



COMPORTAMENTO DE DISPOSITIVOS DE DESVIO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA COMO BARREIRAS SANITÁRIAS PARA PROTEÇÃO DE CISTERNAS

PERFORMANCE OF FIRST FLUSH DEVICES AS SANITARY BARRIER FOR CISTERNS PROTECTION

Selma Thaís Bruno da Silva<sup>1</sup>; Luttemberg Ferreira de Araújo<sup>1</sup>;  
Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque Almeida<sup>1</sup>; Sávvia Gavazza<sup>1</sup>;  
Sylvana Melo dos Santos<sup>1</sup>

Artigo recebido em: 04/08/2016 e aceito para publicação em: 16/01/2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v31i2.28658>

**Resumo:** O uso de cisternas para armazenamento da água de chuva é comum em diversas localidades que experimentam longos períodos de escassez hídrica. Para evitar a contaminação da água armazenada, uma das estratégias é o uso de dispositivos de descarte das primeiras águas de chuva. Neste estudo foi analisada a qualidade da água (parâmetros físico-químicos e microrganismos patogênicos) desviada do sistema de armazenamento, com o emprego de três tipos de dispositivos de descarte automático: um baseado no princípio de fecho hídrico (chamado aqui de Dispositivo A1 – ANDRADE NETO, 2004), um baseado no princípio dos vasos comunicantes (chamado aqui de Dispositivo A2 – www.cepfs.org) e um baseado em ambos os princípios físicos (chamado aqui de DesviUFPE - ALVES et al., 2014). Ambos os desvios Dispositivo A1 e Dispositivo A2 são confeccionados em concreto e o DesviUFPE em tubos de PVC acoplados. Além disso, foi investigada a qualidade da água armazenada nas cisternas para comparação dos resultados com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação. Todos os desvios considerados constituem o ponto de passagem obrigatório entre a calha acoplada no telhado e a cisterna. Todos os dispositivos de desvio estudados resultaram em melhoria na qualidade da água armazenada, ressaltando-se os resultados obtidos para cor real e aparente, turbidez, sólidos totais, coliformes total e *E. Coli*. Observou-se que exceto para cor aparente, turbidez, pH e OD, os demais parâmetros de qualidade analisados na água da cisterna sem desvio foram numericamente maiores aos obtidos para as outras cisternas, evidenciando a necessidade do emprego do desvio.

**Palavras-chaves:** Captação de água de chuva. Dispositivos de descarte das primeiras águas de chuva. Indicadores microbiológicos. Indicadores físico-químicos.

**Abstract:** The use of cisterns for rainwater storage is a common practice in several places that have long periods of water scarcity. To avoid contamination of the stored water in cisterns, one strategy is the use of first flush device. In this study, the water quality was analyzed in relation to the physical-chemical parameters and pathogenic microorganisms by passed of the storage system, considering the use of three types of automatic first flush devices: one is based on the water sealing principle (called A1 Device - ANDRADE NETO, 2004), one is based on the principle of communicating vessels (called A2 device - www.cepfs.org) and the other is based on both physical principles (called DesviUFPE - ALVES et al., 2014). Both first flush devices A1 and A2 are made of concrete and the DesviUFPE is made of PVC pipes. In addition, we investigated the quality of water stored in cisterns comparing their results with potability standards. First flush devices are the obligatory passage point between the rain gutters and the cistern for the rainwater. All first flush devices studied resulted in significant improvement in water stored in the cistern, emphasizing the results obtained for real and apparent color, turbidity, total solids, total coliform and *E. Coli*. It was observed that except for apparent color, turbidity, pH and DO, the other quality parameters analyzed in the cistern without first flush devices were higher than those obtained for the other cisterns, showing the necessity of the use of first flush device.

**Keywords:** Rainwater harvesting. First flush devices. Microbiological indicators. Physical and chemical indicators.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mails: ([thaisbs19@yahoo.com.br](mailto:thaisbs19@yahoo.com.br), [luttembergferreira@hotmail.com](mailto:luttembergferreira@hotmail.com), [aliceguilherme@hotmail.com](mailto:aliceguilherme@hotmail.com), [savia@ufpe.br](mailto:savia@ufpe.br), [sylvana.ufpe@gmail.com](mailto:sylvana.ufpe@gmail.com))

