

Avaliação do modelo de cisterna adotado pelo programa um milhão de cisternas no município de Sousa-PB

Evaluation of cistern model adopted by the one million cisterns program in the municipality of Sousa-PB

• **Data de entrada:**
06/12/2021

• **Data de aprovação:**
26/12/2022

Valterlin da Silva Santos^{1*} | Antonione Pontes Abrantes¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.066>

ORCID ID

Santos VS  <https://orcid.org/0000-0002-4789-2937>

Abrantes AP  <https://orcid.org/0000-0002-4628-0250>

Resumo

As cisternas de placas surgem como uma tecnologia viável para promover o acesso à água potável às populações rurais do semiárido brasileiro. Entretanto, foram constatados problemas com relação à efetividade do suprimento de água por meio das cisternas. Assim, este estudo objetivou avaliar a eficiência da cisterna de placa adotada pelo Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) no atendimento das necessidades das famílias beneficiadas no município de Sousa - PB. Para tanto, desenvolveu-se um modelo de simulação para verificar o volume de água da cisterna e o atendimento às famílias, considerando um evento climático extremo (seca) e diferentes tipos de área de telhado e quantidades de pessoas nas residências. Os resultados mostraram que as residências com cinco pessoas só terão suas necessidades hídricas atendidas caso a área do telhado seja no mínimo de 90 m². O atendimento de outras residências com área de telhados diferentes dependerá da quantidade de pessoas na residência.

Palavras-chave: Cisterna de placa. Eficiência. Semiárido.

Abstract

The cisterns emerge as a viable technology to promote the availability of drinking water to rural populations in the Brazilian semiarid. However, some problems regarding the effectiveness of water supply families through this cistern were reported. So, this study aimed to analyze the efficiency and performance of P1MC's cistern in meeting the water needs of beneficiary families in Sousa-PB. For this, it was developed a simulation model to verify the volume of water from the cistern considering an extreme weather event (dry) for different types of roof area and residents in the house. The results showed that residence with five people will supply their water needs if the roof area was greater than or equal to 90 m². The supply of other residences with different roofs area will depend on the number of members in the house.

Keywords: Cistern. Efficiency. Semiarid.

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - Campina Grande - Paraíba - Brasil.

* **Autor correspondente:** valterlin@yahoo.com.br.

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro tem características climatológicas que se caracterizam pela distribuição irregular, tanto temporal como espacial, do volume chuvas, ocorrendo períodos de estiagens (secas) frequentes que provocam enormes prejuízos econômicos, sociais e ambientais (LUNA et al., 2011; ARAUJO, 2012; SOUSA et al., 2017).

Essas estiagens fragilizam, principalmente, as comunidades rurais que não contam com um sistema de saneamento, tanto para o consumo humano como para a agricultura (ALMEIDA e SOBRINHO, 2016).

A indisponibilidade de água na zona rural gera graves problemas, como grande esforço físico por parte das famílias que caminham grandes distâncias à procura de água para suprir as necessidades diárias; comprometimento do desenvolvimento socioeconômico local; e aumento do número de casos de doenças provenientes de contaminação por ingerir água de má qualidade (SILVA et al., 2014)

Para suprir a deficiência hídrica no meio rural, diferentes alternativas têm sido desenvolvidas e/ou adaptadas às condições semiáridas brasileiras visando ao armazenamento das águas das chuvas. Segundo MIRANDA (2011), a captação da água de chuva é uma das formas mais simples, viáveis e baratas para garantir o armazenamento hídrico na região.

Nessa perspectiva, as cisternas de placas surgem como uma das principais formas de captação e armazenamento da água de chuva. Isso porque aumentam o abastecimento existente e suprem a demanda em épocas de escassez, permitindo beneficiar várias famílias e diminuir o impacto da estiagem, principalmente em áreas rurais (SOUSA e SOUSA NETO, 2011).

Uma das soluções para promover o acesso à água veio da Articulação Semiárido Brasilei-

ro (ASA), que criou o “Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC” (SILVA et al., 2014). A ideia é que não há como acabar com a seca, já que é um fenômeno climático comum e indeterminado; mas sim programar processos participativos para se adaptar a ela destacando para isso a questão da sustentabilidade (ASA, 2013).

O P1MC iniciou suas atividades em 2003, propondo fomentar ações de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do semiárido, por meio do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização, do envolvimento e da capacitação das famílias, a partir de uma proposta de educação processual, que se operacionaliza em participação, mobilizações, reuniões, capacitações, engajamento, formação de agentes multiplicadores, das ações e habilidades propostas (SOARES JUNIOR e LEITÃO, 2017).

O objetivo do P1MC é beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas em toda a região semiárida, com água potável para beber e cozinhar, por meio da construção de cisternas de placas com capacidade de armazenamento de água de 16.000 litros em localidades rurais atingidas por esse tipo de clima, de forma a atender às necessidades hídricas para uma família (SOUSA et al., 2012).

Para a ASA (2013), o P1MC remete à democratização da água para todos, tendo em vista que é um direito favorável e condição prévia para uma vida digna. Com isso, busca-se criar oportunidades no sentido de contribuir para que cada família da região tenha acesso à água, aprimorando a concepção de um Semiárido mais cidadão.

Silva et al. (2014) ressaltam que as cisternas de placa é uma tecnologia eficiente e capaz de suprir as necessidades hídricas durante o período de estiagem (8 meses), promovendo o acesso/disponibilidade à água, e “independência hídrica”, gerando assim a sustentabilidade das famí-

lias rurais em meio às adversidades edafoclimáticas do Semiárido brasileiro.

Medeiros et al. (2010) relatam que os resultados do programa têm alcançado outras dimensões, como gerar reflexões sobre a vida comunitária, a fim de que prevaleça a união entre os seus membros, as formas de participação e organização popular, modos criativos de buscar outras políticas, e têm contribuído, assim, com a transformação de outros aspectos do cotidiano das famílias

Morais, Paiva e Sousa (2017), analisando o P1MC no Estado do Rio Grande do Norte, concluíram que o programa é amplamente efetivo no atendimento aos seus pressupostos (Fortalecimento da autoestima, Socialização das experiências, Fortalecimento da cidadania, Aprender-fazendo e Envolvimento das famílias), possuindo caráter centrado na formação para a convivência com o semiárido, pelo viés da autonomia das famílias e da organização sociopolítica e comunitária.

