

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DE POTENCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USO DOMÉSTICO EM SISTEMAS INDIVIDUAIS LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE MARICÁ-RJ

Diogo Fernandes Rosas¹; Flavio Giro de Oliveira²; André Alcântara de Faria³; Alfredo Akira Ohnuma Júnior⁴; Marcelo Obraczka⁵ & Fábio Ribeiro Gondim⁶

RESUMO – O crescimento da população mundial tem provocado o aumento na demanda por água. Muitas regiões que apresentam baixa disponibilidade hídrica, seja por fontes convencionais ou problemas de estiagem, necessitam de fontes alternativas de abastecimento de modo a suprir essas demandas crescentes. Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial do aproveitamento das águas pluviais para fins domésticos, a partir de sistemas de aproveitamento de água de chuva instalados em edificações no município de Maricá – RJ. A metodologia consiste na identificação de sistemas de aproveitamento de água de chuva instalados no município de Maricá-RJ, na análise de dados pluviométricos para caracterizar a oferta de água de chuva na região e no atendimento a demanda conforme estimativas de consumo de água não potável. Espera-se identificar potencialidades e fragilidades dessa alternativa, de modo a fundamentar a elaboração de propostas para implementá-la como auxílio a fonte convencional de abastecimento de água do município, uma vez que Maricá apresenta condições pluviométricas favoráveis à implantação de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins domésticos.

ABSTRACT – The growth of the world population has caused the increase in the demand for water. Many regions that have low water availability, either from conventional sources or from problems, need alternative sources of supply in order to growing demands. This study aims to evaluate the potential of rainwater for domestic purposes, from rainwater harvesting systems installed in buildings in the municipality of Maricá - RJ. The methodology consists in the identification of systems installed in the city of Maricá-RJ, in the to characterize rainwater supply in the region and consumption of non-potable water. It is expected to identify potentialities and fragilities of this alternative, in order to support the preparation of proposals to implement it as an aid to the municipality's conventional source of water supply, a Maricá presents pluviometric conditions favorable to the implantation of capture and use of rainwater for domestic purposes.

Palavras-Chave – Águas pluviais; Sistemas de captação;

¹ Mestrando em Engenharia Ambiental da UERJ – diogo.rosas@gmail.com

² Mestrando em Engenharia Ambiental da UERJ – flavio giro@msn.com

³ Mestrando em Engenharia Ambiental da UERJ – andre-faria@cedae.com.br

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da UERJ – akira@uerj.br

⁵ Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da UERJ – obraczka.uerj@gmail.com

⁶ Doutorando em Engenharia Ambiental da UERJ – gondimfr@gmail.com

INTRODUÇÃO

O aumento da população e da demanda por serviços e produtos experimentado no mundo nas últimas décadas provocou um incremento no uso da água, sobretudo para fins de abastecimento público, atividades agrícolas e industriais. Países considerados como abundantes em reservas de água ou de disponibilidade hídrica, como o Brasil, têm sido afetados por períodos prolongados de estiagens e estresse hídrico (LIMA, 2018).

Nos últimos anos, observa-se a ocorrência de eventos extremos no país, seja por excesso ou carência na oferta de água, como eventos críticos relacionados às mudanças climáticas que têm alterado os padrões da precipitação pluviométrica em determinadas regiões do país (ANA, 2017). Destaca-se o ano de 2014, por uma estiagem severa na região Sudeste. Entre 2014 e 2015, as vazões diminuíram em rios dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, o que prejudicou a operação dos sistemas de armazenamento e abastecimento de água em diversas cidades nestes estados, onde justamente se concentram os maiores contingentes populacionais e PIB do país (IBGE, 2010).

A disponibilidade de água de boa qualidade para atendimento das múltiplas demandas também é afetada pelas carências de saneamento que afetam boa parte das regiões e rios do Brasil (ITB, 2017; IBGE, 2018).

A redução na oferta de água pelas fontes convencionais impulsiona a necessidade do uso racional e integrado na gestão dos recursos hídricos, bem como na busca por fontes alternativas para fins menos nobres. Neste cenário o reúso de águas servidas ou o aproveitamento de água da chuva surgem como formas de suprir as demandas menos nobres, práticas já consagradas em países como Israel, EUA, Austrália, Alemanha, Japão, que enfrentam situações de escassez e estresse hídrico CUNHA *et al.* (2008).

Especialmente em localidades cujos serviços de abastecimento de água já enfrentam problemas quanto a sua capacidade de atendimento, estas soluções tornam-se ainda mais atraentes e viáveis.

A utilização das águas pluviais em bacias sanitárias, em torneiras e irrigação de jardim, para lavagem de veículos, promove a redução no consumo de água potável (GIKAS, 2012; NOLDE, 2007). Segundo Tomaz (2005), o aproveitamento da água da chuva permite uma economia de 15% a 30% de água fornecida pela rede de abastecimento público.

A evolução da legislação especialmente nos últimos anos reflete de certa forma essa crescente tendência de emprego de fontes não convencionais de abastecimento de água.

Existem legislações como a Lei Federal nº 13.501, de 30 de outubro de 2017 que altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 2017), e que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos.

