

CONSIDERAÇÕES SOBRE A QUALIDADE DE ÁGUA PLUVIAL ARMAZENADA EM CISTERNAS E SUA DESINFECÇÃO COM ENERGIA SOLAR

Tiago Batista Cerqueira - tiagobhc@gmail.com

Eduardo José Alécio De Oliveira - eduardoalecio@recife.ifpe.edu.br

Ronaldo Faustino Da Silva - ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

Marco Antônio De Oliveira Domingues - maodomingues@gmail.com

Marília Regina Costa Castro Lyra - mariliarcastro@uol.com.br

Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

Resumo. O acesso à água é um direito humano reconhecido pela ONU, devendo estar disponível e segura quantitativa e qualitativamente a todos. Sistemas de captação e armazenamento de água de chuva constitui uma alternativa viável para fornecer água potável de modo descentralizado, especialmente em regiões que sofrem com limitações hídricas. Embora os parâmetros físico-químicos de águas pluviais geralmente atendam aos padrões de potabilidade, são adequadas adoções de barreiras sanitárias preventivas e a desinfecção da água antes de consumi-la. A energia solar é um recurso abundante, gratuito e que pode facilmente ser empregado para o tratamento microbiológico da água por meio das técnicas SODIS (solar disinfection) e SOPAS (solar pasteurization). Sendo uma solução viável e sustentável, a pasteurização solar demonstra ser um método eficaz, que conciliado com as cisternas podem produzir água segura para beber em comunidades remotas, beneficiando o meio socioambiental e a saúde dos consumidores.

Palavras-chave: Água Potável, Qualidade Microbiológica, Pasteurização Solar; Saúde.

1. INTRODUÇÃO

Água é recurso indispensável para a vida e diretamente associada à saúde. Sua importância para a humanidade está evidenciada na Resolução 64/292 de 2010 da Assembleia Geral da ONU, que versa o Direito Humano à Água e ao Saneamento, que a reconhece como um direito essencial para o pleno gozo da vida e de outros direitos humanos. A água deve estar suficientemente disponível, acessível e segura, para o consumo pessoal e para os usos domésticos. Deste modo, precisa atender aos parâmetros quantitativos e qualitativos que garanta sua potabilidade e segurança para os usuários (UNO, 2010).

Entretanto, o acesso seguro e adequado à água não é uma realidade vivenciada em todo o globo. Estima-se que em torno de 783 milhões de pessoas vivem sem abastecimento de água potável, estando a maioria em países em desenvolvimento (BAIN, 2014). A fragilidade no abastecimento público de água é maior em países em desenvolvimento, principalmente na zona rural, por causa da distância e dispersão das residências e por conta do fator renda financeira (REYMÃO; SABER, 2009).

Quase 67% dos domicílios rurais no Brasil não são abastecidos com água canalizada (SILVA; ALVES; PORTILHO, 2016). Como consequência, muitas comunidades fazem uso de soluções alternativas individuais ou coletivas, consumindo recursos hídricos superficiais, subterrâneos ou das chuvas, muitas vezes sem um monitoramento e tratamento adequado que assegure a potabilidade da água. Deste modo, são maiores os riscos de contaminações infecciosas que causam doenças como gastroenterites, diarreias, hepatite A, cólera, dentre outras, em tais áreas do que em zonas urbanas (BAIN, 2014; HEIJNEN, 2012).

Há evidências de casos de enfermidades relacionadas ao consumo de água contaminada, com surtos epidemiológicos causados pelo consumo de águas de sistemas de abastecimento público e alternativos coletivos que sofreram contaminações microbiológicas (AMARAL, 2003; BAIRD; SUMMERS; PLUMMER, 2013). Muitas das doenças infecciosas de veiculação hídrica decorrem da ingestão de água contaminada com micro-organismos patogênicos como bactérias, vírus, protozoários e helmintos, que em maior parte são de origem entérica, isto é, dos excretos fecais de animais de sangue quente (BAIN, 2014; OTENIO et al, 2007).