Soares Junior e Leitão (2017), analisando a implantação do P1MC, na região do Semiárido de Pernambuco, perceberam que o programa fomentou, por meio da participação de alguns atores sociais, a ampliação do saber fazer, em que pese o fato de que uma parte dos beneficiários considera de cunho político e assistencialista as ações do Programa.

Lordelo et al. (2017), avaliando o uso e o funcionamento das cisternas do P1MC no semiárido baiano, evidenciaram um alto nível de satisfação dos usuários com as ações do P1MC, já que as cisternas significaram o acesso à água nas proximidades do domicílio, implicando em alterações significativas no modo de vida e nas estratégias para a garantia de um direito tão essencial quanto a água.

Marinho, Campos e Lima (2019), avaliando a percepção da importância das cisternas de placas pelos moradores da Comunidade Torre, zona

rural de Serra Redonda, Agreste Paraibano, evidenciam o reconhecimento dos benefícios trazidos pelas cisternas de placas por parte dos moradores, ao mesmo tempo em que reafirmam as melhorias à qualidade de vida promovidas pela implantação dessa tecnologia na comunidade.

Pereira e Souza (2020), verificando a percepção dos moradores da comunidade de Lagoa da Roça - BA em relação ao uso da cisterna de placas, constataram que as famílias beneficiadas afirmam receber água para o consumo de boa qualidade, reduzindo os casos de diarreias antes existentes, sendo que a água armazenada dentro das cisternas no período das chuvas superou as expectativas propostas.

É relevante a compreensão de que essa tecnologia tenha desencadeado mudanças reais na vida de agricultores, sobretudo no que se refere ao acesso a água para convivência com o fenômeno da seca. Todavia, em função da ocorrência de longos períodos de déficit pluviométrico, contribuíram para que a água das cisternas não fosse suficiente para atender às necessidades hídricas das famílias rurais. Em razão disso, as pessoas têm buscado outras fontes para complementar as suas necessidades, como carros-pipa (CAVALCANTI e BRITO, 2009).

A grande questão é que essa tecnologia foi criada para preencher a deficiência hídrica dos moradores do campo, principalmente no que concerne ao consumo humano, o que de certa forma não vem acontecendo, já que esse meio de armazenamento em muitas realidades não tem sido suficiente para o consumo nos períodos de estiagem (SANTOS, CEBALLOS e SOUSA, 2013).

Lordelo et al. (2017) relatam que alguns estudos têm mostrado que, apesar dessa iniciativa ter tido impacto significativo para a população, a cisterna não se mostrou suficiente para o enfrentamento da problemática do acesso à água, além de se constatarem problemas de estrutura,

operacionais e sanitários, os quais têm contribuído para comprometer a qualidade da água.

Silva et al. (2014) observaram no município de Pedra Lavrada - PB que a água das cisternas, além de suprir a sede e a higiene pessoal das famílias, é utilizada em atividades como a lavagem de roupa e do domicílio e dessedentação de animais, fato que faz com que a água acumulada na cisterna dure, em média, 114 dias (3,8 meses), tendo as famílias recorrendo a carros-pipa para atender a suas necessidades hídricas durante o restante dos meses de estiagem. Os autores também constataram ausência de fiscalização das cisternas com problemas (rachaduras e vazamentos) e a impossibilidade da água das cisternas de atender aos anseios familiares (dessedentação animal ou cultivo de pequenas lavouras).

Gomes e Heller (2016) avaliaram o P1MC a partir do ponto de vista dos seus usuários em 63 municípios no semiárido do estado de Minas Gerais com aplicação de questionários e observação em campo no período de fevereiro de 2009 a julho de 2011. Os resultados indicaram que a presença dos sistemas de aproveitamento de água de chuva reduziu em quase 90% o total de tempo despendido na busca de água; no entanto, existiram problemas relacionados à qualidade e à quantidade de água disponibilizada. Os autores enfatizam que o programa tem atingido suas metas de construção das estruturas físicas, mas a persistência de elevada precariedade das condições socioeconômicas é um fator limitante para o alcance da efetividade do programa.

Carvalho, Lima e Silva (2017), avaliando o P1MC na comunidade Agreste de Baixo no município de São Miguel/RN, constaram que a operacionalização do programa na comunidade contribuiu para minimizar os efeitos da seca. Contudo, os autores enfatizam que as cisternas de placas em si ainda não são suficientes para firmar a total autonomia hídrica da população da referida localidade.

Logo, é preciso, a partir do âmbito e das finalidades do referido programa, fazer uma avaliação da eficiência da implantação do sistema de gestão por meio da captação e aproveitamento da água de chuva em cisternas de placas (SILVA et al., 2014).

O município de Sousa, localizado no sertão do estado da Paraíba, foi contemplado com 806 cisternas de placas, com apoio do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) e construídas por uma ONG de domínio da ASA, beneficiando mais de 4.000 pessoas em 52 comunidades rurais, representando uma capacidade total de armazenamento de 12.896.000 litros de água.

Contanto, no presente trabalho tem-se o seguinte questionamento: será que a cisterna do P1MC consegue suprir as necessidades hídricas dos beneficiados nas comunidades rurais da região de Sousa-PB?

Assim, este estudo tem por objetivo analisar a eficiência e o desempenho do modelo de cisterna adotado pelo P1MC no atendimento das necessidades hídricas das famílias beneficiadas no município de Sousa-PB.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Descrição da área de estudo

O município de Sousa (Fig. 1) está situado na mesorregião do sertão paraibano, abrangendo uma área de 738 km² e uma população de 65.807 habitantes (IBGE, 2010). O clima predominante é o tropical semiárido, com aparecimento de chuvas de verão-outono resultantes da atuação das frentes de convergência intertropical (CPRM, 2005). A temperatura média anual é de 26 °C, sendo as mais elevadas nos meses de outubro a janeiro. A umidade relativa do ar varia de 56 a 74%, a insolação média é de 8,7 horas e a velocidade do vento média é de 3,0 m/s. A média

das precipitações anuais situa-se em torno de 914,4 mm, dos quais aproximadamente 66%

ocorrem no trimestre mais chuvoso (fevereiro a abril) (ANA, 2016).

