

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNAS NA ÁREA RURAL DE INHAMBUPE, NO SEMIÁRIDO BAIANO, E SEUS FATORES INTERVENIENTES

Nara de Melo Dantas da Silva

Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento/UFBA. (naradanttas@hotmail.com)

Louisa Wessels Perelo

DSc em Ciências Naturais/Tecnische Universitat München-Alemanha. Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. (louisa@ufba.br)

Luiz Roberto Santos Moraes

PhD em Saúde Ambiental/University of London-UK. Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. (moraes@ufba.br)

Resumo

O artigo tem como objetivo apresentar estudo sobre a qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas, na área rural do município de Inhambupe, no Semiárido Baiano, e seus principais fatores intervenientes. Trata-se de estudo de natureza quali-quantitativo, com realização de trabalho de campo. Após levantamento bibliográfico sobre sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAC), qualidade microbiológica da água e fatores intervenientes, foi elaborado e aplicado questionário em 707 casas dotadas de cisterna. Foram selecionadas cisternas com diferente fator interveniente em cada, num total de oito, para coleta e análise de amostras da qualidade microbiológica da água de chuva armazenada. Os dados foram analisados estatisticamente e os resultados comparados com os da legislação brasileira. Os resultados da qualidade microbiológica da água de chuva armazenada nas cisternas estudadas indicam que 78,1% das amostras analisadas apresentaram coliformes termotolerantes, e a presença de bactérias heterotróficas foi identificada em todas as amostras. Aplicando-se o planejamento fatorial para identificar os fatores intervenientes da qualidade microbiológica da água das cisternas, tendo como variável 'resposta coliformes termotolerantes', e levando-se em consideração a presença dos fatores analisados em um nível de confiança de 10%, aqueles que apresentaram efeitos significativos foram: falta desvio, árvores e a interação dos fatores – balde*limpeza*falta desvio, balde*limpeza*árvores*falta desvio e árvores*falta desvio. Para a variável 'resposta bactérias heterotróficas', sendo considerado o mesmo nível de confiança, foram encontrados como fatores que proporcionaram influência significativa: árvores e balde*árvores*falta desvio. Com os resultados encontrados e buscando-se a melhoria da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas, sugere-se que as variáveis significantes estejam ausentes no SAAC de forma a melhorar a qualidade da água de chuva armazenada.

Palavras-chave: água de chuva, qualidade da água, cisterna.

Abstract

The article aims to present a study on the microbiological quality of rainwater stored in water tanks carried in the rural area of the municipality of Inhambupe, in Bahia, Brazil, and its main influencing factors. It is the study of qualitative and quantitative nature, with conducting fieldwork. After literature review on the use of rain, microbiological water quality and water system intervening factors, a questionnaire was developed and implemented in 707 homes fitted with cistern. Tanks were selected with different intervening factor in each for the collection and analysis of samples of microbiological quality of stored rain water in the total of 8. Data were statistically analyzed and the results compared with those of the Brazilian legislation. The results of the microbiological quality of rainwater stored in cisterns studied show 78.1% with termotolerant coliform organisms and the presence of heterotrophic bacteria was identified in all samples. Applying the factorial design to identify the intervening factors of the microbiological quality of water tanks, with the response variable 'coliforms', and taking into

account the presence of the factors analyzed at a confidence level of 10%, those who showed significant effects were: lack deviation, trees, the interaction of the factors studied – bucket*cleaning*lack deviation, bucket*cleaning*trees*lack deviation and trees*lack deviation. For heterotrophic bacteria response variable, being considered the same level of confidence, were found as factors that contributed to significant influence: trees and trees*bucket*lack deviation. Based on the results and seeking to improve the quality of rainwater stored in tanks, it is suggested that the significant variables are absent in the system in order to improve the quality of water stored.

Keywords: harvested rain, water quality, water thank.

INTRODUÇÃO

A problemática da carência hídrica no Semiárido Brasileiro é resultante de um conjunto de fatores climáticos e edáficos, caracterizados pela escassez e irregularidade das chuvas, apresentando longos períodos de estiagem, com temperatura, taxas de evaporação e insolação elevadas e, ainda, a ocorrência de solos rasos baseados sobre rochas cristalinas que dificultam o escoamento das águas. Tal carência de disponibilidade quali-quantitativa de água é um dos principais problemas para a sobrevivência da população dessas regiões (CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2010).

Para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes de regiões semiáridas, o sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisterna (SAAC) mostra-se como uma solução para o abastecimento de água, caracterizando-se como uma solução individual, conforme Decreto nº 7.217/2010 (BRASIL, 2010) que regulamenta a Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007). Esta alternativa apresenta-se viável devido aos baixos custos de instalação, operação e manutenção, quando comparada, por exemplo, a um sistema simplificado de abastecimento de água – captação de água superficial ou subterrânea, armazenamento e distribuição por meio de rede.

As características apresentadas para regiões semiáridas também são encontradas no município de Inhambupe, localizado no Semiárido Baiano. A distribuição de água existente na zona rural do Município, proveniente de poços artesianos localizados na bacia de Tucano, apresentava constantes intermitências decorrentes, principalmente, da má gestão dos recursos hídricos, como o uso

indiscriminado para a irrigação, reforçando a utilização do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC) na região.

A qualidade da água de chuva coletada e armazenada necessita ser verificada, pois a água é aproveitada para os mais diversos usos domésticos, inclusive ingestão direta. A água de chuva armazenada em cisternas está vulnerável a alguns fatores como: a localização geográfica, a presença de vegetação, a deposição úmida e seca de material, as estações do ano, a presença de poluentes e carga poluidora, dentre outros. A qualidade de qualquer água é definida por sua exposição a poluentes/contaminantes durante as etapas de captação, transporte, armazenamento, tratamento e distribuição (XAVIER, 2010).

Assim, o artigo tem como objetivos avaliar a qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas localizadas na área rural do município de Inhambupe, no Semiárido Baiano, bem como investigar e analisar a influência de potenciais fatores intervenientes na sua qualidade.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Semiárido Brasileiro foi delimitado pela Portaria nº 89, de 16/03/2005, do Ministério da Integração Nacional, com base em três critérios: 1) Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros (isoieta de 800mm); 2) Índice de Aridez (com valor $\leq 0,5$), calculado pelo balanço hídrico; e 3) Risco de Seca (60% ou mais de dias com déficit hídrico) (INSA, 2011; BRASIL, 2005). Destaca-se que o Semiárido Baiano ocupa uma área de 391.485,08km², o que representa quase 70% da área do Estado.

A região Semiárida do Estado da Bahia é caracterizada por apresentar um clima quente

e seco, além da deficiência hídrica. O déficit hídrico ocorre quando a evapotranspiração é maior que a precipitação, sendo favorecido pelas temperaturas médias elevadas (26°C), a carência e a irregularidade (espacial e temporal) das chuvas, normalmente concentradas em períodos de três meses, que acarretam longos períodos de estiagem. Os rios da região, geralmente, são intermitentes e os solos são rasos e embasados por rochas cristalinas (pouco permeáveis), dificultando o acúmulo de água (ROCHA, 2008; ANA, 2012). Dentre os municípios que estão incluídos na região semiárida baiana, encontra-se o município de Inhambupe.

Inhambupe possui uma população rural representativa, pois cerca de 56% das pessoas desse município encontram-se em tal zona, tendo como principal atividade econômica a agropecuária. A zona rural ou localidade de pequeno porte é uma região do município caracterizada pela ausência de urbanização e destinada a atividades agropecuárias, de turismo, de silvicultura e de conservação ambiental. Essa região está associada ao campo e, quando comparado à zona urbana, se apresenta, muitas vezes, como precária e carente de serviços públicos de saneamento básico (FENG, 2007). Esses serviços são, por sua vez, precários ou inexistentes, acentuando os efeitos da deficiência hídrica na população semiárida rural.