Um dos principais indicadores empregados para avaliar a qualidade microbiana da água consiste na ausência ou presença de bactérias do grupo coliformes totais e coliformes fecais, como a *Escherichia coli*, que são comuns em intestinos de animais homeotérmicos. Assim, tanto as Orientações para a Qualidade da Água Potável da Organização Mundial da Saúde quanto disciplinado no Brasil pela Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde, específica que não se deve haver a presença de tal bactéria na água potável (WHO, 2011; HEIJNEN, 2012; KWAADSTENIET, 2013; BRASIL, 2017).

Sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais são reconhecidos pela Organização Mundial da Saúde como uma opção segura para prover água para o consumo humano (KWAADSTENIET, 2013), sendo uma alternativa

para regiões como o semiárido brasileiro, que tem poucos recursos hídricos disponíveis e uma maior vulnerabilidade de abastecimento na zona rural (MARCYNUK et al, 2009).

Embora a qualidade físico-química da água captada em cisternas normalmente atenda aos padrões de potabilidade, por vezes a água sofre contaminações microbiológicas durante a captação, manejo ou até pela falta de manutenções do sistema, colocando em risco a saúde dos consumidores (KWAADSTENIET, 2013; ANDRADE NETO, 2013).

Deste modo, a desinfecção é uma importante barreira sanitária contra microrganismos patogênicos que assegura a qualidade biológica da água e previne problemas à saúde dos consumidores. O método de desinfecção solar (SODIS) e de pasteurização solar (SOPAS) são alternativas viáveis e sustentáveis que desfrutam das propriedades da radiação solar para o tratamento microbiológico da água (RODRIGUES, 2011; SILVA, 2016).

O Brasil possui grande potencial para investir em tecnologias solares, especialmente na região nordeste, devido aos fatores geográficos e climáticos, isto é, por se localizar na zona equatorial e ter predominante o clima semiárido, apresentando alta incidência solar e baixo índice pluviométrico (RAMALHO, 2017). Essa região abriga a maior quantidade de comunidades rurais do Brasil (IBGE, 2018). Diante disso, é oportuna a adoção de tecnologias para armazenamento de águas pluviais e de desinfecção solar da água nesta região, podendo estas favorecer na convivência do homem com o semiárido, fazendo uso de energia de fontes renováveis (Sol) e garantindo o acesso à água potável pelas comunidades locais.

O objetivo deste trabalho é discutir sobre a alternativa de abastecimento rural de água através da captação pluvial, considerando a qualidade de águas armazenadas em cisternas. Não obstante, pesquisou-se também a potencialidade do uso da energia solar como barreira sanitária para garantir a potabilidade das águas armazenadas. Para o desenvolvimento deste estudo, foi examinado referências bibliográficas nacionais e internacionais encontrado em acervos digitais.

2. CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A utilização da água da chuva para o consumo humano decorre basicamente da sua captação e armazenamento em cisternas. Trata-se de uma técnica com aplicação ampla capaz de promover sustentabilidade ecológica e social, e que apesar de ser milenar, ainda hoje tem sido difundida e aperfeiçoada com novos conceitos, materiais e métodos construtivos e aspectos sanitários (ANDRADE NETO, 2013).

Mais comum na zona rural, as cisternas são normalmente instaladas em localidades que sofrem com limitações hídricas, seja pela escassez ou por conta de a qualidade dos mananciais estarem comprometidas. Considerando ser inviável economicamente a implantação de sistema de abastecimento público de água no meio rural, devido à grande dispersão das residências, as cisternas aparecem como uma alternativa individual relativamente simples e econômica que visa fornecer água potável para a população local (ALVES et al, 2014; GOMES et al 2014).

Como as cisternas são soluções individuais que abastece apenas uma unidade familiar, isto é, uma residência com uma única família, incluindo seus agregados familiares, os riscos de epidemias que envolva toda uma comunidade são menores. Neste sentido, quanto melhor as condições sanitárias e de educação ambiental, menores são as possibilidades de surtos relativos a doenças de veiculação hídrica (GOMES et al 2014).