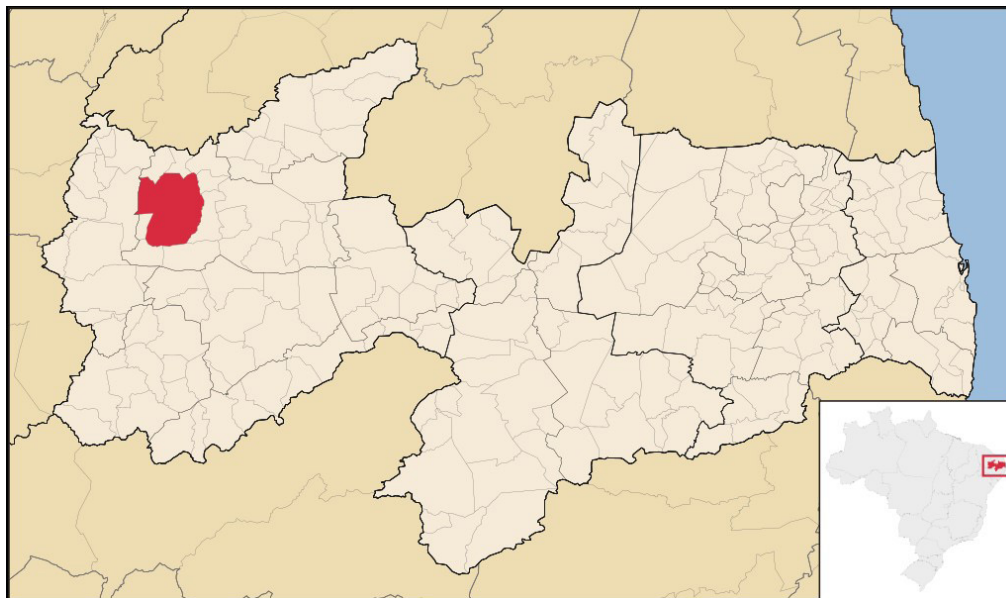


Figura 1 - Localização do município de Sousa no Estado da Paraíba, Brasil.

Fonte: Oliveira Junior (2019).

Segundo IBGE (2010), 21,5% da população do município de Sousa-PB (13.922 pessoas) residem na zona rural. Em síntese, as localidades rurais são as que mais sofrem com o problema das secas, pois estão submetidas à escassez hídrica proveniente das condições climáticas por não deterem mecanismos de gestão hídrica e por depender sucintamente das cisternas de placas para consumo humano e doméstico (SILVA et al., 2014).

O questionário foi aplicado numa amostra probabilística (nível de confiança de 95% e margem de erro de $\pm 5\%$) composta por 260 famílias selecionadas, por meio Amostragem Aleatória Simples, da lista dos beneficiários com a construção das cisternas no município de Sousa-PB, disponibilizada pela Associação Programa Um Milhão de Cisternas (AP1MC).

2.2 Caracterização das famílias beneficiadas

Para a caracterização das famílias beneficiadas com a construção das cisternas de placas no município de Sousa-PB, inicialmente elaborou-se um questionário com o intuito de determinar:

1. Área da captação (telhado residencial).
2. Número de pessoas residentes na casa.
3. Forma de utilização da água pelas famílias.

2.3 Cenários propostos

No desenvolvimento do presente trabalho, surgiram os seguintes questionamentos:

1. A cisterna fica cheia após o fim do período chuvoso?
2. A cisterna conseguiria atender ao consumo das famílias considerando uma seca de três anos consecutivos?

Para responder a esses questionamentos foram desenvolvidos os seguintes cenários:

- **Cenário 1:** Analisar o comportamento do volume de água da cisterna considerando o período chuvoso de um ano seco para diferentes áreas de telhado e conjunturas familiares.
- **Cenário 2:** Analisar o comportamento do volume de água da cisterna considerando uma seca de três anos consecutivos para diferentes áreas de telhado e conjunturas familiares.

2.4 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020). Decidiu-se utilizar a série histórica diária da Estação Climatológica de São Gon-

çalo, por ela apresenta uma maior quantidade de anos sem apresentar falhas.

A Fig. 2 apresenta os valores anuais de precipitação da Estação Climatológica de São Gonçalo nos últimos 26 anos. Observa-se que os anos de 1998 e 2012 apresentam as menores lâminas anuais de precipitação (com menos de 600 mm), enquanto os anos de 2008, 2009 e 2011 apresentam as maiores lâminas anuais (com mais de 1300 mm). No ano de 2012, o total anual precipitado ficou em cerca de 60% da média histórica (914 mm), com uma probabilidade de retorno de 10%, ou seja, de 10 em 10 anos espera-se uma precipitação menor ou igual à que ocorreu. Além do mais, o triênio 2012-2014 foi o mais seco dos últimos 60 anos. Assim, escolheu-se o ano de 2012 para a simulação do cenário 1, por ser o ano mais seco recentemente e o triênio 2012-2014 para a simulação do cenário 2.