## 1 INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é um problema que afeta diversos países, o que faz com que cada vez mais se amplie a busca por fontes alternativas de água. No cenário brasileiro, a região semiárida é a que mais sofre com a falta de água, pois o valor anual de precipitação é muito baixo e se concentra em poucos meses. Assim sendo, a água de chuva tem um papel fundamental para melhoria nas condições de vida da população devido à facilidade de captação e armazenamento, pois uma vez adequadamente preservada poderá ser usada em períodos de estiagem (FUNASA, 2006). De forma geral, a qualidade da água armazenada nas cisternas oriundas da precipitação depende de diversos fatores, tais como: qualidade do ar atmosférico, material usado para construção da área de captação e impurezas depositadas sobre esta superfície, bem como sobre os dutos de condução até as cisternas, além do manejo da cisterna (ANDRADE NETO, 2004; GNADLINGER, 2007; McBEAN et al., 2013). Tais impurezas podem alterar aspectos físico-químicos e microbiológicos da água captada, comprometendo sua qualidade e uso, conforme destacado por Mendez et al. (2011). O autor cita que dependendo do material da superfície de captação este pode exercer influência na concentração de bactérias contaminantes. Andrade Neto (2004) destaca que outros aspectos podem aumentar o risco de contaminação de águas de chuva armazenadas em cisternas, tais como: condições de uso, nível de exposição a contaminantes, condições epidemiológicas da região e manutenção do sistema. Por isso, os dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva são de extrema importância, pois se destinam a garantir que a água que chega no reservatório de armazenamento esteja livre de parte das impurezas que tenham sido incorporadas durante todo o percurso.

Visando contribuir para a melhor convivência dos moradores da região

semiárida com a escassez hídrica persistente, o governo federal brasileiro por meio do Programa Um Milhão de Cisternas no Semiárido Brasileiro (P1MC) construiu mais de 588.000 cisternas (ASA, 2016). Embora seja um importante programa que promove igualdade social entre as famílias beneficiadas, é essencial que se garanta o fornecimento de água sanitariamente segura. Segundo Fonseca et al. (2014), cada família recebe uma cisterna com capacidade de armazenamento de 16.000 litros de água, que é indicado como suficiente para abastecer uma família de cinco pessoas durante a estação seca, considerando que a água seja utilizada para beber, cozinhar e escovar os dentes.

Em função da ampla difusão do uso de cisternas e da necessidade de assegurar a qualidade da água armazenada nas mesmas, analisou-se neste estudo o funcionamento de três tipos de dispositivos de descarte automático das primeiras águas de chuva, a partir de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. Os dispositivos investigados foram: um desvio baseado no princípio de fecho hídrico (chamado aqui de Dispositivo A1 – ANDRADE NETO, 2004), um desvio baseado no princípio dos vasos comunicantes (chamado aqui de Dispositivo A2 – [www.cepfs.org](http://www.cepfs.org)) e um desvio baseado em ambos os princípios físicos, fecho hídrico e vaso comunicante (chamado aqui de DesviUFPE - ALVES et al., 2014), Figura 1. Ambos os desvios Dispositivo A1 e Dispositivo A2 são confeccionados em concreto e o DesviUFPE compreende um arranjo específico de tubos de PVC acoplados e posicionados verticalmente (Figura 2). Em todos os sistemas de desvio das primeiras águas de chuva há necessidade de esvaziamento do mesmo após cada evento chuvoso, devendo este ser novamente fechado após o esvaziamento, para o recebimento das primeiras águas de chuva do próximo evento chuvoso.

(a) Dispositivo A1



(b) Dispositivo A2: Esquema 1 – água seguindo para o desvio; Esquema 2 – sistema vedado com as garrafas PET após a passagem do segundo milímetro.

Esquema 1



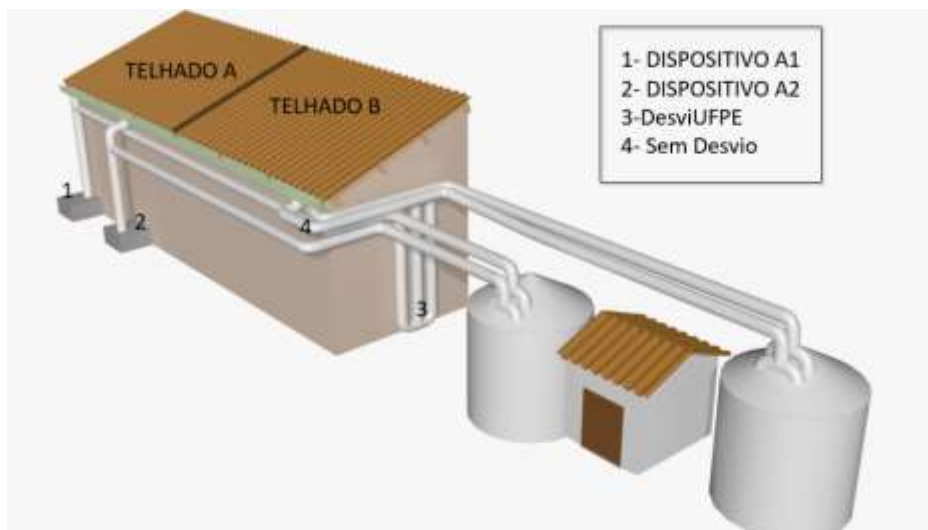
Esquema 2



(c) DesviUFPE



**Figura 1** - Dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva investigados  
**Figure 1** – Schematic illustration of the first flush devices essayed