A construção de todas as cisternas localizadas na região rural de Inhambupe teve o gerenciamento da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), que é uma rede de organizações da sociedade civil que atua na gestão e no desenvolvimento de políticas de convivência com essa região. Além de beneficiar as famílias com água de qualidade para o fornecimento doméstico, por meio das cisternas de placas de cimento com um volume de armazenamento de 16m³, a família passa por uma capacitação em Gestão de Recursos Hídricos (que aborda assuntos a respeito da manutenção e cuidados em relação à cisterna e à água armazenada em seu interior), com duração de 16 horas (2 dias x 8h/dia), com atividades presenciais.

Os SAAC existentes apresentam, principalmente, os seguintes componentes:

Superfície de coleta – é composta, sobretudo, por telhas cerâmicas, metal, vidro ou fibra de vidro. Apresentam a função de escoamento da água a ser recolhida, tendo como objetivo assegurar uma maior coleta de água, com aproveitamento máximo dos benefícios da chuva.

Telas de proteção de calhas – é composta por armações metálicas que se encaixam ao longo da calha, e tem como função a remoção de detritos maiores, tais como folhas, galhos e flores, que possam vir a cair sobre o telhado e serem carregados pela chuva precipitada sobre a superfície de coleta.

Calhas e condutores – são feitas de PVC, tubo de alumínio sem costura e aço galvanizado, sendo responsáveis por encaminhar a água da superfície de coleta até o dispositivo de descarte das primeiras águas (quando este existir) ou diretamente ao reservatório de armazenamento.

Sistema de descarte das primeiras águas – pode ser realizado de forma manual, desconectando os tubos condutores, ou de forma automática (dispositivo que desvia um volume determinado de água automaticamente), tendo como função desviar os primeiros milímetros de água da superfície de coleta de cada chuva, no intuito de retirar as impurezas e detritos menores da atmosfera e da superfície de coleta acumulada entre duas chuvas.

Reservatório – pode ser de fibra de vidro, PVC, madeira, metal, concreto fibrocimento e alvenaria, tendo como funções a retenção e o armazenamento da água de chuva captada por uma superfície de coleta próxima.

Bombeamento – pode ser composto por bomba manual ou conjunto motor-bomba e tem como função interligar o reservatório aos pontos de uso. A elevação manual com balde e auxílio com corda tem sido também utilizada em substituição ao bombeamento.

Tratamento – os tipos de tratamento são os mais variados possíveis, e dependem da qualidade da água captada, local de destinação e espaço disponível para a sua implantação,

tendo a função de melhorar a qualidade da água coletada.

Extravasor – de PVC ou material metálico, tem como única função a saída do excesso de água do reservatório.

Os reservatórios dos SAAC instalados pela ASA são formados por cisternas de placas de argamassa pré-moldadas, utilizados devido à sua segurança em relação ao armazenamento (por dificilmente ocorrer vazamentos) e à simplicidade de construí-los e de adaptá-los em pequenos locais, a um baixo custo e em pouco tempo, além da facilidade na capacitação das pessoas que irão construir as cisternas (GNADLINER, 2001). A reprodução do reservatório adotado pela ASA é bem definida, enquanto a qualidade da água armazenada é, normalmente, variável.

A qualidade da água de chuva é um fator muito importante para o seu aproveitamento, pois esta define seus usos, bem como a necessidade e os tipos de tratamento que devem ser dados à água coletada e armazenada nas cisternas. O Group Raindrops (2002) destaca que quanto melhor a qualidade da água de chuva coletada, maior será a sua gama de utilidades. Partindo da premissa da impossibilidade de monitorização de todos os tipos de microrganismos patogênicos presentes em uma amostra de água, a utilização de indicadores microbiológicos para avaliação da água coletada torna-se uma boa alternativa (RIBEIRO, 2008). Cada agente contaminante que pode ser incorporado na água advém de uma série de fatores que o compõe, como:

Localização geográfica – Locais com elevada poluição atmosférica, densamente povoados ou industrializados podem contribuir para que metais pesados e substâncias químicas modifiquem a qualidade da água de chuva, o que é potencialmente prejudicial, sendo importante mencionar que a contaminação microbiológica é mais rara que a contaminação química (ANDRADE NETO, 2004; RADAIDEH, 2009). Para o carreamento de gases e materiais particulados presentes na atmosfera no momento da chuva, torna-se necessário dissolvê-los nas gotas da água de chuva e

serem levados para uma superfície de coleta. A depender da forma de precipitação, o carreamento das partículas poderá ser considerado de forma diferenciada, ou seja, *Rainout* pela condensação e *Washout* pela precipitação (CONCEIÇÃO *et al.*, 2010).

Presença de carga poluidora na superfície de coleta – Ao longo do período de estiagem, o telhado acumula sujeira, como os dejetos de aves, mamíferos e roedores, e poeira, folhas, galhos e fuligens. Tais resíduos se sedimentam pela ação da gravidade sobre a superfície de coleta (deposição seca), podendo haver pedaços do corpo de animais em decomposição, bem como revestimento dos telhados e tintas. Todos estes acarretam a contaminação por agentes químicos e por agentes patogênicos (YAZIZ *et al.*, 1989; GROUP RAINDROPS, 2002; REBELLO, 2004; PHILLIPI *et al.*, 2006; XAVIER, 2010). Andrade Neto (2010) considera que a deposição desses materiais sobre a superfície de coleta ocorre no intervalo entre duas chuvas. Yaziz *et al.* (1989) afirma que quanto maior o período seco entre os eventos de precipitação, maior é a quantidade de poluentes depositados sobre a superfície de coleta.

Condições meteorológicas e estação do ano – Quanto maior a intensidade da chuva, maior será a energia presente nas gotas de chuva, no momento do seu impacto sobre a superfície de coleta, empregada na limpeza do telhado (YAZIZ *et al.*, 1989). Sazakli, Alexopoulos e Leotsinidis (2007) destacam que, no período chuvoso e de ventos fortes, há o aumento das concentrações dos parâmetros físico-químicos, mas a quantidade de parâmetros microbiológicos se reduz nesse período, resultados que são invertidos nos períodos secos e com poucos ventos. O regime (direção) e intensidade (velocidade) dos ventos podem alterar a distribuição das cargas poluidoras e, conseqüentemente, a concentração de bactérias em um determinado local da superfície de coleta (EVANS; COOMBES; DUNSTAN, 2005).

Fossa absorvente ou fossa séptica – Nas regiões em que há uma grande concentração de fossas absorventes e/ou fossas sépticas

para a disposição dos esgotos domésticos, pode acontecer variação na demanda química de oxigênio (DQO), nas concentrações do NO₃ e contaminantes biológicos no solo, assim como nas águas subterrâneas. Na maioria dos casos em que ocorre problema na estrutura da cisterna, as fossas absorventes, estando próximas e em locais mais elevados, ou, ainda, as fossas sépticas que apresentem problemas de infiltração através das águas residuais podem atingir as adjacências da cisterna e contaminar a água já armazenada (RADAIDEH, 2009).

Exposição à radiação UV – Entre a ocorrência de chuvas e ventos, os microrganismos presentes na superfície de coleta de água podem ficar expostos à radiação Ultra Violeta, provocando impacto na sobrevivência dos mesmos, variando conforme a duração do intervalo e a intensidade da radiação UV (EVANS; COOMBES; DUSTAN, 2005).

