabrasil.org.br/p1mc.htm> Acesso em 9 dez. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO DE LIDERANÇAS. **Grupo Água Viva: trabalho em grupo**. São Paulo: ABDL; PRONORD, 2004. Disponível em: <www.lead.org.br/article/view/213/90>. Acesso em: 16 ago. 2005.

BARBOSA, E. M. Crítica ao modelo atual de desenvolvimento agrícola e à transição agroecológica no semi-árido. In: Encontro Nacional de Agroecologia, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa; FASE; Viçosa: Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata, 2003. p. 25-32.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o semi-árido. **Um milhão de cisternas rurais: P1M**. Brasília, Disponível em: <www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/UsosMultiplos/arqs/P1MC.doc>. Acesso em: 10 ago. 2005.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial n.º 1, de 09 de março de 2005. **Diário Oficial**, Brasília, 11 de março de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004. **Diário Oficial**, Brasília, 26 de março de 2004. Seção 1, p. 266.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Cisternas**. Brasília, DF. Disponível em: <www.mds.gov.br/secretaria/secretaria01\_02.asp>. Acesso em: 10 set. 2005.

COEP. Comitê de Entidades no Combate à Fome e pela Vida - COEP Seminário Internacional, 1., 2004, Maceió-AL. **Anais...**Maceió : COEP, 2004. Disponível em <www.coeppbrasil.org.br/seminário/documentos/p-jeronimo.html>. Acesso em: ago. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal Digital do Brasil**. Rio de Janeiro. 19p. CD-ROM. 2000.

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. de. (ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 139-164. il.

MDS. Ministério do Desenvolvimento Social. Avaliação Ambiental da Performance do Programa Cisternas do MDS em parceria com a ASA: Índice de Sustentabilidade Ambiental. Funder/Embrapa semi-árido, 2005.

OPAS/OMS. Organização Pan-Americana de Saúde. Água - La desinfección del agua. 1999. Disponível em: <www.paho.org/spanish/HEP/HES/agua.htm> Acesso em 17 fev. 2006.

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

PROGRAMA FOME ZERO. Programa um Milhão de Cisternas (P1MC): **Região do semi-árido brasileiro**. Disponível em: <www.fomezero.org.br/publica/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?from\_info\_index=11&infoid=2774&ssid=36&tpl=view\_am>. Acesso em 12 ago. 2005.

SILVA, F.B.R.e; RICHE, G.R.; TONNEAU, J.P. *et al.* **Zonamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA-CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v. EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 80).

SILVA, F.B.R. e; SANTOS, J.C.P. dos; SOUZA NETO, N.C. de *et al.* **Zonamento Agroecológico do Nordeste do Brasil: diagnóstico e prognóstico**. Recife: Embrapa Solos- Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste-ERP/NE/ Petrolina, PE: Embrapa semi-árido, 2000. (Embrapa Solos. Documentos; 14), CD.

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: EMBRAPA-CPATSA, 1988. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 16).