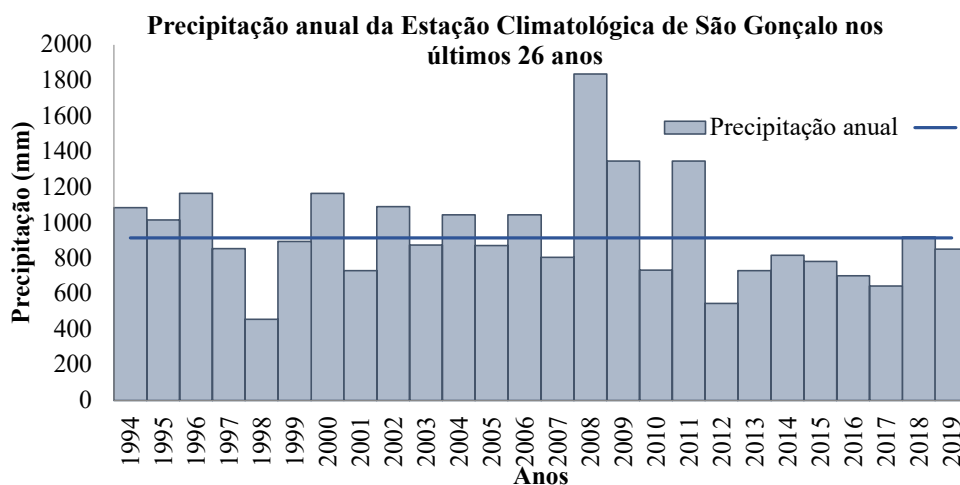


Figura 2 - Precipitação anual da Estação Climatológica de São Gonçalo nos últimos 26 anos
 Fonte: Elaboração própria a partir de INMET (2020) e AESA (2020)

A Fig. 3 apresenta os valores mensais de precipitação do triênio 2012-2014 e a média histórica do Posto São Gonçalo. Observa-se que as precipitações em janeiro e fevereiro de 2012 foram acima da média histórica, porém em março de 2012 cho-

veu menos que 89% do total esperado para o mês todo, sendo que de agosto a dezembro de 2012 não ocorreram precipitações na região. Além do mais, as precipitações de janeiro a março de 2013 e 2014 foram abaixo da média histórica.

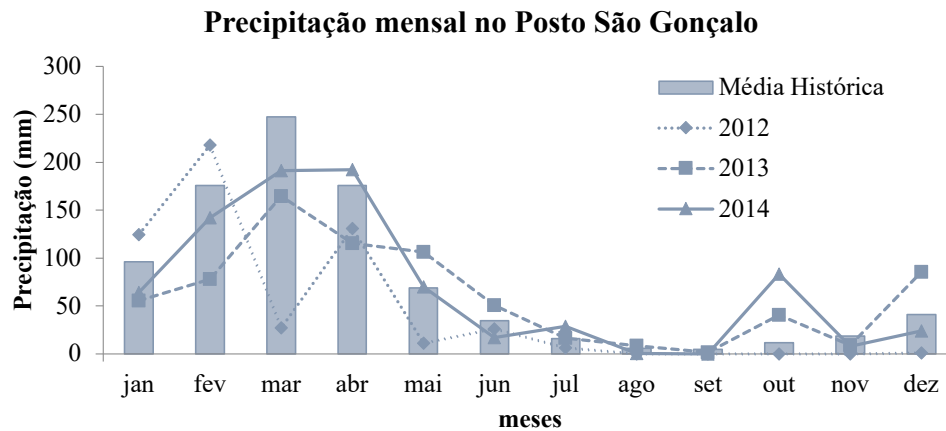


Figura 3 - Precipitação mensal nos anos de 2012 a 2014 e média histórica do Posto São Gonçalo.
 Fonte: Elaboração Própria a partir de INMET (2020)

2.5 Modelo de simulação do volume de água da cisterna

Para averiguar o volume de água da cisterna e o atendimento das famílias beneficiadas nos cenários propostos, foi desenvolvido o modelo de simulação descrito abaixo.

O volume de água da cisterna é obtido pela Eq. 1.

$$V(t) = V(t-1) + Vp(t) - Vc(t) \quad (1)$$

Sendo $V(t)$ o volume de água da cisterna no final do dia t , em m^3 ; $V(t-1)$ o volume de água da cisterna no início do dia t , em m^3 ; $Vp(t)$ o volume de água precipitado (captado) na cisterna no dia t , em m^3 ; $Vc(t)$ volume de água da cisterna consumido pelas famílias no dia t , em m^3 .

O volume de água da cisterna está limitado pelo volume mínimo (V_{min}), em m^3 , que representa o menor volume de água que pode ser utilizado na cisterna, e pela capacidade de armazenamento (V_{max}), em m^3 , tal condição é expressa matematicamente pela Eq. 2:

$$V_{min} \leq V(t) \leq V_{max} \quad (2)$$

O volume precipitado na cisterna é obtido pela Eq. 3:

$$Vp(t) = K \times At \times P(t) \quad (3)$$

Sendo At a área de captação da água da chuva da residência, em m^2 ; e $P(t)$ a taxa precipitada no dia t , em m ; 3 ; K coeficiente que reflete as condições do sistema de captação ($0 \leq K \leq 1$).

O volume de água da cisterna consumido pelas famílias é obtido pela Eq. 4:

$$Vc(t) = \begin{cases} D(t) & \text{se } V(t) \geq D(t) \\ V(t) - V_{min} & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

Sendo $D(t)$ a demanda diária de água a ser consumida pela família obtida pela Eq. 5.

$$D(t) = CDP(t) \times QP \quad (5)$$

Sendo CDP o consumo diário por pessoa no dia t , em m^3 /pessoa/dia, e QP é o número de pessoas residente na casa.

A Eq. 5 implica que, caso o volume de água da cisterna seja menor do que a demanda de água a ser consumida pela família, não haverá atendimento integral das necessidades hídricas desta família.

2.6 Critérios operacionais

Segundo técnicos da ASA, não é recomendável acumular a água das primeiras chuvas, pois é possível que o telhado esteja com muita sujeira, aumentando as chances de comprometimento da qualidade da água da cisterna. Com isso, recomenda-se a espera de uma chuva de no mínimo 40 mm para limpar o telhado, para assim começar o acúmulo de água.

O volume máximo da cisterna é de 16 m³; considerou-se que toda água da cisterna poderia ser utilizada, logo o volume mínimo foi igual a zero.

Segundo MDS (2011), o consumo diário por pessoa, usado exclusivamente para beber, cozinhar,

lavar as mãos e utensílios domésticos de uso imediato, é de cerca 13 litros de água.