Quanto à dificuldade para impedir que os contaminantes do telhado se dissolvam e se transfiram para a água de chuva, pode-se evitar a contaminação adicional mantendo-se as áreas de coleta sempre limpas. Como o telhado é uma área de difícil acesso e, conseqüentemente, de difícil limpeza, deve-se evitar que fontes de contaminação se aproximem da superfície de coleta de água (GROUP RAINDROPS, 2002).

Para melhor entendimento sobre a qualidade da água de chuva, Tomaz (2003) definiu quatro estágios de qualidade, os quais variam de acordo com o processo de coleta e armazenamento:

- Antes de atingir o solo.
- Depois de precipitar sobre a superfície de coleta.
- Quando armazenada em um reservatório (a água é alterada à medida que se depositam elementos sólidos no fundo da mesma e a água está pronta para utilização).
- No ponto de consumo.

A verificação da qualidade da água de chuva, por causa da possível contaminação microbiológica, é realizada por meio da identificação de alguns microrganismos biológicos, elementos específicos, os quais indicam que a água pode estar contaminada por organismos patogênicos, que se caracterizam

pela possibilidade de provocar efeitos maléficos à saúde.

Os microrganismos indicadores mais utilizados são os coliformes totais e termotolerantes, os helmintos e os protozoários. Esses bioindicadores podem apresentar a ocorrência de uma série de enfermidades referentes à origem e à transmissão hídrica (ÁLVARES, 2005), conhecidas como doenças relacionadas à água.

Segundo Cairncross e Feachem (1990), o modo de propagação das doenças relacionadas à água se dá por meio de:

- Transmissão fecal-oral – transmissão hídrica.
- Falta de higiene – por penetração na pele em contato com a água ou por ingestão de água contaminada, resultado de contágio de infecções cruzadas ou falta de asseio com alimento.
- Utilização da água – por penetração na pele em contato com a água ou por ingestão.
- Transmissão por inseto vetor – picada de vetores que têm parte de sua vida na água ou próxima à água e que, ainda, procriam nesse mesmo local.

Evans, Coombes e Dunstan (2005) consideram que, em geral, não existe uma concordância sobre a qualidade da água de chuva e os riscos percebidos sobre a saúde. Essa falta de concordância gera uma concepção limitada sobre o sistema de aproveitamento de água de chuva, bem como a existência de informações contraditórias na literatura sobre a qualidade dessa água, o que contribui para dificultar a aplicação generalizada das cisternas.

Embora os riscos epidemiológicos associados às cisternas sejam pequenos, os estudos mais atuais recomendam que todo empenho seja feito para diminuir a contaminação das águas das cisternas utilizadas para o consumo humano (ANDRADE NETO, 2003), pois, mesmo que o aproveitamento da água de chuva seja uma solução atraente, do ponto de vista ecológico, devem ser levados em conta os potenciais riscos à saúde relacionados à contaminação microbiológica (SAZAKLI; ALEXPOULOS; LEOTSINIDIS, 2007; VIALLE *et al.*, 2011).

Heijnen (2012) destaca que há, relativamente, poucos estudos epidemiológicos realizados com água de chuva, justificados pela

sua escassa utilização como fonte de água de qualidade, já que essa prática ainda não é muito reconhecida pelas pessoas. O autor considera, ainda, que boas práticas de captação são baseadas na engenharia do bom senso, ao invés de uma real avaliação dos riscos à saúde, devido à escassez de informação científica sobre o assunto.

Deve-se, também, destacar a necessidade de monitorização da qualidade dessas águas quanto aos aspectos microbiológicos. As estruturas de captação, calhas e o reservatório de armazenamento da água de chuva são importantes não somente para a coleta e preservação dessa água, mas para as barreiras sanitárias que, se manejadas de forma correta, reduzem a contaminação microbiológica da água depositada na cisterna (XAVIER, 2010). A contaminação microbiológica é o principal fator de degradação da água de chuva e provoca influência nos possíveis usos da água coletada.

Diversos procedimentos relacionados ao manejo devem ser adotados para garantir a qualidade microbiológica e a segurança sanitária da água de chuva coletada. Alguns dispositivos específicos direcionados para o manejo, no intuito de melhorar a qualidade da água de chuva coletada, podem facilitar o alcance dos padrões de qualidade para consumo humano. Os principais componentes do manejo para a melhoria da qualidade da água de chuva são:

Superfície de captação – está sempre vulnerável à contaminação de diversas origens, como poluentes atmosféricos, folhas, galhos, pequenos animais e seus dejetos, dentre outros, acumulados durante o período entre duas chuvas. Essa superfície caracteriza-se como a principal fonte de descarga poluidora do sistema de aproveitamento de água de chuva. Deve ser limpa regularmente para remover a poeira e os detritos, de modo a manter a qualidade da água coletada.

Presença de telas de proteção de calha – sua função é reter e remover detritos, tais como folhas, galhos, flores e pequenos animais que caem sobre o telhado, evitando que ocorram obstruções nos condutos que levam a água da chuva ao reservatório. Por isso, as telas devem

ser limpas regularmente. Já a colocação de uma tela na saída do tubo extravasor dificulta a entrada de mosquitos.

Sistema de descarte das primeiras águas – oferece ao sistema a possibilidade de se livrar dos contaminantes menores, como poeira, pólen, fezes de aves e roedores. Não há um cálculo exato para determinar a quantidade inicial de água a ser desviada, pois existem muitas variáveis que determinam a eficácia da lavagem dos contaminantes da superfície de captação, as quais mudam de acordo com os fatores que podem influenciar o local. As opiniões variam sobre o volume de água de chuva a ser desviado, mas tem sido muito utilizado descartar 1L das primeiras águas por m² de superfície de coleta. Destaca-se que o início da chuva tem, realmente, grande influência sobre a qualidade da água captada. Recomenda-se que o desvio das primeiras águas seja realizado a cada precipitação, 20 a 30 minutos iniciais, considerados suficientes para a limpeza do telhado (YAZIZ *et al.*, 1989).

Limpeza do reservatório – a qualidade da água no interior da cisterna está condicionada a alguns cuidados, como: evitar a entrada de luz e rachaduras no reservatório, a fim de minimizar a proliferação de algas em seu interior e impedir a introdução de insetos; efetuar limpeza regular, porque o acúmulo de matéria orgânica é a principal fonte de nutrientes para a proliferação de microrganismos; e não misturar a água de chuva com água de outras fontes de abastecimento. Deve ser limpo semestralmente, de acordo com a NBR 15.527:2007 da ABNT (2007), ou a cada período de estiagem.

Sistema de bombeamento – a retirada e o transporte de água por meio de baldes ou latas inapropriados podem ser fatores de contaminação da água armazenada no reservatório e no interior da residência, pois possibilitam a introdução de microrganismos na cisterna. Esse processo pode ser evitado por meio de um sistema de bombeamento eficiente e por ações de educação sanitária ou em saúde.

Distância entre a vegetação e a superfície de coleta – contribui para impedir que galhos e

folhas sejam depositados na superfície de coleta, conseqüentemente, fornecendo matéria orgânica para a cisterna caso esses materiais venham a entrar no reservatório. Deve ser mantida a uma distância mínima da área de coleta, não havendo uma medida exata a ser adotada.