Embora a qualidade físico-química da água captada possa variar de acordo com a composição atmosférica local e com as substâncias presentes na área de captação, que podem ser transportadas pelas chuvas para os reservatórios, inúmeros autores alegam que habitualmente a água armazenada obedece aos parâmetros físicos e químicos recomendados pela Organização Mundial de Saúde (RODRIGUES, 2011; HEIJNEN, 2012). Todavia, frequentemente a água não está em conformidade quanto aos indicadores microbiológicos, contendo indícios de contaminação por agentes patogênicos (AHMED; GARDNER; TOZE, 2011). Esta situação é exemplificada por um monitoramento da qualidade da água realizado ao longo de quatro anos em sete cisternas localizadas nos municípios de Caruaru e Pesqueira, na região semiárida brasileira do Estado de Pernambuco. Nestas, foi constatado que em 100% das amostras havia a presença de coliformes totais e em 74% a bactéria *E. coli* (GOMES et al 2014). Entretanto, para os parâmetros físicos e químicos os resultados foram satisfatórios e atenderam aos valores recomendados aos parâmetros da Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde, com exceção da cor, que em 8,1% das amostras excedeu o limite aceitável.

No trabalho de revisão sobre qualidade microbiana de água captada de chuvas, conduzido por Ahmed, Gardner e Toze (2011), é apresentado a proporção de amostras com resultados positivos para bactérias totais, coliformes totais e fecais, *E. coli* e *Enterococcus* em alguns estudos realizados pelo mundo (Tabela 1). Os elevados índices encontrados nas amostras em grande parte dos estudos revelam que os reservatórios são susceptíveis a contaminações fecais. Contudo, adotando medidas sanitárias preventivas e a desinfecção da água, é possível assegurar a qualidade biológica para o consumo humano (AHMED; GARDNER; TOZE, 2011).

^{Erro! Indicador não definido.}

Pelo o exposto acima, ficam evidentes os riscos existentes à saúde dos consumidores pelo uso inadequado de água proveniente de cisternas abastecidas com água de chuva. Considerando que a água acondicionada é utilizada sobretudo para beber, o ideal é que estes micro-organismos estejam sempre ausentes (HEIJNEN, 2012). Não obstante, sabendo das fontes de transmissão destes agentes, é possível a adoção de medidas que reduzam a probabilidade de contaminações. A Fig. 1 ilustra as ocasiões em que contaminantes químicos e biológicos podem adentrar no sistema de captação pluvial.

Tabela 1. Percentual de amostras positivas para bactérias totais e indicadores fecais, em águas pluviais colhidas de telhado.

País	Bactérias totais	Coliformes totais	Coliformes fecais	<i>E. coli</i>	Enterococcus	Referências
% de amostras com resultados positivos (nº de amostras testadas)						
Austrália	100 (67)	91 (46)	78 (41)	57 (67)	82 (67)	CRC for Water Quality and Treatment (2006)
Canadá	-	31 (360)	14 (360)	-	-	Despins et al (2009)
Grécia	-	80 (156)	-	41 (156)	29 (156)	Sazakli et al (2007)
Micronésia	-	70 (176)	43 (155)	-	-	Dillaha; Zolan (1985)
Coreia do Sul	-	92 (90)	-	72 (90)	-	Lee et al (2010)
USA	100 (30)	93 (30)	-	3 (30)	-	Lye (1987)
US Virgin Islands	86 (45)	57 (45)	36 (45)	-	-	Crabtree et al (1996)
Bermudas	-	90 (102)	-	66 (102)	-	Levesque et al (2008)
Palestina	-	95 (100)	57 (100)	-	-	Al-Salaymeh et al (2011)
Zâmbia	-	100 (5)	100 (5)	-	-	Handia (2005)

Fonte: Adaptado de Ahmed, Gardner e Toze (2011)