Considerou-se que, inicialmente, a cisterna estava seca tanto para o cenário 1 como para o cenário 2; que a área de captação da água de chuva é igual à área do telhado das residências e; que a estrutura física da cisterna e das tubulações está em perfeita condições, não havendo perda da água da chuva captada.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Caracterização das famílias beneficiadas

A Fig. 4 apresenta a porcentagem de pessoas residentes nas casas contempladas com a construção de cisterna. Observa-se que a grande maioria das residências (cerca de 87%) tem entre 2 a 5 pessoas. Em média espera-se encontrar entre 3 a 4 pessoas nas residências.

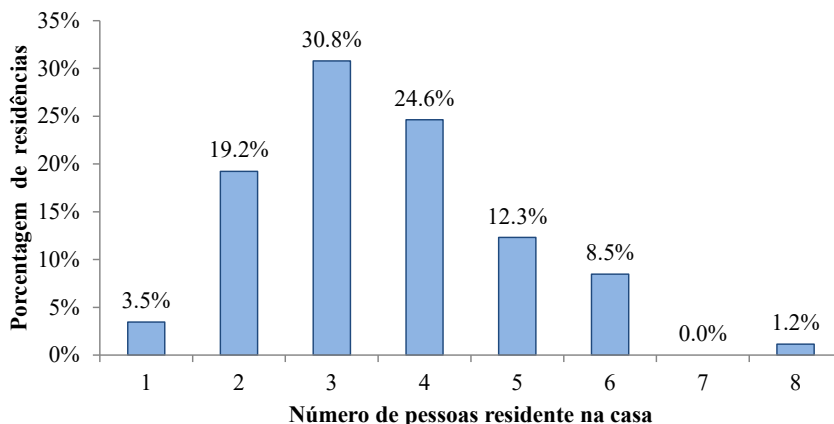


Figura 4 - Porcentagem de pessoas residentes nas casas contempladas com a construção das cisternas.

Fonte: Autoria Própria

A Fig. 5 apresenta a porcentagem da área do telhado das residências contempladas com a construção de cisternas.

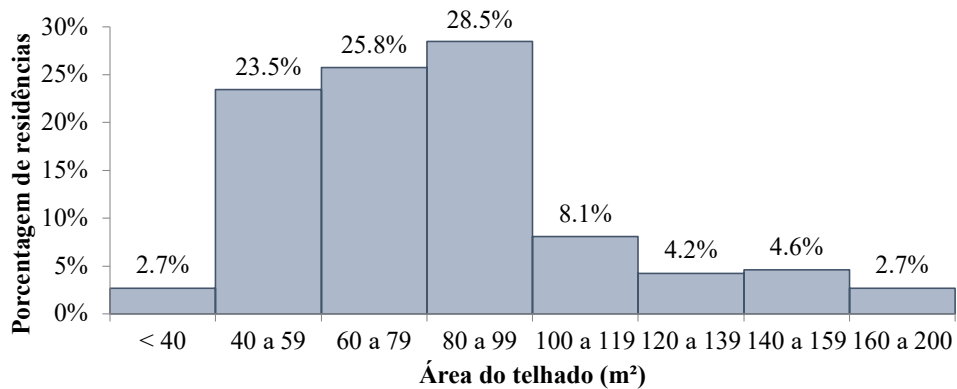


Figura 5 - Área do telhado das casas contempladas com a construção das cisternas.
Fonte: Autorial Própria

Tem-se que a grande maioria (cerca de 78%) das residências contempladas com a construção de cisterna tem uma área do telhado entre 40 a 100 m². A área média dos telhados é de 80 m². Menos de 20% das residências tem área do telhado maior que 100 m² e apenas cerca de 3% das residências têm área menor a 40 m².

A área do telhado é de vital importância para a garantia e eficiência do abastecimento de água das famílias por meio da cisterna, pois áreas de telhados muito pequenas podem não captar água de chuva suficiente para atender às necessidades das famílias.

Constatou-se que 6% das famílias beneficiadas utilizam a cisterna como única fonte de água. Tal

fato é preocupante porque compromete a viabilidade do uso da água da cisterna, que inicialmente está destinada apenas para o consumo humano e o preparo de alimentos.

Das famílias beneficiadas que utilizam outra fonte de água além da cisterna (96%) tem-se que a principal fonte de água utilizada, além da cisterna, é o poço artesiano (Fig. 6). Tal fonte, segundo os moradores, apresenta-se, atualmente, imprópria para o consumo humano devido à grande quantidade de sal presente na água, sendo utilizada apenas para a lavagem de roupa, dos utensílios e higiene pessoal. Constatou-se, também, que algumas famílias (3%) recorreram ao carro pipa para preencher a cisterna novamente, pois a mesma tinha se esvaziado.

Outras fontes de água

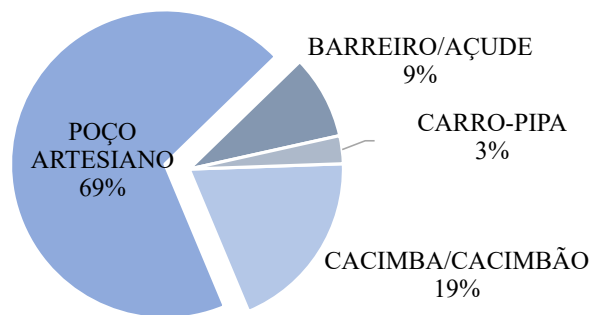


Figura 6 - Outras fontes de água das famílias além da cisterna
Fonte: Autorial Própria

3.2 Comportamento do volume de água da cisterna

3.2.1 Cenário 1

O objetivo desse cenário é avaliar se ao final o período chuvoso (janeiro a abril) de um ano seco (2012) a cisterna estará completamente cheia. Para tanto se consideraram residências com áreas de telhado maior ou igual a 40 m² (cerca de 97% das residências) com até 5 pessoas (cerca de 90% das residências).

A Fig. 7 apresenta o volume de água simulado da cisterna no período de janeiro a abril de 2012. Observa-se que a cisterna só começa a acumular água em meados de fevereiro devido à recomen-

dação de que as primeiras chuvas devem ser utilizadas para a limpeza do telhado.