Distância entre a fossa e o reservatório – a presença de fossa absorvente ou séptica próxima da cisterna pode representar uma fonte potencial para alterar a qualidade da água coletada, pois se ocorrer problemas na estrutura do reservatório e se a fossa absorvente estiver próxima, em local mais elevado, ou se a fossa séptica apresentar problemas de infiltração, as águas residuais alcançarão a cisterna, podendo contaminar as águas contidas no interior da mesma. A distância entre a fossa absorvente e a cisterna depende da litologia do solo e do desnível geométrico.

Tratamento – tem o objetivo de eliminar matéria orgânica e microrganismos da água coletada, levando esta a um padrão de qualidade. O tratamento deve ser o mais adequado possível ao SAAC, evitando-se aquele que resulte em maior custo e manutenção complexa, de acordo com o propósito de uso e qualidade da água que se quer atingir (YAZIZ *et al.*, 1989; GROUP RAINDROPS, 2002; ANDRADE NETO, 2003; REBELLO, 2004; TEXAS, 2005; SAZAKLI; ALEXPOULOS; LEOTSINIDIS, 2007; SANTOS, 2008; RADAIDEH *et al.*, 2009; ANDRADE NETO, 2010; LEE *et al.*, 2009; XAVIER, 2010).

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa de natureza quali-quantitativa, do tipo exploratório, com a realização de trabalho de campo.

A área de estudo corresponde à zona rural de Inhambupe, localizada na região Agreste de Alagoinhas Litoral Norte do estado da Bahia (Lat. 11°47'04" Sul e Long. 38° 21'11" Oeste). O município de Inhambupe abrange uma área de 1.222,6km², e apresenta clima dos tipos subúmidos a seco e semiárido, exibindo médias anuais de temperatura de 26°C e pluviosidade média anual de 885,7mm, de

regime irregular, concentrados nos meses de abril a junho.

Quanto à geologia, seus solos são rasos e subsolos com limitada capacidade de acumulação de águas em aquíferos, o que justifica a existência de uma densa malha de rios intermitentes, com exceção do Rio Inhambupe, com característica perene (CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2010). Este cenário de imprevisibilidade e carência pluvial afeta a população local, principalmente, a população da zona rural.

A zona rural de Inhambupe, segundo o Censo de 2010 (IBGE, 2010), possui 56,9% dos 36.306 habitantes do Município. Os sistemas de abastecimento de água para a área rural têm como fonte principal o aquífero da bacia do Tucano Sul, por meio de poços perfurados pela Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB). Entretanto, estes sistemas apresentavam constantes problemas na distribuição da água (intermitência), decorrentes, principalmente, de uma ineficiente operação e administração, como a má conservação da estrutura física, acarretando a paralisação e o abandono dos poços. A exploração dessa água ocorreu de forma excessiva e indiscriminada, causando a redução da vazão nos poços públicos próximos aos mesmos, o que gerou impacto negativo no abastecimento público, como constatado pela primeira autora quando do trabalho de campo. Assim, a medida adotada na região para a regularização do abastecimento de água foi a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Conforme informações recebidas de pessoa responsável por selecionar as famílias a serem atendidas, quando do trabalho de campo, a maioria dos sistemas de aproveitamento de água de chuva existentes no município de Inhambupe foi implantada pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), tendo início em março de 2004, com a instalação de 19 cisternas, fruto da parceria do Movimento de Organização Comunitária (MOC) com o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Inhambupe, estando a execução dos SAAC em andamento pelo Programa Água para Todos, do Governo do Estado da Bahia.

Levantamento de dados sobre as cisternas e o sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAC)

Foi realizado um levantamento de dados sobre as cisternas e seus respectivos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva domiciliar, localizados na área rural de Inhambupe. Foram investigadas, também, informações sobre a qualidade e os fatores intervenientes das águas de chuva armazenadas nas cisternas, por meio de busca em fontes de dados, como a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA, 2011), Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS, 2011), por meio do SIG Cisterna, sítio de informações específicas das cisternas construídas na região do Semiárido Brasileiro da Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN, 2011), Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) e Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA, 2011).

Trabalho de campo

A partir do embasamento teórico, foi desenhado um questionário, utilizado como um roteiro na técnica de observação participante, com o objetivo de identificar os principais fatores intervenientes existentes no sistema de coleta e armazenamento da água de chuva em Inhambupe, sendo observados os seguintes fatores: área de captação, descarte das primeiras águas, materiais utilizados no sistema de aproveitamento de água de chuva, possíveis fatores de contaminação (existência de árvores e animais), manuseio e manutenção, reservatório, bombeamento, e tratamento e usos da água nas residências. Para tanto, contou-se com o auxílio de representante do Sindicato dos Trabalhadores Rurais do Município de Inhambupe e dos proprietários das residências.

Planejamento experimental fatorial

Em uma primeira etapa, foram selecionadas oito cisternas para realização de análise preliminar da qualidade microbiológica da água, com o objetivo de realizar uma triagem inicial e de identificar os principais fatores intervenientes da qualidade da água de chuva armazenada em reservatórios de Inhambupe. Cada cisterna selecionada apresentava um

único fator interveniente, estando todos os outros fatores em conformidade com as condições sanitárias adequadas, o que permitiu analisar cada fator individualmente sem a influência de outro fator selecionado. Os fatores selecionados para essa primeira etapa, obtidos na bibliografia consultada e durante as visitas de campo, são os seguintes: retirada de água com balde e auxílio de corda; ausência de tela de proteção; não realização de limpeza da cisterna; fossa próxima à cisterna; árvores próximas ao telhado; falta de desvio das primeiras águas; criação de galinhas próxima a casa; e casa modelo.

Na segunda etapa, aplicou-se o planejamento fatorial 2^k, sendo que os fatores (k), os quais serviram de critérios de seleção das variáveis de estudo, foram selecionados a partir de informações constantes no estudo da qualidade microbiológica realizado na primeira etapa. Foram definidas estratégias de realização da coleta de amostras e análise em um único dia, de forma a facilitar a realização do experimento. Adotaram-se como variáveis de entrada (fatores): balde para retirada de água do interior da cisterna, realização de limpeza da cisterna em tempo inadequado, presença de árvores próximas ao telhado e falta de desvio das primeiras águas. Foram observadas como variáveis respostas os indicadores de qualidade microbiológica da água de chuva armazenada na cisterna, especificamente os coliformes termotolerantes e as bactérias heterotróficas.

Em ambas as etapas realizadas, as cisternas foram selecionadas de maneira aleatória, conforme suas características e de forma a ficarem igualmente distribuídas sobre a área do Município, no intuito de obter homogeneidade da amostragem. As amostras coletadas foram analisadas no Laboratório de Microbiologia e Ecotoxicologia da Escola Politécnica da UFBA, sendo a coleta, armazenamento, transporte e análises realizadas de acordo com o *Standard Methods* (RICE *et al.*, 2012). Para cada fator analisado, efetuou-se a coleta de uma amostra de água, sendo realizada outra visita para o recolhimento da amostra duplicata, sempre acondicionada em caixas de isopor, com resfriamento à base de gelo, e transportadas para o Laboratório, no máximo, oito horas após a coleta.

Método de análise e avaliação dos resultados

Os resultados das variáveis respostas foram analisados utilizando-se o *Minitab Statistical Software*, versão 14, da empresa *Minitab*. Efetuaram-se análises em duplicata para realização dos cálculos específicos do planejamento experimental fatorial e para identificação dos fatores intervenientes que apresentam ou não efeitos significativos, sendo eles, efeitos principais e de interação. Por meio da análise estatística dos efeitos, foi avaliada a significância estatística de cada elemento (fator), ou de alguma interação de fatores sobre a variável resposta desejada do processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 726 cisternas implantadas até 15 de março de 2012, no município de Inhambupe, sendo que 19 cisternas encontravam-se inativas, ou seja, em situação de abandono; casos em que a casa encontrava-se vazia, ou terrenos com apenas a cisterna, ou que o proprietário desmanchou toda a residência juntamente com todos os outros componentes do SAAC, resultando em 707 cisternas em funcionamento até aquela data.