**Figura 2** - Esquema da Unidade Experimental

**Figure 2** – Schematic illustration of the Experimental Installation

Complementarmente, foi investigada a qualidade da água após passagem pelos dispositivos, que poderia ser armazenada em cisternas, para comparação dos resultados com os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação. Todos os desvios considerados constituem o ponto de passagem obrigatório, entre a calha acoplada no telhado e a cisterna, das primeiras águas precipitadas. Os três desvios investigados foram instalados na Unidade Experimental de Cisternas (UEC) do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, que está localizado na cidade de Caruaru (PE).

## 2 METODOLOGIA

A Unidade Experimental de Cisternas (UEC) compreende uma edificação térrea com dois telhados independentes de áreas de 50 m<sup>2</sup> (telhado A) e 59 m<sup>2</sup> (telhado B), ambos cobertos com telhas cerâmicas, sobre os quais estão dispostos aspersores que, uma vez acionados, vertem água por toda a superfície. Constituem complementos importantes para o adequado funcionamento da UEC: tanque de armazenamento da água a ser aspergida, bomba, manômetros, dutos e cisternas. As duas cisternas que armazenam a água escoada dos telhados estão internamente compartimentadas em dois ambientes distintos, e cada um desses ambientes recebe a água que passa por cada um dos desvios

(Dispositivos A1 e A2, e DesviUFPE) e uma delas recebe a água diretamente das calhas (sem qualquer desvio instalado), Figura 1.

O dispositivo A1 (Figura 1a) consiste de um tanque com capacidade de acumulação de 1mm de água de chuva por m<sup>2</sup> da área de captação. As águas de lavagem da superfície são direcionadas a este tanque por meio de um “tê” intercalado na tubulação de entrada da cisterna. Mantendo-se este “tê” fechado, a água de lavagem do telhado será encaminhada ao referido tanque, e quando o mesmo estiver cheio a água será automaticamente direcionada à cisterna, sem necessidade de boias ou outros dispositivos (ANDRADE NETO, 2004).

No segundo sistema analisado (Figura 1b), chamado de dispositivo A2, tem-se um reservatório que armazena a água desviada dos telhados com capacidade de acumular 2 mm da água de chuva por m<sup>2</sup> da superfície de captação. A vedação do sistema é feita por encontro de duas garrafas de polietileno tereftalato - PET (uma de um litro inteira e outra de dois litros com gargalo e fundo removidos) situadas em tubulação que faz a ligação entre o dispositivo A2 e sua respectiva cisterna. Após a vedação do dispositivo A2 a água passa então a ser direcionada para a sua respectiva cisterna ([www.ceps.org.br](http://www.ceps.org.br)).

O DesviUFPE (Figura 1c) desvia 1 mm de água da lavagem da superfície de cada m<sup>2</sup> da área de captação. O acúmulo da água de

lavagem da superfície de captação se dá em tubos verticais (tubos e conexões em PVC) e só após estarem completamente cheios é que a água é direcionada para a cisterna (ALVES et al., 2014).

Para condução do experimento foi realizada contaminação prévia da cobertura da UEC com lodo de esgoto, oriundo de uma estação de tratamento de esgoto, visando testar o desempenho dos dispositivos em um cenário extremo. Com o acionamento dos aspersores, o material contaminante foi arrastado pela água aspergida e o líquido resultante foi direcionado às calhas e destes aos respectivos dispositivos. Amostras de água foram coletadas no interior dos desvios; em baldes que receberam o segundo (para os dispositivos A1 e DesviUFPE) e o terceiro (para o dispositivo A2) milímetro da água aspergida no telhado, após desvio; em balde que acumulou água que não passou previamente por qualquer tipo de desvio; bem como água usada na aspersão; e lodo de esgoto utilizado na contaminação do telhado. A amostra de água proveniente do segundo (para os dispositivos A1 e DesviUFPE) e do terceiro (para o dispositivo A2) milímetro foi

denominada, nos resultados, de água encaminhada à cisterna após passar pelo dispositivo de desvio.