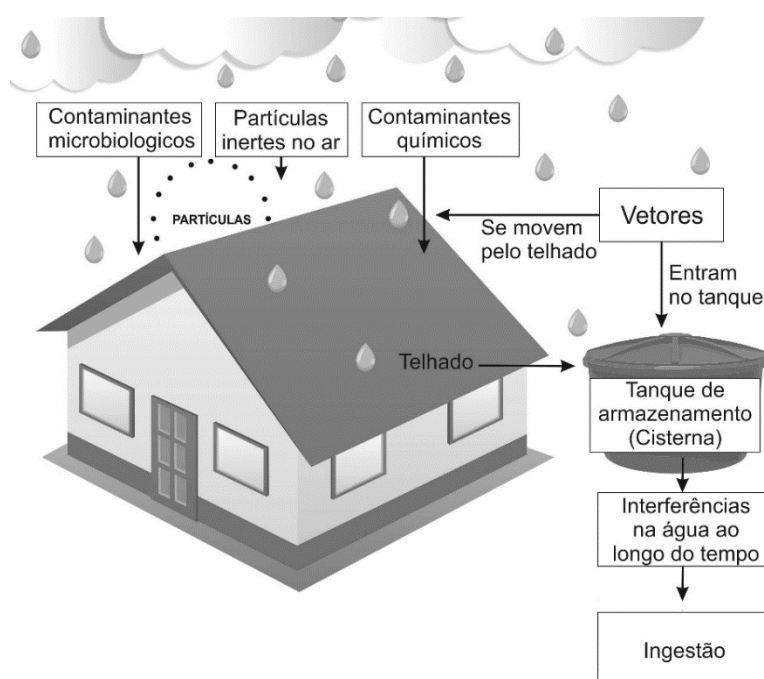


Figura 1. Situações em que pode haver contaminação em sistemas de captação de água pluvial

Fonte: Autoria própria, 2017.

Geralmente estas contaminações ocorrem no momento da captação da água; pela má conservação das cisternas; manejo inadequado da água captada ou por mistura de recursos hídricos dentro da cisterna, provenientes de outras fontes. É comum animais como aves, mamíferos e répteis transitarem sobre os telhados das casas e até mesmo ali defecarem, descarregando assim uma série de bactérias, vírus, protozoários e substâncias orgânicas, que por sua vez são percolados para a cisternas pelas chuvas (ANDRADE NETO, 2013).

Assim há o risco de a água ser contaminada por vírus causadores de hepatites, protozoários como *Cryptosporidium* e *Giardia* e bactérias patogênicas como a *Escherichia coli*, *Aeromonas* spp., *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., responsáveis entre outras por doenças gastrointestinais e febre tifoide (AMORIM, PORTO, 2003; ANDRADE NETO, 2013; SOARES, 2015). Diante disso, as características de águas armazenadas em cisternas são influenciadas especialmente pelo nível de limpeza da área de captação.

Uma técnica normalmente empregada para melhorar a qualidade da água coletada em cisternas constitui no desvio dos primeiros milímetros de chuva, reduzindo assim os índices de impurezas trazidas da atmosfera e do telhado, que seriam conduzidos para o tanque. No estudo de Xavier et al. (2009) foi verificado uma significativa redução de turbidez e sólidos totais dissolvidos na água coletada após o desvio dos primeiros milímetros de chuva. Todavia, vale salientar que ainda assim é necessário a desinfecção da água antes do consumo humano.

A qualidade microbiológica da água armazenada também pode ser comprometida ao longo do tempo caso haja rachaduras ou outros tipos de danos na estrutura das cisternas que possibilite a entrada de efluentes. O completo isolamento do tanque se faz importante até mesmo nos locais de entrada e saída da água armazenada, para que seja evitado o fluxo de materiais estranhos para o interior do reservatório, inclusive de animais, como aves, lagartos e roedores que possam porventura morrer ou defecar em seu interior, além de insetos como mosquitos que podem se propagar e transmitir doenças do tipo malária, febre amarela e dengue, entre outras (HEIJNEN, 2012).

Por questão de segurança à saúde, é recomendado que os reservatórios armazenem apenas águas pluviais, para evitar a entrada de recursos de outras fontes que possam estar em desconformidade com os padrões de potabilidade e assim comprometer a qualidade da água captada. Orienta-se ainda, que a saída da água armazenada seja feita por bombeamento, ao invés da introdução das mãos e de vasilhames que podem estar eventualmente sujos (ALVES et al, 2014). Todavia, mesmo adotando medidas preventivas que reduz a probabilidade de contaminação das cisternas, é adequado fazer a desinfecção da água para garantir que atenda aos padrões de potabilidade e inocuidade à saúde humana (ROCHA; REIS; ARAÚJO, 2012).

3. DESINFECÇÃO DA ÁGUA PELA ENERGIA SOLAR

Procedimentos como filtração, fervura, cloração, desinfecção solar (SODIS - Solar Disinfection) e pasteurização solar (SOPAS - Solar Pasteurization), são métodos simples de tratamento de água para consumo humano que dependem de pouca tecnologia, são de baixo custo e acessíveis às comunidades rurais (BRITO et al, 2008).