As residências com área do telhado igual a 50 m² com até 3 pessoas (Fig. 7B) e com área de telhado maior ou igual a 60 m² com até 5 pessoas residindo (Fig. 7C e 7D) têm garantia de que a cisterna estará completamente cheia de água ao final do período chuvoso em um ano seco. As residências com área do telhado menor ou a igual a 40 m² (Fig. 7A), independentemente da quantidade de pessoas da residência, e as residências com área do telhado igual a 50 m² com mais de 3 pessoas (Fig. 7B) não conseguirão ter a cisterna completamente cheia ao final do período chuvoso do ano seco (janeiro a maio de 2012).

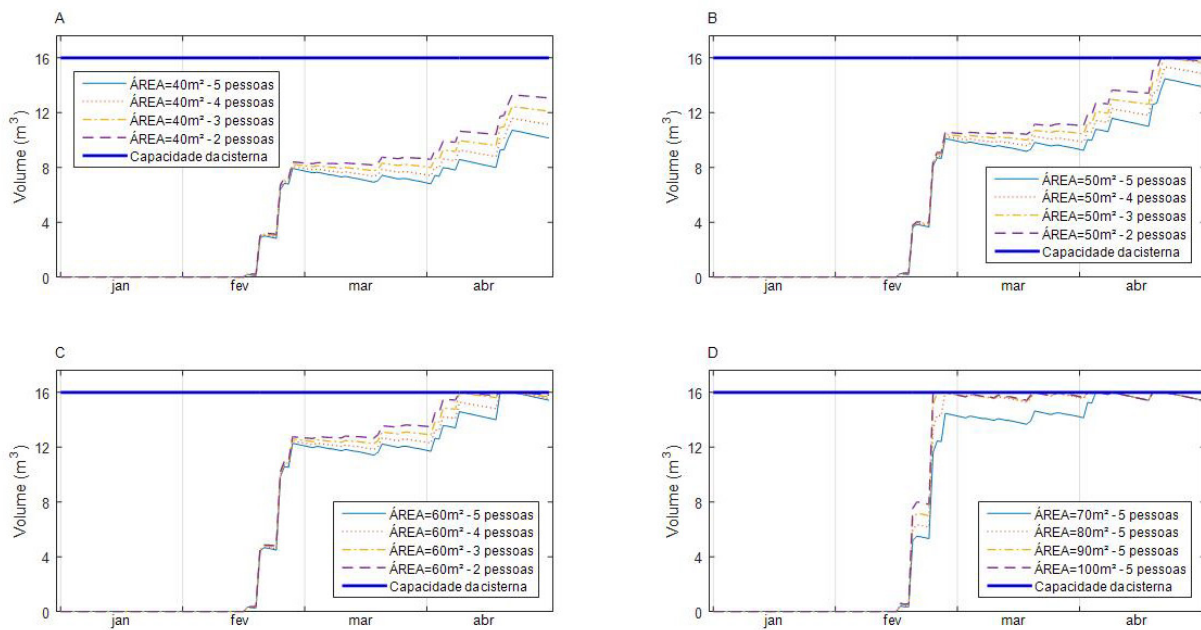


Figura 7 - Volume de água simulado da cisterna no Cenário 1 com área do telhado igual a (A) 40 m², (B) 50 m², (C) 60 m² e (D) 70 m² a 90m².

Fonte: Autoria Própria

Desse modo, espera-se que pelo menos 72% das residências contempladas no município de Sousa tenham suas cisternas cheias ao final do período chuvoso, mesmo em um ano seco. Vale ressaltar que, uma vez cheia de água, a cisterna deve ga-

rantir o consumo para as famílias por cerca de 08 meses, ou seja, se considerarmos que o regime de chuvas da região se estende até o final de abril, pode-se concluir então que a água da cisterna deve durar até dezembro.

3.2.2 Cenário 2

O objetivo desse cenário é avaliar se a cisterna consegue atender às necessidades hídricas das famílias considerando uma seca prolongada

(2012-2014) e residências com áreas de telhado maior ou igual a 40 m² com até 5 pessoas.

A Tabela 1 apresenta as garantias de atendimentos das necessidades hídricas das famílias para o período analisado.

Tabela 1 - Garantias de atendimentos das necessidades hídricas das famílias.

		Quantidades de pessoas na residência			
		5 pessoas	4 pessoas	3 pessoas	2 pessoas
Área do Telhado	40 m ²	89.6%	95.8%	100%	100%
	50 m ²	95.8%	100%	100%	100%
	60 m ²	98.7%	100%	100%	100%
	70 m ²	99.3%	100%	100%	100%
	80 m ²	99.9%	100%	100%	100%
	90 m ²	100%	100%	100%	100%

Fonte: Autoria Própria

Constata-se que as residências com 5 pessoas só terão 100% de garantia de atendimento de suas necessidades hídricas se a área de telhado for maior ou igual a 90 m². As residências com até 3 pessoas, independentemente da área do telhado, e com 4 pessoas com área de telhado maior ou igual a 50m² também terão 100% de suas necessidades hídricas atendidas no período analisado (2012-2014).

Apesar de, ao final do período chuvoso de 2012, as residências com área de telhado entre 60 m² e 80 m² com 5 pessoas residindo terem suas cisternas cheias, tal fato não irá garantir que as necessidades hídricas das famílias serão integralmente atendidas considerando uma seca prolongada.

Destaca-se o fato de que as residências com área de telhado igual a 50 m² com 4 pessoas e 40 m² com 3 pessoas residindo, mesmo não tendo sua cisterna cheia ao final do período chuvoso de 2012, terão suas necessidades hídricas totalmente atendidas ao longo do período analisado.

A Fig. 8 apresenta o volume de água simulado da cisterna no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2014.

Observa-se que as cisternas das residências com área de telhado igual a 40 m² com 4 ou 5 pessoas e com área de telhado igual a 50 m² com 5 pessoas tiveram a cisterna completamente vazia no final de 2012.