A eficiência de cada dispositivo em remover os poluentes físico-químicos específicos foi calculada com base no valor obtido no interior dos dispositivos de desvio e na amostra de água direcionada à cisterna. Para os parâmetros microbiológicos considerou-se a quantidade presente no lodo de esgoto e na amostra de água direcionada à cisterna. Para testar a hipótese de diferença na eficiência de retenção de poluentes entre os três dispositivos empregados, utilizou-se a análise de variância (ANOVA). Foi atribuído  $p < 0,05$  para aceitar esta hipótese. Na descrição, os dados são apresentados em média.

Todas as amostras coletadas foram analisadas de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Os parâmetros microbiológicos coliformes totais e *E. Coli* foram analisados conforme procedimento 9223B. Os demais parâmetros investigados bem como as respectivas metodologias utilizadas estão apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1-** Métodos de análise dos parâmetros físico-químicos  
**Frame 1** – Analytical methods applied for physical-chemical parameters

Parâmetro	Método de análise*	Código Standard Methods*	Parâmetro	Método de análise	Código Standard Methods*
Alcalinidade Total	Titulométrico	2320 B	Cor Aparente	Nefelométrico	2120 C
Condutividade Elétrica	Com uso do conditivímetro.	2510 B	Cor Real	Nefelométrico	2120 C
Sólidos Totais	Gravimetria	2540 B			
pH	Eletrométrico, com uso do pHmetro.	4500 - H <sup>+</sup> B	Turbidez	Nefelométrico	2123 B
Oxigênio Dissolvido	Eletrométrico	4500 C	Dureza Total	Titulométrico	2340 C

\* APHA (2005)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### *Parâmetros físico-químicos*

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados todos os resultados das análises das amostras

de água coletadas no experimento que estão discutidos em sequência, bem como os limites estabelecidos na Portaria N°. 2.914 (MS, 2011).

**Tabela 1** - Resultados dos parâmetros físico-químicos

**Table 1** – Results found for physical-chemical parameters

Ponto de investigação	Variáveis e unidades					
	Alcalinidade Total mg/L de CaCO <sub>3</sub>	Condutividade Elétrica µS/cm	Cor Real mg/L de Pt	Cor Aparente mg/L de Co	Turbidez UNT	pH
<b>Esgoto</b>	<b>2309,32</b>	<b>26040</b>	<b>520</b>	<b>3240</b>	<b>251,2</b>	<b>6,31</b>
Caixa de Polietileno	563,05	2150	6	11	1,88	7,88
DesviUFPE	566,27	2206	53	126	2,13	7,98
<b>Cisterna UFPE</b>	<b>572,10</b>	<b>2247</b>	<b>28</b>	<b>102</b>	<b>1,83</b>	<b>7,72</b>
Dispositivo A1	582,16	2471	84	187	2,17	7,86
<b>Cisterna A1</b>	<b>575,32</b>	<b>2395</b>	<b>49</b>	<b>95</b>	<b>1,79</b>	<b>7,46</b>
Dispositivo A2	592,62	2285	43	135	2,69	7,47
<b>Cisterna A2</b>	<b>547,36</b>	<b>2440</b>	<b>31</b>	<b>88</b>	<b>2,41</b>	<b>7,61</b>
<b>Cisterna sem desvio</b>	<b>590,40</b>	<b>2567</b>	<b>65</b>	<b>99</b>	<b>2,24</b>	<b>7,29</b>
Portaria N°. 2.914*	-	-	-	15	5,00	6,0 a 9,0

\* MS (2011)

**Tabela 1** - Resultados dos parâmetros físico-químicos (continuação)

**Table 1** - Results found for physical-chemical parameters (continuation)

Ponto de investigação	Variáveis e unidades		
	Sólidos Totais mg/L	Dureza Total mg/L de CaCO <sub>3</sub>	Oxigênio Dissolvido mg/L de O <sub>2</sub>
<b>Esgoto</b>	<b>19</b>	<b>14646,08</b>	<b>10,6</b>
Caixa de Polietileno	2,4	577,93	4,7
DesviUFPE	5,2	603,43	4,1
<b>Cisterna UFPE</b>	<b>1,8</b>	<b>548,58</b>	<b>6,8</b>
Dispositivo A1	2,3	513,31	2,6
<b>Cisterna A1</b>	<b>1,9</b>	<b>550,93</b>	<b>5,1</b>
Dispositivo A2	2,4	548,58	3,1
<b>Cisterna A2</b>	<b>2,1</b>	<b>546,62</b>	<b>6,5</b>
<b>Cisterna sem desvio</b>	<b>7,8</b>	<b>572,09</b>	<b>2,5</b>
Portaria N°. 2.914*	-	500,00	-