Em nenhum dos SAAC foi registrada limpeza na superfície de coleta, pois acredita-se que o início da chuva já a realizava, ou que seus telhados não apresentam sujeiras, já que nunca viram a ocorrência de animal nessa área. Os moradores consideram, dessa forma, que a realização desse tipo de manejo seja algo desnecessário, além de o telhado ser um local de difícil acesso para efetuar a limpeza. Assim, a limpeza na superfície de coleta foi descartada das análises de influência, apesar de aparecer na literatura como um importante fator interveniente.

Quanto à ausência de descarte das primeiras águas (20 a 30 minutos iniciais de cada chuva), apenas cerca de 6,7% dos sistemas implementados apresentaram esse fator, devido aos proprietários ou não terem condições físicas de efetuar o descarte das águas ou porque não estavam conscientes da realização do mesmo. O impacto causado na qualidade da água devido à ausência de descarte poderia ser evitado se este fosse realizado de forma automática, não

necessitando a presença do proprietário do SAAC no momento do início da chuva, apenas no final de cada chuva, para retirar o volume acumulado no depósito específico do sistema de descarte da primeira água.

A introdução de equipamento para a retirada de água (balde com o auxílio de corda) pode levar ao interior da cisterna matéria orgânica e microrganismos, contribuindo para alterar a qualidade microbiológica da água armazenada. Tal procedimento foi observado em 46,7% das casas estudadas. O bombeamento mais adequado é aquele que não altera ou contamina a água de chuva armazenada, ou seja, por meio de bomba elétrica (apenas 2,8% dos SAAC de Inhambupe possuem esse material), pois transporta a água de chuva diretamente para o tratamento ou para o local de uso, sem a introdução de nenhum fator externo contaminante. Porém, torna-se importante estudar o efeito do uso da bomba elétrica sobre a estrutura do reservatório. Por outro lado, a bomba manual sempre compôs a lista dos componentes da cisterna, sofrendo modificações e melhorias ao longo do tempo. Esse tipo de bombeamento foi observado em 48,9% dos domicílios.

A tela de proteção das calhas é outro componente que passou a fazer parte do sistema de captação de chuva. As primeiras cisternas não tinham esse componente, sendo acrescentado ao SAAC após o relato de que muita sujeira acumulava no interior da cisterna. Apenas 9,7% das cisternas não apresentaram a tela de proteção.

A presença de árvores próximas ao telhado (91,8% das casas apresentaram árvores com até 9 metros de distância do telhado) é bastante marcante na região, por se tratar de uma zona rural do Município em estudo. A criação de galinhas é outra característica muito comum na região, havendo criação em 70% das casas observadas, além da produção quase que diária de ovos, o que contribui para o aumento da renda da família por meio da venda desse produto.

A periodicidade da limpeza da cisterna pode ser variável, sendo recomendado que seja realizada anualmente, mas, nos casos de reservatórios muito cheios, pode ser executada num intervalo de tempo maior, destacando-se que tal indicação não deve se tornar uma regra.

A realização de limpeza anual é representada por 37,3% das cisternas existentes em Inhambupe, semestralmente, em 18,4%, e a não realização de limpeza, em 30,5%.

Quanto à disposição de dejetos e águas servidas, a solução encontrada e mais utilizada na zona rural é a fossa (72,2% de observações realizadas). Orienta-se que a cisterna seja construída a uma distância superior a 10m da fossa (66,8% do total), sendo poucos os casos existentes com distância inferior ao indicado (cerca de 5,4% do total).

Os resultados obtidos das análises microbiológicas referentes à primeira etapa de análise da água de chuva acumulada em cisternas da zona rural de Inhambupe, especificamente para coliformes termotolerantes, apresentaram em todas as campanhas e em todos os fatores (Figura 01) 77,5% dos resultados positivos do bioindicador, indicando contaminação fecal recente. A exceção foi a casa 02 (única cisterna das casas estudadas com ausência de tela de proteção) que, em todas as campanhas realizadas, apresentou como resultado <1UFC/100mL, indicando que a água armazenada na cisterna teve um manejo adequado, e que as condições sanitárias estão sendo efetuadas de forma correta. Este fator, inicialmente, por não apresentar indícios de influência sobre a qualidade microbiológica da água, não necessita participar da segunda etapa de análises microbiológicas.

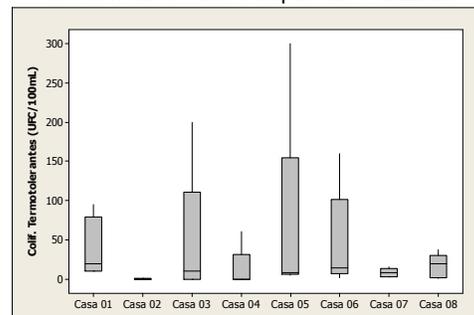
Quanto à casa 05 – SAAC que apresenta fossa absorvente próxima à cisterna –, poderia apresentar uma contaminação microbiológica referente à influência da fossa, caso a cisterna tivesse alguma rachadura localizada em uma parte submersa da estrutura (devido ao mal cuidado) e a fossa absorvente contribuísse para a infiltração dos dejetos. Porém, como isto não ocorre, pois, como observado no trabalho de campo, a cisterna encontra-se em boas condições, a contaminação presente é de outra procedência, ou de manuseio inadequado ou ausência de desvio da primeira água. Dessa forma, este fator não participa da segunda etapa de análises microbiológicas.

Ao analisar as casas 03 e 05, percebe-se que a água destas apresenta contaminação

mediana baixa. Nessas duas casas, as cisternas apresentaram valores elevados apenas uma vez, atribuídos, especificamente, a uma campanha realizada, em cada um dos reservatórios vazios, próximo ao dia de realização da limpeza, havendo um volume de água necessário apenas para que a cisterna não tivesse fissuras em sua estrutura. Acredita-se que, ao coletar a água localizada próxima ao fundo da cisterna, pode ter havido uma movimentação das partículas sólidas sedimentadas no fundo da cisterna, e estas virem acompanhadas de microrganismos, mostrando, assim, a importância da limpeza do reservatório e a não utilização do volume de água reservado para a garantia da integridade física do mesmo.

Quanto à falta de desvio das primeiras águas da casa 07, acredita-se que a baixa concentração de coliformes termotolerantes deve-se à baixa quantidade de microrganismos existente na superfície de coleta e ao seu afastamento de árvores, havendo, apenas, a contribuição da deposição seca existente entre o período de duas chuvas.