A filtração é uma ação que retém partículas em suspensão, colóides e até mesmo micro-organismos em um material filtrante, levando à redução da turbidez o que favorece a etapa seguinte de desinfecção (SILVA et al, 2008; PEREIRA NETO, 2015). O ato físico de ferver a água é uma técnica que elimina os agentes biológicos sensíveis ao calor pela desnaturação de suas proteínas. Contudo, comparado a outros tratamentos, neste há um consumo maior de energia que por muitas vezes pode não estar disponível (BRITO et al, 2008).

A cloração é um dos métodos mais simples empregado para a desinfecção da água. Sua ação provoca a oxidação dos micro-organismos e o seu efeito residual inibe a ressurgência destes na água. Entretanto, altas concentrações de cloro associam gosto a água e pode ser prejudicial à saúde, devido os riscos de formação de trihalometanos, como clorofórmio, decorrente da reação do cloro com ácidos fúlvicos e húmicos oriundos da degradação da matéria orgânica, que embora não haja comprovações de efeitos tóxicos em baixas concentrações é considerada uma substância que pode ser nociva à saúde humana (ZARPELON; RODRIGUES, 2002; MACEDO, 2007; ROCHA; REIS; ARAÚJO, 2012).

Técnicas como desinfecção solar (SODIS – solar disinfection) e pasteurização solar (SOPAS – solar pasteurization) apontam ser soluções viáveis e sustentáveis para produzir água segura para beber em comunidades longínquas. A faixa latitudinal entre 15° a 35° (N e S), onde predomina-se o clima árido e semiárido, é a área mais favorável para gozar destes tipos de tratamentos, pois possuem os maiores índices e períodos anuais de insolação direta, seguido da faixa de latitude entre 15°N e 15°S (SANDEC; EAWAG, 2002).

O método SODIS consiste em expor a água com baixa turbidez em garrafas translúcidas à luz solar ao longo de 6 horas. A literatura recomenda que na ocasião o dia seja de céu limpo e que a temperatura da água chegue aos 50°C. Comumente se utiliza garrafas de vidro ou PET (Politereftalato de etileno) reaproveitadas com a metade da garrafa pintada de preto para aumentar a absorção térmica. Na circunstância ocorrem dois efeitos desinfetantes sinérgicos, que são: a ação dos raios ultravioleta (UV-A) na inativação reprodutiva microbiana e a eliminação dos microrganismos patogênicos através do aquecimento da água pela radiação infravermelha (ondas acima de 700nm) (MOREIRA; PATERNIANI, 2005; SILVA et al, 2013; OLIVEIRA; SOUZA; LUIZ, 2014; CARVAJAL, 2015).

Já a pasteurização solar é um método físico em que a água é aquecida e mantida por um intervalo de tempo a temperaturas acima dos 60°C. Deste modo, a água não necessariamente precisa ser fervida para que haja a inativação dos indicadores de contaminação biológica, reduzindo assim o consumo de energia durante o tratamento e possibilitando a utilização da energia solar no processo. Contudo, à medida que a temperatura da água aumenta o tempo necessário para a destruição dos agentes patogênicos é reduzido (CARIELO, 2011).

A técnica de pasteurização pode ser realizada por diferentes tipos de tecnologias, como fornos solares, coletores planos ou sistemas de concentração solar. O método SOPAS é mais eficiente do que o SODIS pois além de exigir menor tempo de exposição solar, nele acontece a completa inativação dos patógenos, impedindo o recrescimento bacteriano após o tratamento, e a eficácia do tratamento é menos susceptível ao nível de turbidez da água, uma vez que para o método SODIS a turbidez da água não pode ser superior a 30 NTU, enquanto o fator turbidez não interfere nos resultados do SOPAS (SILVA et al. 2013; CARIELO; TIBA; CALAZANS, 2013).