\* MS (2011)

Foram observados valores maiores de Alcalinidade Total no interior dos desvios de concreto (582,16 mg/L para o dispositivo A1 e 592,62 mg/L para o dispositivo A2) do que no DesviUFPE (566,27 mg/L), o que está associado à dissolução de substâncias de cimento, como carbonato de cálcio, conforme descrito por Souza et al. (2011). A água direcionada à cisterna UFPE apresentou maior valor de Alcalinidade Total (572,10 mg/L) que o próprio dispositivo, evidenciando que o DesviUFPE não foi eficiente na retenção de alcalinidade, uma vez que não possui essa finalidade. A Condutividade Elétrica (CE) está associada à presença de íons livres em solução, que por sua vez está associada à capacidade que a água tem em conduzir corrente elétrica. O valor médio de CE

(2345,125 µS/cm) das amostras de água foi alto e pode ser justificado pela origem da água utilizada para o experimento, que foi proveniente da Companhia Estadual de Abastecimento.

A presença de cor e turbidez são associados principalmente à deposição de sólidos em suspensão, restos de plantas e possíveis excreções de animais presentes nos telhados e nas calhas. Sobre os resultados obtidos, o dispositivo A1 apresentou melhoria na qualidade da água que foi encaminhada à cisterna, tendo uma redução de 41,6% para cor real, 49,2% para cor aparente e 17,5% de turbidez. O dispositivo A2 apresentou reduções de 27,9% para cor real, 34,8% para cor aparente e 10,4% para turbidez. O DesviUFPE foi o mais eficaz em remover cor

real (ANOVA;  $p < 0,001$ ), apresentando uma redução de 47,16%, enquanto que para os parâmetros de cor aparente e turbidez as reduções foram de 19,0% e 14,1% respectivamente. Em relação aos valores estabelecidos na Portaria N° 2.914 (15 mg/L de Pt Co para cor aparente e 5 UNT para turbidez), os valores de cor aparente obtidos para todas as amostras de água direcionadas às cisternas foram superiores ao limite estabelecido e os valores de turbidez se mantiveram abaixo do limite estabelecido. Entretanto, cabe ressaltar a eficiência de cada dispositivo na retenção de tais parâmetros, e também destacar que os valores de cor aparente encontrados acima do recomendado pela Portaria N° 2914 são consequência da água usada na aspersão, que já apresentava elevados valores deste parâmetro. Em todas as amostras coletadas foi constatado que o pH estava em total acordo com a Portaria N° 2.914, cuja recomendação é de 6,0 a 9,0 para a água destinada a consumo humano, sendo que neste trabalho o pH variou de 6,3 a 7,8. De acordo com Souza et al. (2011), as variações nos valores do pH das amostras podem estar associadas ao contato da água com matéria orgânica, restos de animais e poeira, e a dissolução destas substâncias ocasiona reações químicas responsáveis por essa variação nos valores do pH.

Com relação à remoção dos Sólidos Totais (ST) obteve-se redução média acima de 50% nas águas que passaram previamente por desvio quando comparados aos obtidos sem a utilização de nenhum desvio. O DesviUFPE foi o que apresentou melhor resultado, com valor de 1,8 mg/L de ST na amostra direcionada à cisterna UFPE, enquanto que a amostra que não passou por qualquer desvio apresentou cerca de 7,8 mg/L de ST, o que corresponde à redução de 76,9%. Este desempenho também pode ser observado ao se comparar os valores obtidos no interior dos desvios com os obtidos nas águas direcionadas às respectivas cisternas. A água conduzida para a cisterna A1 apresentou redução de 17,39% de ST em relação a água armazenada em seu dispositivo, o A1; já para

a água direcionada à cisterna A2 a redução foi de 12,5% de ST em relação a água armazenada em seu dispositivo, o A2; e por fim para a água conduzida à cisterna UFPE houve redução de 65,38% em relação a água armazenada no DesviUFPE. Isso indica boa retenção de sólidos no DesviUFPE. Na amostra coletada do esgoto obteve-se valor de 19 mg/L para ST.

No que se refere à Dureza Total (DT), a água armazenada no tanque (e usada na aspersão) e o esgoto utilizado na contaminação do telhado já possuíam DT maior que o limite recomendado pela Portaria N° 2914. Sendo assim, as amostras de água desviadas ou encaminhadas às cisternas também apresentaram valores de DT maiores que o limite recomendado pelo Ministério da Saúde, que é de 500 mg/L. Entretanto, a comparação dos valores de DT obtidos das amostras do interior dos desvios e das respectivas águas encaminhadas às cisternas, observou-se que: a água conduzida à cisterna A2 apresentou redução de 0,35% e a água conduzida à cisterna A1 apresentou aumento de 7,32%. A água conduzida à cisterna UFPE foi a que mostrou melhor resultado e apresentou redução de 9,08% (ANOVA;  $p=0,001$ ). Na amostra coletada do esgoto utilizado para a contaminação foi encontrado 14646,08 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  para o parâmetro de DT.