Figura 01: *Boxplot* com os resultados de coliformes termotolerantes das campanhas realizadas



Fonte: dados da pesquisa

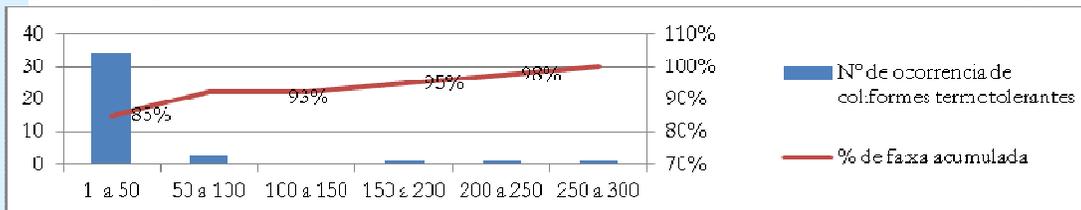
Já a casa 08, onde há criação de galinhas, a amostra de água apresenta coliformes termotolerantes em baixas concentrações. Observou-se que esses animais ficam no solo, portanto, distante de todo o sistema de coleta e armazenamento da água de chuva, e não se aproximavam, em nenhum momento, dos componentes do SAAC, não contribuindo para a contaminação das águas de chuva armazenadas nas cisternas. Assim, a baixa concentração de coliformes termotolerantes deve ser proveniente de outra

fonte que não seja a presença e criação de galinhas.

Pode-se perceber, a partir da Figura 02, que 85% dos resultados encontrados para coliformes termotolerantes encontram-se em uma faixa de Unidade Formadora de Colônias (UFC) entre <1 e 50, verificando-se que a

concentração de UFC/100mL é baixa em sua grande maioria. Isso indica que a grande maioria das amostras analisadas pode sofrer um tratamento simplificado que obterá uma qualidade de água potável, com eliminação dos coliformes termotolerantes.

Figura 02: Diagrama de Pareto com a ocorrência de coliformes termotolerantes por faixa de concentração

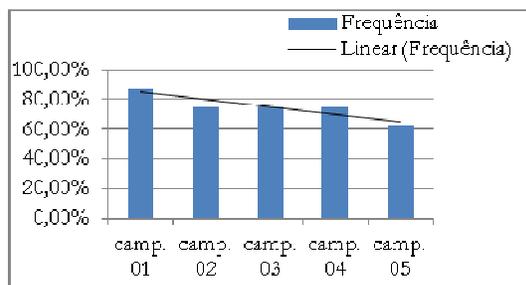


Fonte: dados da pesquisa.

Ao se analisar a Figura 03 e relacioná-la com os períodos de coleta de cada amostra, pode-se perceber a existência de influência do período chuvoso, de forma a reduzir a concentração dos coliformes termotolerantes (da segunda à quarta campanha foi o período que ocorreu chuva). A possível explicação para tal fato é que, no período de seca, há uma ausência da limpeza da superfície de coleta pela chuva, ocorrendo o acúmulo de contaminantes no período entre duas precipitações, deposição seca, gerando o aumento do número de microrganismos nesse período. Estes são carreados em sua maioria pela primeira chuva, podendo vir a adentrar na cisterna, caso não ocorra nenhuma interferência, a depender do nível de concentração presente no telhado. As águas que escoam sobre a superfície proporcionam limpeza regular na área de coleta, não permitindo o acúmulo de contaminantes nesse período e, conseqüentemente, diminuindo o número de microrganismos na água.

Essas avaliações preliminares contribuíram para definir os quatro fatores finais para a realização do planejamento experimental fatorial, quais sejam: a retirada de água com auxílio de corda, a limpeza da cisterna em tempo inadequado, árvores próximas a superfície de coleta e a falta de desvio da primeira água. A casa modelo equivale ao fator 'identidade' (tratamento estatístico com todos os fatores nos níveis baixos) do planejamento experimental fatorial.

Figura 03: Frequência dos resultados positivos por campanha realizada na primeira etapa.



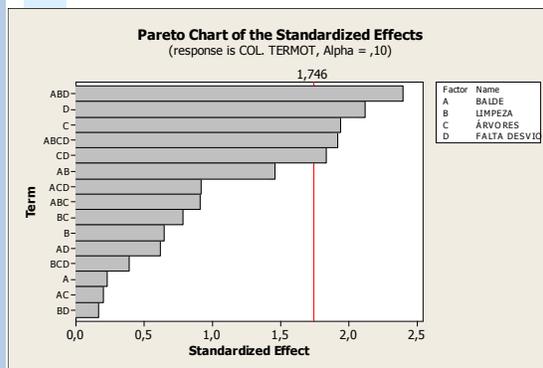
Fonte: dados da pesquisa.

Na segunda fase das análises da qualidade microbiológica, na realização do planejamento fatorial, dos resultados encontrados, 81,3% dos valores foram positivos para coliformes termotolerantes, demonstrando a contaminação fecal recente. Esta pode ter ocorrido, justamente, por causa da interferência dos possíveis fatores que intervêm na qualidade da água de chuva armazenada.

Os resultados do planejamento experimental fatorial, expressos na Figura 04, mostram os fatores que apresentaram efeitos significativos sobre os coliformes termotolerantes, ações que resultam em expressiva influência sobre a variável resposta, de forma positiva ou negativa, com um nível de confiança considerado de 10%. Foram os seguintes fatores: a interação das variáveis 'balde com auxílio de corda para a retirada de água do interior da cisterna', a 'limpeza da cisterna em tempo inadequado' e a 'falta de

desvio da primeira água' (balde*limpeza*falta desvio); a variável 'falta de desvio da primeira água' (falta desvio); a variável 'árvores próximas ao telhado' (árvores); a interação dos fatores 'balde com auxílio de corda para retirada de água' do interior da cisterna com 'limpeza da cisterna em tempo inadequado', com 'árvores próximas ao telhado' e com a 'falta de desvio da primeira água' (balde*limpeza*árvores*falta desvio); e a interação das variáveis 'árvores próximas ao telhado' com a 'falta de desvio da primeira água' (árvores*falta desvio).

Figura 04: Diagrama de Pareto dos efeitos padronizados para variável resposta coliformes termotolerantes



Fonte: dados da pesquisa.

A interação entre dois fatores que apresentam efeitos significativos sobre a variável resposta não necessariamente formará uma interação que apresenta um efeito expressivo sobre a variável resposta analisada. O que pode ocorrer no momento da interação são as variáveis apresentarem desempenhos opostos, que geram um resultado de baixa influência sobre a variável resposta. O inverso também é possível de acontecer, ou seja, duas variáveis que não apresentam efeito significativo sobre a variável resposta, ao interagirem, podem gerar um efeito influente inexistente aos fatores isolados.

Essa lógica de geração de desempenhos opostos e efeitos sinérgicos, também, pode ocorrer com as interações de 3ª e 4ª ordem. Destaca-se, ainda, que pode haver uma variação (positiva ou negativa) dos resultados encontrados pelo planejamento experimental fatorial, devido ao erro considerado na avaliação do programa, que, nesse caso, gira em torno de 10%, apresentado

como o nível de confiança do planejamento. Há, também, um erro associado à metodologia, que considerou como número de replicatas o número de duas amostras, sabendo-se que quanto menor o número de repetições, maior a tendência do resultado apresentar algum erro associado. Essas duas considerações criam uma nuvem de erro que produz uma incerteza nos resultados, principalmente naqueles que se encontram próximos à linha de consideração.

Os fatores que não são estatisticamente significantes em relação aos coliformes termotolerantes encontrados nesta pesquisa apresentam baixa influência sobre a qualidade microbiológica, proporcionando baixos resultados de efeitos sobre a presença de coliformes termotolerantes.