Apesar de as residências com área de telhado entre 60 m² e 80 m² com 5 pessoas residindo não terem suas cisternas esvaziadas no final de 2012, as precipitações abaixo da média nos meses de janeiro e fevereiro de 2013 não foram suficientes para recarregar a cisterna e atender às necessidades hídricas das famílias no período.

Destaca-se o fato de que nenhuma cisterna se esvaziou completamente no final de 2013 e de 2014, anos considerados de pluviometria abaixo da média, evidenciando que as cisternas cumpriram seu objetivo de garantir água de boa qualidade às famílias das comunidades rurais do município de Sousa, tendo ressalvas para os eventos extremos (secas) prolongados.

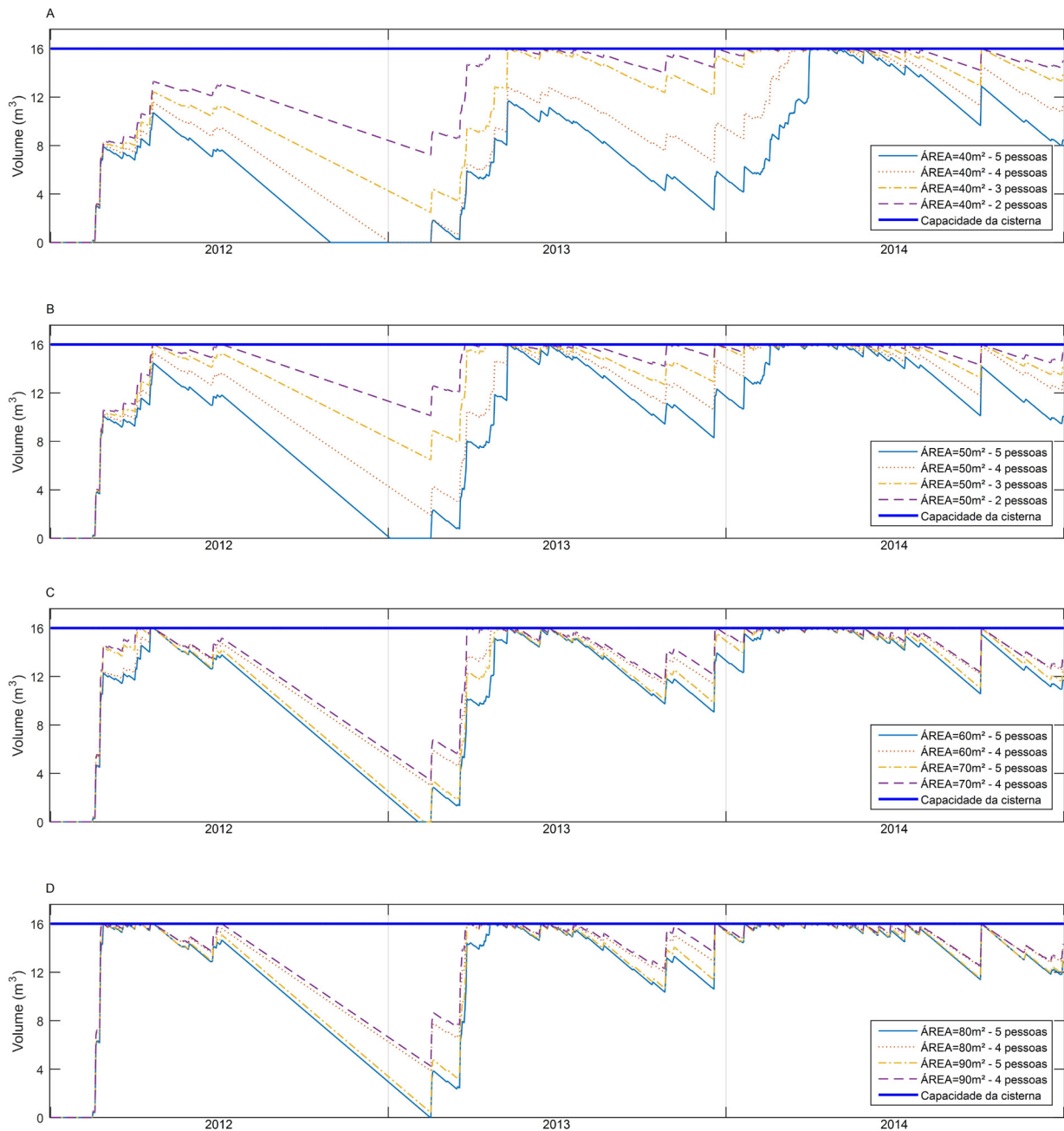


Figura 8 - Volume de água simulado da cisterna no Cenário 2 com área do telhado igual a (A) 40 m², (B) 50 m², (C) 60 m² e 70 m² e (D) 80 m² e 90m².

Fonte: Autoria Própria

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados e na metodologia apresentada pode-se concluir que apenas as residências com área do telhado maior ou igual a 60 m² com até 5 pessoas e com área de telhado igual a

50 m² com até 3 pessoas residindo têm garantia de que estarão completamente cheias de água ao final do período chuvoso de um ano seco. Entretanto, o fato de a cisterna estar completamente cheia de água ao final do período chuvo-

so não garante que as necessidades hídricas das famílias serão integralmente atendidas durante uma seca prolongada.

Só terão garantias de atendimento de suas necessidades hídricas as residências com áreas de telhado maior ou igual a 90 m² com até 5 pessoas residindo, maior ou igual a 50 m² com até 4 pessoas residindo e com 40 m² com até 3 pessoas residindo. Essas residências representam cerca de 77% do total das beneficiadas com a construção de cisternas.

Pode-se concluir que a cisterna é uma tecnologia bastante eficiente em suprimento de água para as famílias beneficiadas para a região do município de Sousa. Entretanto, é necessário consideramos fatores limitantes ao uso dessa tecnologia, como o tamanho do telhado, quantidade de pessoas nas residências e a necessidade de água das famílias. Por fim, recomenda-se que sejam realizados novos estudos considerando a variação do consumo de água das famílias para o melhor aproveitamento da água da cisterna.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs). **Meteorologia – Chuvas**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu**. Brasília: ANA, 2016, 160p.