A quantidade de Oxigênio Dissolvido (OD) está relacionada com a presença de matéria orgânica e com a intensidade de chuva, uma vez que quanto maior a intensidade de chuva maior a velocidade com que a água entra na cisterna, aumentando assim a movimentação das partículas no seu interior. Os valores de OD variaram entre 2,5 e 6,8 mg/L para as amostras de água analisadas.

#### *Microrganismos patogênicos*

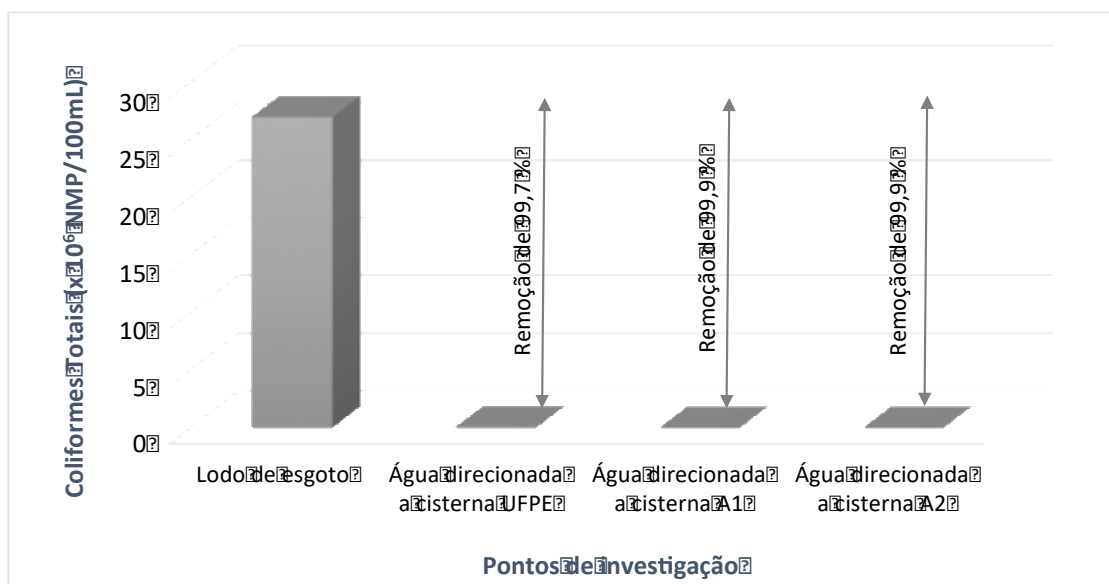
Na Tabela 3 estão apresentados os resultados das análises das amostras de água com relação à coliformes totais e *Escherichia Coli* (*E.Coli*) que estão discutidos em sequência.

**Tabela 2** - Resultados de coliformes totais e *E. Coli*  
**Table 2** - Results found for Total Coliforms and *E. Coli*

Ponto de investigação	Variáveis e unidades	
	Coliformes totais (NMP/100 mL)	<i>E. Coli</i> (NMP/100 mL)
<b>DesviUFPE</b>	<b>1,0x10<sup>6</sup></b>	<b>1,0x10<sup>5</sup></b>
Cisterna UFPE	8,6x10 <sup>4</sup>	5,4x10 <sup>4</sup>
<b>Dispositivo A1</b>	<b>1,0x10<sup>6</sup></b>	<b>1,0x10<sup>5</sup></b>
Cisterna A1	1,0x10 <sup>4</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>
<b>Dispositivo A2</b>	<b>1,0x10<sup>6</sup></b>	<b>1,0x10<sup>5</sup></b>
Cisterna A2	1,0x10 <sup>4</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>
<b>Cisterna sem desvio</b>	<b>1,0x10<sup>6</sup></b>	<b>1,0x10<sup>5</sup></b>
Esgoto	<b>2,7x10<sup>7</sup></b>	<b>5,1x10<sup>6</sup></b>