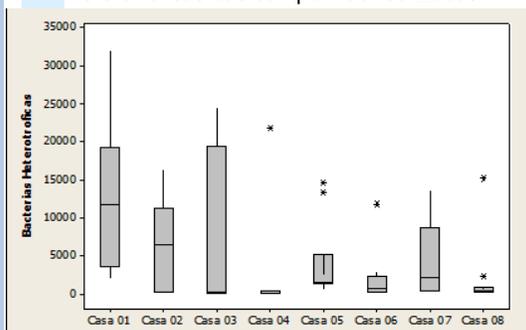
Quanto ao fator 'limpeza em tempo inadequado', o maior problema está relacionado, justamente, com o material sedimentável que se deposita ao fundo da cisterna, pois este resíduo pode apresentar contaminação, causando alteração na qualidade da água e seu efeito ser alavancado com a presença de outros fatores que provocam o aparecimento desse material, como a utilização de balde e ausência de desvio da primeira água. Isso porque o balde, em situações em que há pouca água armazenada no interior da cisterna, acaba provocando uma movimentação do material acumulado no fundo da cisterna, assim como a falta de desvio da primeira água permite uma maior entrada de material sedimentável que tenderá a se acumular no fundo do reservatório.

Para a variável resposta bactérias heterotróficas, foi possível observar (Figura 05) que este bioindicador está presente em todas as amostras analisadas, em variadas concentrações. Alguns resultados específicos (referentes às casas 01, 02 e 03) podem ter causado um resultado falso-negativo para coliformes termotolerantes – situação em que o resultado encontrado é valor negativo para um determinado indicador, sendo, na realidade, positivo, demonstrando que o resultado encontrado pelo teste é falso.

Sabe-se que mais da metade dos valores encontrados (67,5%) apresenta concentração entre 20 e 4.020UFC/mL, indicando, assim, que a maioria das concentrações encontra-se admissível, de

forma a não prejudicar os resultados de coliformes termotolerantes, levando-os a apresentar resultados falso-negativos. Sabe-se, também, que, com o início da estação chuvosa (na segunda campanha), houve o aumento da concentração das bactérias heterotróficas e redução a partir da estabilização dessa estação; o que significa afirmar que há maior contribuição das bactérias heterotróficas no início da estação chuvosa e redução na consolidação da estação chuvosa.

Figura 05: *Boxplot* com os resultados de bactérias heterotróficas das campanhas realizadas



Fonte: dados da pesquisa.

Além da relação com a estação do ano, acredita-se que as duas campanhas que apresentam as maiores concentrações possam ter analogia com uma maior intensidade das chuvas ocorridas, superior ao restante das chuvas anteriores, podendo gerar o desprendimento de um maior número de colônias de bactérias heterotróficas existentes na superfície de coleta.

Ao analisar os resultados das amostras referentes a cada SAAC estudado na primeira etapa, pode-se perceber que as amostras referentes às casas 05 e 07 apresentam a mediana próxima a 2.000UFC/mL. Os resultados da análise das amostras de água das cisternas das casas 03 a 08 apresentam, para as bactérias heterotróficas, valores de medianas significativamente inferiores (numericamente) das outras duas casas analisadas, indicando que essas cisternas apresentam uma qualidade bacteriológica da água melhor que aquelas das cisternas das casas 01 e 02.

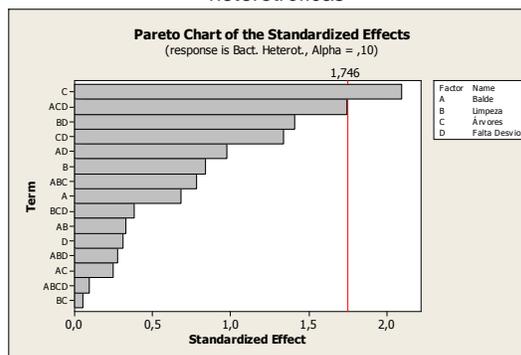
Destaca-se que as cisternas das casas 03 e 05 apresentaram, no momento da coleta de amostra de água em uma das campanhas, pouca água no interior da cisterna, o que

revelou, por consequência, uma média de concentração de bactérias heterotróficas elevada. Os valores elevados das medianas de bactérias heterotróficas das casas 01 e 02 podem indicar que os resultados de coliformes termotolerantes referentes à água dessas cisternas, possivelmente, estão representados por valores falso-negativos.

Os resultados das análises da água armazenada nas cisternas das casas 03 e 04 apresentam uma melhor distribuição dos dados de bactérias heterotróficas (simetria dos dados) e com maiores valores de mediana, indicando que a presença de matéria orgânica originária da deposição seca sobre a superfície de coleta pode ser o principal condicionante para o acontecimento desses valores, provocando, assim, a deterioração da qualidade da água de chuva coletada.

Dessa forma, como encontrado na variável resposta ‘coliformes termotolerantes’, os resultados da variável resposta ‘bactérias heterotróficas’ obtidos das análises laboratoriais foram avaliados pelo planejamento experimental fatorial, com o mesmo intuito de determinar os efeitos dos fatores selecionados sobre a variável resposta. Sob esta ótica, os resultados do planejamento experimental fatorial estão apresentados na Figura 06, sendo encontrados fatores que apresentam efeitos significativos sobre as bactérias heterotróficas, como: árvores próximas ao telhado; e a interação dos fatores ‘balde com auxílio de corda para retirada de água do interior da cisterna’, ‘árvores próximas ao telhado’ e a ‘falta de desvio da primeira água’.

Figura 06: Diagrama de Pareto dos efeitos padronizados para a variável resposta bactérias heterotróficas



Fonte: dados da pesquisa.

Esses resultados demonstram que o descarte da primeira água está sendo incipiente para a redução de partículas que contenham bactérias heterotróficas provenientes de árvores próximas, considerando que a ausência de descarte ou o descarte ineficiente pode provocar efeitos negativos sobre a qualidade da água de chuva. Os outros fatores e interações não apresentaram efeitos estatisticamente significativos sobre a presença de bactérias heterotróficas em águas de chuva acumuladas nas cisternas.

CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que os fatores intervenientes e a ausência de barreiras sanitárias dos SAAC implantados na zona rural do município de Inhambupe estão muito ligados à questão cultural e financeira.

Ao estudar os fatores intervenientes da água de chuva armazenada em cisternas da zona rural desse município, pode-se concluir que há a possibilidade dos microrganismos, bioindicadores e/ou patogênicos adentrarem nas cisternas por meio: da ausência do desvio da primeira água, da falta de calha de proteção das cisternas, da forma inadequada de retirada de água do interior da cisterna, da existência de árvores próximas à superfície de coleta, da criação de animais, como porcos e galinhas, e a presença de curral, sendo representados por 6,5%, 9,6%, 46,7%, 6,5%, 12,7%, 70% e 29,7%, respectivamente. Ocorrendo a entrada de impurezas, estas podem permanecer no interior da cisterna, caso a família não realize sua limpeza periódica e dos seus componentes, como ocorre em 35,9% das cisternas estudadas/observadas.

A limpeza periódica das superfícies de coleta, também, deve ser realizada, pois estas podem receber contribuições de impurezas de folhas e galhos de árvores, bem como animais que alcançam a área de coleta de água de chuva. Mas o que ocorre no município de Inhambupe é que nenhuma família realiza a limpeza do telhado, pois os moradores entendem que os primeiros minutos de chuva já são suficientes para eliminar tais resíduos, sem que seja necessário subirem no telhado.

Os principais usos da água de chuva armazenada em cisterna são: ingestão,

preparação de alimentos, banho, lavanderia e pia da cozinha, sendo representados por 79,2%, 73%, 33,9%, 26,7% e 20,9%, respectivamente.

Na avaliação da qualidade microbiológica da água de chuva armazenada nas cisternas estudadas, a maioria das amostras analisadas (78,1%) apresentou coliformes termotolerantes, indicando que houve contaminação de origem fecal recente. A presença de bactérias heterotróficas se faz presente nas análises de amostras de água de todas as cisternas estudadas, ou seja, não existe uma única casa com ausência de bactérias heterotróficas na água de chuva armazenada.