Este fato foi confirmado no experimento de Oliveira, Souza e Luiz (2014), que ao comparar a inativação microbiológica em seis garrafas contendo água captada por sistema em uma comunidade rural da Paraíba, sendo três garrafas submetidas a SODIS e outras três garrafas a SOPAS utilizando um simples concentrador solar, verificou-se que somente nas garrafas com sistema de concentração solar houve a total inativação de coliformes totais e termotolerantes e dentro de quatro horas de exposição solar, enquanto no SODIS houve a redução de 99,81% e 99,91% de coliformes totais e termotolerantes após o intervalo de 6 horas, o que não impede o recrescimento bacteriano na amostra coletada.

Resultados similares foi encontrado nos ensaios de Moreira e Paterniani (2005), onde houve 100% da inativação de *E. coli* em apenas 4 horas de exposição das garrafas pet com sistema de concentração solar, contra 98,46% após 6 horas nas garrafas sem concentrador, sendo que apenas no primeiro houve a pasteurização (com temperaturas na ordem de 70°C, inclusive em dia nublado).

Facilitando o monitoramento do tratamento, um indicador de pasteurização solar (WAPI - Water Pasteurization Indicator) simples e de baixo custo está se popularizando por possibilitar que usuários comuns saibam que o processo SOPAS foi concluído e que a água está segura para o consumo humano, economizando tempo, combustível e em sistemas de supervisão. Basicamente o WAPI consiste em um tubo plástico com as pontas seladas, com uma fração de cera que se derrete a 65°C no topo superior do tubo e uma arruela que tende a manter o WAPI na vertical e no fundo da garrafa. Na ocasião, quando a cera se derrete e escorre para o fundo do tubo indica que ocorreu o processo de pasteurização. A Figura 2 apresenta um esboço do indicador de pasteurização solar (NDLOVU, 2017).

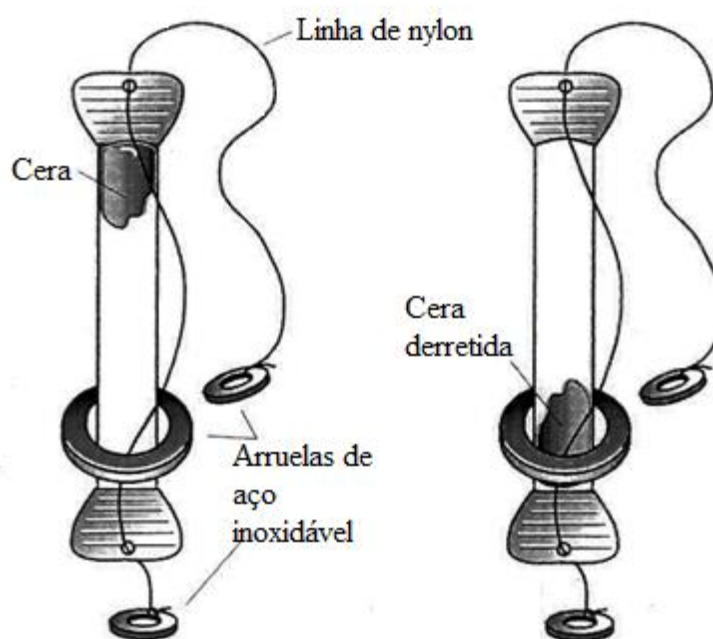


Figura 2. Esboço de um WAPI (Indicador de Pasteurização Solar).
Fonte: Adaptado de NDLOVU (2017)

Não obstante, muitas dessas práticas preventivas e técnicas de tratamento para o controle microbiano da água dependem da educação sanitária e ecológica dos consumidores. Portanto, além de desenvolvimento de alternativas mais eficientes de barreiras sanitária, é ideal ações contínuas de sensibilização dos usuários, de modo que sejam internalizadas cotidianamente as providências que garantam a qualidade da água, além da conscientização sobre os perigos para a saúde em caso de negligência das medidas sanitárias (SILVA; PÁDUA, 2009).

4. CONCLUSÃO

É notável o potencial para a utilização de recursos hídricos pluviais para o fornecimento de água para fins potáveis por meio de sistemas de captação e armazenamento em cisternas, sobretudo em regiões que sofrem crises hídricas frequentes. Contudo, medidas preventivas de contaminação e a subsequente desinfecção da água antes do consumo, são imprescindíveis para assegurar sua potabilidade microbiológica. Neste sentido os tratamentos por energia solar poderiam ser um método complementar à cloração, sendo uma opção em circunstâncias em que há dificuldades de acesso a desinfetantes químicos.