ALMEIDA, C. L.; SOBRINHO, J. F. convivência com o semiárido através do uso de cisternas de placas. **Ambiente & Educação**, v. 21, n.2, 2016, p. 8-26.

ARAÚJO, J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Eds.) **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. Campina Grande: INSA, Cruz das Almas: UFRB, 2012, p. 30-43.

ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). **Programa Um Milhão de Cisternas**. Recife: Assessoria de Comunicação da ASA – ASACOM, 2013, 18p.

CARVALHO, R. V.; LIMA, R. E. S.; SILVA, R. T. O programa um milhão de cisternas (P1MC): uma alternativa de convivência com o semiárido na comunidade agreste de baixo – São Miguel/RN. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 61, 2017 p. 136-149. <https://doi.org/10.14393/RCG186109>

CAVALCANTI, N. B.; BRITO, L. T. L. Captação de água de chuvas em cisterna rurais. In: Simpósio Brasileiro de Manejo e Captação de Água de Chuva, 7 **Anais...** Caruaru: ABCMAC, 2009.

GOMES, U. A. F.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, 2016, p. 623-633. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016128417>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sousa/Pesquisa/23/27652?detalhes=true>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

LORDELO, L. M. K.; BORJA, P. C.; PORSANI, M. J.; MORAES, L. R. S.; ORRICO, S. R. M. avaliação do uso e funcionamento das cisternas do P1MC – um estudo no semiárido baiano. **Gesta**, v. 5, n. 2, 2017, p. 107-121. <https://doi.org/10.9771/gesta.v5i2.21542>

LUNA, C. F.; BRITO, A. M.; COSTA, A. M.; LAPA, T. M.; FLINT, J. A.; Marcynuk, P. Impacto do uso da água de cisternas na ocorrência de episódios diarreicos na população rural do agreste central de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materna e Infantil**, v. 11, n. 3, 2011. p. 283-292. <https://doi.org/10.1590/S1519-38292011000300009>

MARINHO, J. O; CAMPOS, J. O; LIMA, V. R. P. A importância das cisternas de placas na zona rural de Serra Redonda - PB: uma análise da comunidade Torre. **GeoTemas**, v. 9, n. 1, p. 7-27, 2019.

MEDEIROS, J. C. A.; SILVEIRA, S. M. B.; NEVES, R.S. Água e cidadania no semiárido brasileiro: A experiência do Programa Um Milhão de Cisternas rurais (P1MC) da ASA Brasil. In: Congresso Latino-Americano de Sociologia Rural, 8 **Anais...** Recife: ALASRU, 2010.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME (MDS). **Manual para execução do Programa Cisternas**. 2011. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/254200301/Manual-de-Execucao-Do-Programa-Cisternas-Primeira-Agua-Agua-de-Beber-e-Cozinhar-17dez12-PDF-pagespeed-ce-TOJOH-x63M>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

MIRANDA, P. C. **Cisternas no cariri paraibano: avaliação das práticas de educação ambiental no uso higiênico da água.** 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 2011.

MORAIS, H. A. R.; PAIVA, J. A.; SOUSA, W. J. Avaliação do programa um milhão de cisternas rurais (P1MC): eficácia, eficiência e efetividade nos territórios do Rio Grande do Norte (2003/2015). **Revista de Políticas Públicas**, v. 21, n. 1, 2017, p. 1-28. <https://doi.org/10.18764/2178-2865.v21n1p133-158>

OLIVEIRA JUNIOR, M. E. **Localização de Sousa na Paraíba.** 2019. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sousa_%28Para%C3%ADba%29>. Acesso em: 15 mar. 2020.

PEREIRA, J. F.; SOUZA, S. O. Percepção sobre o uso de cisternas de placas enquanto método de captação de água da chuva na comunidade de Lagoa da Roça, Campo Formoso-BA. **GEOTemas**, v. 10, n. 1, p. 23-47, 2020. <https://doi.org/10.33237/geotemas.v10i1.3791>

SANTOS, A. C.; CEBALLOS, B. S. O.; SOUSA, C. M. Políticas públicas de água e participação no semiárido: limites e tensões no P1MC. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 1, 2013, p. 145-161. <https://doi.org/10.9771/gesta.v1i1.8279>

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico**

do município de Sousa-Paraíba. Recife: Ministério de Minas e Energia, 2005.

SILVA, J. A. L.; MEDEIROS, M. C. S.; FREITAS, J. P.; DANTAS, H. F. S.; AZEVEDO, P. V. Gestão hídrica a partir de cisternas de placas: Avaliação socioambiental da eficiência do P1MC no município de Pedra Lavrada – PB. **Revista Holos**, v. 30, n. 04, 2014, p. 47-60. <https://doi.org/10.15628/holos.2014.1541>

SOARES JUNIOR, D. A.; LEITÃO, M. R. F. A. Desenvolvimento local: o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) em Tupanatinga, PE. **Interações**, v. 18, n. 1, 2017, p. 75-87. [https://doi.org/10.20435/1984-042X-2017-v.18-n.1\(06\)](https://doi.org/10.20435/1984-042X-2017-v.18-n.1(06))

SOUSA, J. M.; SILVA, R. J. N.; DUARTE, K. A.; VASCONCELOS, C. M.; NOGUEIRA, J. M. S. Avaliação conceitual do Programa Um Milhão de Cisternas na comunidade de Larges – Quixeramobim. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, 8 **Anais...** Campina Grande: INSA, 2012.

SOUSA, T. P.; SOUSA NETO, E. P. Capacidade de captação e armazenamento da água de chuva em comunidades rurais do município de João Dias-RN. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, 8 **Anais...** Campina Grande: INSA, 2012.

SOUZA, A. B. S.; COSTA, C. T. F.; FIRMINO, P. R. A. BATISTA, V. S. Tecnologias Sociais de convivência com o Semiárido na região do Cariri cearense. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 34, n. 2, 2017, p. 197-220. <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2017.v34.26327>