Torna-se importante advertir que existe a possibilidade de formação de biofilme no interior da cisterna, podendo mascarar o resultado dos coliformes termotolerantes e levar a um resultado falso-negativo.

Aplicando-se o planejamento fatorial para identificar os fatores intervenientes da qualidade microbiológica da água das cisternas, tendo como variável resposta 'coliformes termotolerantes', e levando-se em consideração a presença dos fatores analisados em um nível de confiança de 10%, os fatores que apresentaram efeitos significativos foram: balde*limpeza*falta desvio, desvio, árvores, a interação dos quatro fatores estudados – balde*limpeza*árvores*falta desvio e árvores*falta desvio. Para a variável resposta bactérias heterotróficas, sendo considerado o mesmo nível de confiança, foram encontrados os seguintes fatores que proporcionaram influência significativa: árvores e balde*árvores*falta desvio.

O fator presença de árvores próximas ao telhado é o que apresenta a maior ocorrência nas observações realizadas, 84,2% dos SAAC estudados/observados, sendo, portanto, o mais representativo quanto aos possíveis impactos que ele pode provocar na qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas.

Para os resultados encontrados e buscando-se a melhoria da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas, sugere-se que as variáveis significantes estejam ausentes no SAAC, de forma a melhorar a qualidade da água captada. Propõe-se, também, devido à ineficiência do curso de capacitação realizado

quando da implantação das cisternas, que este seja de novo ministrado e trabalhado junto aos participantes a necessidade do desvio da primeira água de chuva, de forma correta e periódica, da limpeza de telhados e calhas de forma recorrente, de afastamento de árvores que estejam próximas ao telhado ou de poda periódica, no intuito de evitar o acúmulo de folhas e galhos, bem como a aproximação de animais da superfície de coleta.

Esse reforço de capacitação é uma forma de resposta às análises microbiológicas das amostras de água realizadas, devendo ser disponibilizado a todos os interessados. Os resultados obtidos nesta pesquisa contribuem para a compreensão de que o manejo considerado inadequado e a intervenção dos fatores identificados que influenciam na qualidade da água de chuva coletada e armazenada nas cisternas para consumo humano podem prejudicar a sua utilização.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, M.L.P. Qualidade bacteriológica da água distribuída e consumida antes e após o programa Bahia Azul: fatores determinantes na cidade do Salvador. 2005. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Séries Históricas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2012.
- ANDRADE NETO, C.O. Segurança sanitária das águas de cisternas rurais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Petrolina, Brasil. Anais... Petrolina: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.
- _____. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XI., 2004, Natal. Anais... Rio de Janeiro: ABES/APESB/APRH, 2004. 1 CD-ROM.
- _____. Influência do início da precipitação na qualidade da água de chuva. In: ENCONTRO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO/SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 14., 2010, Porto, Portugal. Anais... Rio de Janeiro: ABES/APESB/APRH, 2010. 1 CD-ROM;
- ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro. PM1C. Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1150. Acesso em: 5 dez. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 15.527: Água de chuva: aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Portaria nº 89, de 16/03/2005. Atualiza a relação dos municípios pertencentes à região Semi-Árida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE. Brasília, D.O.U., de 17/03/2005.
- _____. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. SIG Cisterna. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/programa-cisternas>. Acesso em: 5 dez. 2011.
- _____. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: <http://www4.planalto.gov.br/legislacao/legislacao-1/decretos1>. Acesso em: 17 jul. 2012.
- CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R.G. Environmental health engineering in the tropics: an introductory text. 2. ed. Chichester/New York/Brisbane/Toronto/Singapore: John Wiley & Sons, 1990.
- CIRILO, J.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; CAMPOS, J.N.B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. (Org.). Águas no Brasil: análises estratégicas. 1ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, v. 1, p. 81-91.
- CONCEIÇÃO, F.T.; SARDINHA, D.S.S.; NAVARRO, G.R.B.; ANTUNES, M.L.P.; ANGELUCCI, V.A. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual da bacia do alto do Sorocaba (SP). Química nova, v. 34, p. 610-616, out. 2010.
- EMBASA. Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A. Relatórios de Sustentabilidade. Disponível em: http://www.embasa.ba.gov.br/sala_imprensa/publicacoes/relatorio-sustentabilidade. Acesso em: 17. dez. 2011.
- EVANS, C. A.; COOMBES, P. J.; DUNSTAN, R. H. Wind, rain and bacteria: the effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. Water Research, v. 40, p. 37-44, dec. 2005.

FEBRABAN. Federação Brasileira dos Bancos. Programa Cisternas. Disponível em: http://www.febraban.org.br/Febraban.asp?id_pagina=141&id_paginaDe=89. Acesso em: 17 dez. 2011.

FENG, L.Y. Projeto educação do campo: estratégias e alternativas no campo pedagógico. 2007. 96f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Centro Universitário Araraquara, Araraquara, 2007.

GNADLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 3., 2001. Petrolina. Anais... Petrolina: ABCMAC, 2001.1 CD-ROM

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento de água de chuva. Makoto Murase (Org.). Tradução de Massato Kobiama, Claudio Tsuyoshi Ushiwata e Manoela dos Anjos Afonso. Curitiba: Editora Organic, 2002.

HEIJNEN, H. Rain water harvesting: water quality, health and hygiene aspects. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. Anais... Petrolina: ABCMAC, 2012. 1 CD-ROM.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2011.

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas. 1 ed. Campina Grande, 2011. v.1. 470p.

LEE, J.Y.; YANG, J.-S.; HAN, M.; CHOI, J. Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. *Science of the Total Environment*, v. 408, p. 896-905, dec. 2009.

PHILIPPI, L.S.; VACCARI, K.P.; PETERS, M.R.; GONÇALVES, R.F. Aproveitamento da água de chuva. In: GONÇALVES, R.F. (Coord.). *Uso racional da água em edificações*. Vitória: PROSAB, 2006. Cap. 3. p. 73-152.

RADAIDEH, J.; AL-ZBOON, K.; AL-HARAHSEH, A.; AL-ADAMAT, R. Quality assessment of harvested rainwater for domestic uses. *Jordan Journal of Earth*

and Environmental Sciences, v. 2, n 1, p. 26-31, Jun. 2009.

REBELLO, G.A.O. Conservação de água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais. 2004. 113f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2004.

RICE, E.W.; BAIRD, R.B.; EATON, A.D.; CLESCERI, A.D. (Ed.). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22.ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

SANTOS, M.A.F. Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas rurais e as modificações decorrentes do manuseio na região de Serrinha-BA. 2008. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

SAZAKLI, E.; ALEXOPOULOS, A.; LEOTSINIDIS, M. Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. *Water Research*, v. 41, p. 2039-2047, Mar. 2007.

TEXAS. *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. 3.ed. Texas: Texas Water Development Board, 2005.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 1. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

VIALLE, C.; SABLAYROLLES, C.; LOVERA, M.; JACOB, S.; HUAU, M.C.; MONTREJAUD-VIGNOLES, M. Monitoring of water quality from roof runoff: interpretation using multivariate analysis. *Water Research*, v. 25, p.3765-3775, Apr. 2011.

XAVIER, R.P. Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas do semiárido paraibano. 2010. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

YAZIZ, M.I.; GUNTING, H.; SAPARI, N.; GHAZALI, W. Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water Research*, v. 23, n. 6, p. 761-765, jan. 1989.