A energia solar é recurso inesgotável, gratuito e facilmente utilizada em sistemas de tratamento de água. O potencial do aproveitamento solar é ainda maior nas regiões áridas e semiáridas, devido as longas estiagens e alta insolação direta, sendo justamente estas áreas que a deficiência hídrica costuma ser mais crítica. Dentre os métodos de tratamento com energia solar, a SOPAS demonstra ser a técnica mais eficaz na desinfecção da água. A combinação de

tecnologias para a pasteurização solar com sistemas de armazenamento em cisternas tende a surtir efeitos positivos para o meio socioambiental e a saúde dos usuários.

O aproveitamento de água de chuva e a desinfecção através da energia solar, são oportunos inclusive como tecnologias de adaptação às mudanças climáticas, sobretudo em regiões com baixos índices pluviométricos e alta incidência solar, como é característica da região do semiárido brasileiro. Deste modo, é possível assegurar água potável de forma sustentável, fazendo o uso racional da energia e dos recursos naturais disponíveis localmente.

REFERÊNCIAS

- AHMED, W.; GARDNER, T.; TOZE, S. Microbiological quality of roof-harvested rainwater and health risks: a review. **Journal of Environmental Quality**, v. 40, n. 1, p. 13-21, 2011.
- ALVES, F. et al. 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.
- AMARAL, L. A. do et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, p. 510-514, 2003.
- AMORIM, M. C. C. de; PORTO, E. R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Juazeiro. Anais... Juazeiro: ABCMAC; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003.
- ANDRADE NETO, C. O. de. Aproveitamento imediato da água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2013.
- BAIN, R. et al. Fecal contamination of drinking-water in low-and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. **PLoS Med**, v. 11, n. 5, p. e1001644, 2014.
- BAIRD, J. M.; SUMMERS, R.; PLUMMER, R. Cisterns and safe drinking water in Canada. **Canadian Water Resources Journal**, v. 38, n. 2, p. 121-134, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Anexo XX: Do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. In: **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 190, 03 dez. 2017. Disponível em: ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsssp/bibliote/informe_eletronico/2017/iels.out.17/Iels194/U_PRC-MS-GM-5_280917.pdf. Acesso em: 13 dez. 2018.
- BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; CAVALCANTI, N. de B.; LEITE, W. de M. Manejo da Água Armazenada em Cisterna. In: **Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido**, nº 85, Petrolina, 2008.
- CARIELO G. da. **Desenvolvimento de um sistema para descontaminação microbiológica da água por pasteurização solar**. 2011.108 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- CARIELO, G.; TIBA, C.; CALAZANS, G. Desenvolvimento de um sistema para descontaminação Microbiológica da água por pasteurização solar. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 4, n. 2, 2013.
- CARVAJAL, R. A. R. **Desinfecção solar da água: avaliação da técnica “SODIS” aplicada a águas de chuva, poço e manancial superficial, nas condições climáticas de verão na região de porto alegre, RS**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2015.
- GOMES, U. et al. A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 7-16, 2014.
- HEIJNEN, H. A Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene. **8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Campina Grande, 2012.
- HEIJNEN, H. A Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene. **8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Campina Grande, 2012.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011.
- KWAADSTENIET, M. de et al. Domestic rainwater harvesting: microbial and chemical water quality and point-of-use treatment systems. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 224, n. 7, p. 1-19, 2013.
- MACEDO, J. A. B. de. **Águas & águas**. 3. ed. rev. atual. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007. 1027 p.
- MARCYNUK, P. et al. Preliminary summary: prevalence of diarrhea among cistern and non cistern users in Northeast Brazil and further risk factors and prevention strategies. In: **Proceedings of the VII Brazilian symposium of catchment and management of rainwater**, Caruaru, Brazil. 2009.
- MOREIRA, M. J.; PATERNIANI, J. E. S. Uso de garrafas PET e energia solar na desinfecção de águas em comunidades rurais. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 2, n. 1, 2005.
- NDLOVU, M. **Design, manufacturing and testing of a compact wapi maker for Tanzania, Kenya and Uganda**. 2017. 67 f. Tese (Doutorado) - Master of Science, Department of Mechanical Engineering, California State University, Sacramento, 2017.
- OLIVEIRA, C. S. de; SOUZA, N. C.; LUIZ, M. R. Avaliação da eficiência do método SODIS com e sem o uso de concentrador solar para desinfecção de água da cisterna localizada na zona rural de Alagoa Nova–PB. 2014.