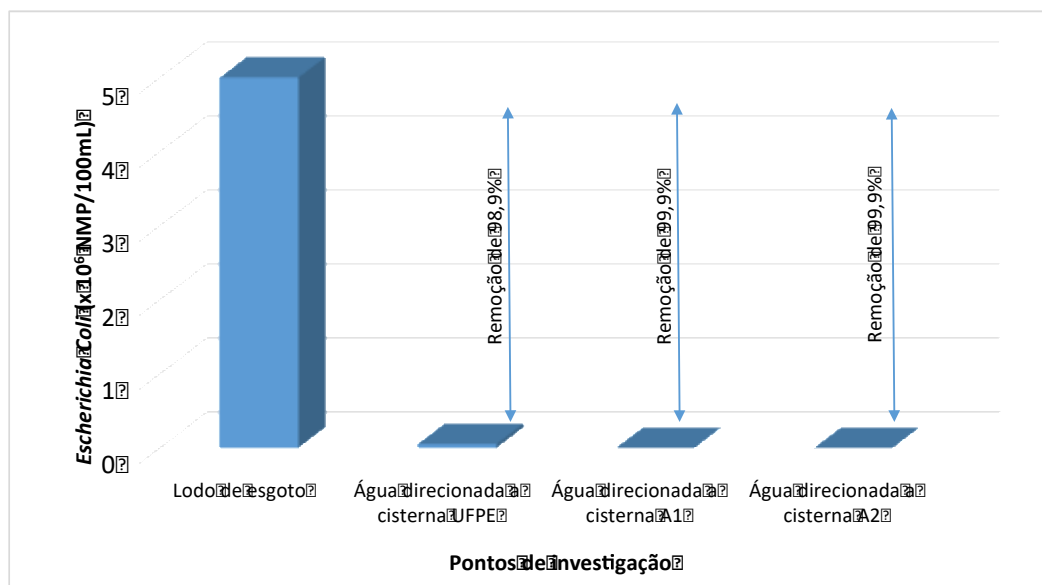
Os maiores valores de ambos os parâmetros foram obtidos no interior dos dispositivos (A1, A2 e DesviUFPE) e na amostra de água que não passou por dispositivo de desvio. Com relação aos valores de coliformes totais estes se mantiveram nos quatro cenários (interior dos três desvios e na amostra de água que não passou previamente por dispositivo de desvio) em  $1 \times 10^6$  NMP/100 mL enquanto que para *E. Coli*, obteve-se  $1 \times 10^5$  NMP/100 mL. Nas amostras que previamente passaram por dispositivos de desvio os valores dos

parâmetros se mantiveram próximos, tendo sido observado para coliformes totais o valor de  $8,6 \times 10^4$  NMP/100 mL para a água direcionada à cisterna UFPE, e  $1 \times 10^4$  NMP/100 mL para as águas encaminhadas às outras duas cisternas (A1 e A2), Figura 3. Com relação a *E. Coli*, o mesmo comportamento foi observado tendo se obtido  $5,4 \times 10^4$  NMP/100 mL para a amostra de água conduzida a cisterna UFPE e  $1 \times 10^3$  NMP/100 mL para as amostras que foram conduzidas às cisternas A1 e A2 (Figura 4).



**Figura 3** - Resultados obtidos para Coliformes Totais (10<sup>6</sup> NMP/100 mL)  
**Figure 3** – Results found for Total Coliforms (10<sup>6</sup> NMP/100 mL)





**Figura 4** - Resultados obtidos para *Escherichia Coli* ( $10^6$  NMP/100 mL)

**Figure 4** - Results found for *Escherichia Coli* ( $10^6$  NMP/100 mL)

No que se refere à eficiência dos desvios, observa-se que todos foram eficazes para evitar que parte dos microrganismos patogênicos atingissem as respectivas cisternas. Neste sentido, os desvios A1 e A2 apresentaram o mesmo desempenho em ambos os parâmetros microbiológicos avaliados (coliformes totais e *E. Coli*) tendo reduzido em 99,9% a quantidade de cada um deles que chegaria às cisternas. O Desvi UFPE foi responsável pela redução de 99,7% e 98,9% na quantidade de coliformes totais e *E. Coli*, respectivamente, que atingiriam as cisternas. Ou seja, sem diferença estatística entre os dispositivos avaliados para desempenho microbiológico (ANOVA;  $p = 0,991$ ).