- OTENIO, M. H. et al. Qualidade da água utilizada para consumo humano de comunidades rurais do município de Bandeirantes-PR. **Salusvita**, Bauru, v. 26, n. 2, p. 189-195, 2007.
- PEREIRA NETO, S. **Estudo da potabilidade da água da chuva após processos de filtração e desinfecção**. 2015. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento Acadêmico de Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4949/1/CM_COEAM_2015_2_27.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2017.
- RAMALHO, M. F. de J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, v. 25, n. 2, p. 104-115, 2013.
- REYMÃO, A. E.; SABER, B. A. Acesso à água tratada e insuficiência de renda. Duas dimensões do problema da pobreza no Nordeste brasileiro sob a óptica dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. **Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 12, p. 001-15, 2009.
- ROCHA, B. C. C. de M.; REIS, R. P. A.; ARAÚJO, J. V. G. de. Avaliação de sistema de tratamento de águas de chuva coletadas em telhado de cimento amianto, utilizando filtração e desinfecção por UV e cloro. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 3, n. 1, 2012.
- RODRIGUES, D. G. **Desinfecção da água por pasteurização solar (SOPAS em comunidades rurais)**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2011.
- SANDEC (Water & Sanitation in Developing Countries); EAWAG (Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology). **Desinfecção solar da água: guia de aplicações do SODIS**. Dübendorf, 2002. Disponível em: <http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_p.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2017.
- SILVA, E. B. da; ALVES, C. S.; PORTILHO, J. C. dos S. Diagnóstico participativo de saneamento básico na comunidade rural do baixo Rio Araguari, Município de Ferreira Gomes-Amapá, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 2, p. 17-23, 2016.
- SILVA, G. C. da. **Pasteurizador solar para descontaminação microbiológica da água**. 2016. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2016.
- SILVA, M. B. et al. Tratamento da água armazenada em cisternas utilizando radiação solar. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.9, N.16 p. 199, 2013.
- SILVA, V. C.; PÁDUA, V. L. de. Qualidade microbiológica de água de chuva armazenada em cisternas de placas, construídas em comunidades rurais do município de Araçuaí-MG. **7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Caruaru - PE, 2009.
- SOARES, Z. T. **Principais microrganismos patogênicos vinculados aos alimentos**. WEBArtigos, 2015. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/principais-microrganismos-patogenicos-vinculados-aos-alimentos/132862>. Acesso: 08 nov. 2018.
- UNO, United Nations Organization - **General Assembly. A/RES/64/292. The human right to water and sanitation**. July 2010.
- WHO, World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality**. Fourth Edition, 2011.
- XAVIER, R. P. et al. Avaliação da eficiência de dois tipos de desvio das primeiras águas de chuva na melhoria da qualidade da água de cisternas rurais. **7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Caruaru - PE, 2009.
- ZARPELON, A.; RODRIGUES, E. M. Os Trihalometanos na água de consumo humano. **Revista Sanare**, Curitiba, v.17, n.17, 2002.

CONSIDERATIONS ABOUT WATER QUALITY RAIN STORED IN TANKS AND ITS DISINFECTION WITH SOLAR ENERGY

ABSTRACT. Access to water is a human right recognized by the UN, and must be available and safe quantitatively and qualitatively to all. Rainwater harvesting and storage systems are a viable alternative to providing decentralized drinking water, especially in regions suffering from water limitations. Although the physico-chemical parameters of rainwater generally meet potability standards, it is appropriate to adopt preventive sanitary barriers and disinfect water before consuming it. Solar energy is an abundant, free resource that can easily be used for the microbiological treatment of water through the techniques SODIS (solar disinfection) and SOPAS (solar pasteurization). As a viable and sustainable solution, solar pasteurization proves to be an effective method, which, when reconciled with cisterns, can produce safe water for drinking in remote communities, benefiting the socioenvironmental environment and the health of consumers.

Keywords: Drinking Water, Microbiological Quality, Solar Pasteurization; Health.