Quando se trata de cisternas instaladas na zona rural a melhoria da qualidade microbiológica da água armazenada em cisternas é o ponto mais importante, pois está diretamente relacionada à qualidade de vida das pessoas que utilizam água de chuva para consumo humano. Nesta direção, é importante destacar que os três dispositivos de desvio avaliados apresentaram desempenho semelhante, sendo caracterizados como barreiras de proteção sanitária para a água de chuva armazenada em cisternas. No entanto, vale destacar que o dispositivo de desvio A2 é configurado para desviar 2 mm, enquanto que nos demais apenas 1 mm de água de chuva é

desviado. Apesar de A2 demonstrar comportamento semelhante aos demais dispositivos de desvio testados, quantidade menor de água é encaminhada à cisterna. Isso deve ser considerado, dependendo da região em que se deseja instalar o dispositivo de desvio. Outro fato a ser observado é a estanqueidade dos dispositivos e o relato comum obtido nas comunidades quanto à ocorrência de vazamentos dos desvios confeccionados de concreto (Souza et al., 2011). Observa-se ainda que o Desvi UFPE além de eficiente, é caracterizado pela modulação, facilidade de instalação e por ser mais estanque que os outros dois dispositivos de desvio.

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados ratificam a importância do desvio das primeiras águas de chuva visando que a água encaminhada para a cisterna possua qualidade adequada.

No que se refere aos parâmetros físico-químicos, da comparação dos resultados da análise da qualidade da água do interior dos desvios e das respectivas águas direcionadas às cisternas verificou-se redução significativa em alguns parâmetros, como cor real e aparente, turbidez e sólidos totais. Todos os dispositivos de desvio estudados resultaram em melhoria significativa na qualidade da

água direcionada às cisternas. Da comparação entre as três amostras de águas que foram encaminhadas às cisternas com desvios previamente instalados, dos dez parâmetros investigados, em quatro deles a água direcionada a cisterna UFPE (com o DesviUFPE) e a água conduzida para a cisterna A2 (com dispositivo baseado no princípio dos vasos comunicantes) apresentaram as menores concentrações (CE, cor real e ST para a cisterna UFPE e alcalinidade total, cor aparente e DT). No caso da água direcionada à cisterna A1 (com dispositivo baseado no princípio do fecho hídrico) isto ocorreu para três parâmetros (turbidez, pH e oxigênio dissolvido). Comparando-se os resultados das águas conduzidas para as quatro cisternas, observou-se que exceto para cor aparente, turbidez, pH e OD, os parâmetros determinados para a água que não passou por nenhum dispositivo de desvio, foram numericamente maiores que os obtidos para as outras amostras, evidenciando a necessidade do emprego do desvio.

Com relação aos microrganismos patogênicos, observou-se que, o emprego de qualquer um dos três desvios pode reduzir esta contaminação em pelo menos 98,9% para *E. Coli* e 99% para coliformes. Desta forma, todos os três dispositivos testados mostraram-se capazes de contribuir para a melhoria da qualidade da água encaminhada à cisterna.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FACEPE pelo auxílio financeiro (processo APQ 0966-03.07/15) e bolsa concedida ao segundo autor deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALVES, F.; KOCHLING, T.; LUZ, J.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S. Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. **Journal of Water and Health**, v. 12, n. 3, p. 513-525, 2014.

ANDRADE NETO, C. O. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: XI SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA

E AMBIENTAL, 2004, Natal. **Anais**. Natal: ABES/APESB/APRH, 2004.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 21th ed. Washington, DC: Centennial Edition, 2005.

ASA – Articulação Semiárido Brasileiro. <http://www.asabrasil.org.br/acoes/plmc> (acessado em 04/08/2016).

FONSECA, J. E., CARNEIRO, M., PENA, J. L., COLOSIMO, E. A., SILVA, N. B., COSTA, A. G. F. C., MOREIRA, L. E., CAIRNCROSS, S., HELLER, L. Reducing Occurrence of Giardia duodenalis in Children Living in Semiarid Regions: Impact of a Large Scale Rainwater Harvesting Initiative. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 6, p. 10, 2014.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília, DF: FUNASA, 2006.

GNADLINGER, J. Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semiárido brasileiro. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCMAC, 2007.

MCBEAN, E. A., RAJIB, M. A., RAHMAN, MD. M. Improved Sustainability of Water Supply Options in Areas with Arsenic-Impacted Groundwater. **Water**, v. 5, p. 1941-1951, 2013.

MENDEZ, C. B., KLENZENDORF, J. B.; AFSHAR, B. R.; SIMMONS, M. T.; BARRETT, M. E.; KINNEY, K. A.; KIRISITS, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. **Water Research**, v.45, p. 2049-2059, 2011.

MS - Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011. Estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância de qualidade de água para consumo humana e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília - DF, 2011.

SOUZA, S. H. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S.; NÓBREGA, R. L. B. Avaliação da Qualidade da Água e da

SILVA, S. T. B.; ARAÚJO, L. F. ; ALMEIDA, A. J. G. A. GAVAZZA, S. ; SANTOS, S. M.

Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p.81–93, 2011.