Também consta a Lei do Estado do Rio de Janeiro nº 7463 de 18 de outubro de 2016 (RIO DE JANEIRO, 2016), que regulamenta os procedimentos para armazenamento de águas pluviais e águas cinzas para tanto para reaproveitamento como para retardo do desague dessas águas na rede pública.

A legislação municipal do Rio de Janeiro (RESOLUÇÃO CONJUNTA SMG/SMO/SMU, 2005) estabelece critérios baseados somente na área edificada e na região administrativa para fins de cálculo do volume do reservatório de acumulação, sem levar em consideração a demanda do usuário. No município de Maricá foi recentemente aprovada a Lei nº 2.801, de 24 de maio de 2018, que institui o programa de conservação, uso e reúso racional da água em edificações.

Todavia os marcos legais disponíveis ainda carecem de critérios técnicos capazes de relacionar a qualidade e a quantidade da água, conforme o comportamento intermitente do regime pluviométricos nas diferentes regiões do país.

Para fins de avaliação da eficiência dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais devem ser considerados diversos fatores como padrões de precipitação da área estudada, série histórica dos dados pluviométricos, área disponível de captação/telhado e a determinação de demanda/uso não potável de água. De acordo com Hagemann (2009) o reservatório de armazenamento é o componente com o custo mais elevado entre os demais os demais que compõem os sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Dessa forma, é fundamental identificar, além da localidade, a tipologia da edificação para fins da determinação do volume do reservatório de armazenamento. Neste sentido, destaca-se que algumas propriedades intrínsecas como a simples relação entre área do telhado e demanda para fins de avaliação da viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva ainda não foram amplamente avaliadas (LOPES, 2017).

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial do aproveitamento das águas pluviais para fins domésticos a partir da análise das condições de oferta e de armazenamento de água de chuva instalados em edificações no município de Maricá – RJ.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste da análise de banco de dados de uma empresa responsável pela implementação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva no município de Maricá-RJ, de modo a avaliar a capacidade de armazenamento dos mesmos.

Área de estudo

O município de Maricá-RJ situa-se a cerca de 60 km da cidade do Rio de Janeiro, tendo sido recentemente incorporado a região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ).

Entre 2003 e 2013, Maricá-RJ apresentou 62% de crescimento populacional, situando-se entre as maiores do país (IBGE, 2013), em função de sua localização estratégica e da proximidade com o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ).

Operado pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), o sistema público de abastecimento de água do município de Maricá-RJ apresenta grandes carências e não atende a população de maneira adequada (PMSB, CONEN, etc).

O *déficit* atual nos serviços de abastecimento de água se deve a incapacidade de seu principal manancial, o rio Ubatiba em atender as crescentes demandas locais (CONEN, 2015; ANA, 2015; AMBIENTAL, 2014). Como agravante, a bacia de contribuição do rio Ubatiba tem recebido diversas ações antrópicas, tais como: a descaracterização da mata ciliar ao longo do curso d'água, a extração irregular de areia e desvios de cursos d'água para a formação de açudes e barragens, promovendo uma diminuição na oferta de água na região (CONEN, 2015; CEDAE, 2013).

Em setembro de 2017, em função de períodos prolongados de estiagens e da consequente redução das vazões de base no manancial, a Concessionária local comunicou a população a redução no fornecimento de água a partir da realização de manobras operacionais para minimizar os efeitos da seca na bacia do rio Ubatiba. A CEDAE solicitou ainda que a população evitasse o desperdício e consumisse a água de forma mais racional.

Em função da crescente situação de escassez, foi desenvolvido pela CEDAE em 2014 um projeto de abastecimento de água para Maricá, a partir de uma captação no sistema de Imunana Laranjal, no município de Guapimirim, contando com uma adutora com cerca de 70 km de extensão, mas esse projeto não saiu do papel (AMBIENTAL/CEDAE, 2014).

Segundo os estudos realizados pela AMBIENTAL (2014) e com base em entrevistas mais recentes realizadas com a população local, pode ser constatado que essa situação de sérios problemas com o abastecimento de água ainda permanece.

De acordo com dados da ANA (2015), a maioria dos domicílios do município ainda utiliza alternativas ao sistema público, com uso de poços subterrâneos e outras formas de abastecimento, como por intermédio de caminhões pipa e ainda sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Foi constatada nessa região a existência de uma grande quantidade de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva para reforço no atendimento das demandas residenciais, na tentativa de minimizar os efeitos de escassez e impossibilidade de abastecimento de água da população pelo sistema convencional (rede de distribuição) (CONEN, 2015).

De acordo com dados levantados junto a uma empresa que vende e instala esses sistemas, constata-se que essa região abriga 21 equipamentos, representando cerca de 28% do total de dispositivos comercializados no RJ, se configurando, portanto como a maior “cliente” dessa empresa em nosso estado.

Caracterização dos sistemas de coleta de água de chuva instalados no município de Maricá-RJ

A partir de informações obtidas junto a empresa especializada pela instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, obteve-se a relação de endereços de 15 dos 21 equipamentos instalados e em operação no município de Maricá-RJ (Figura 1).

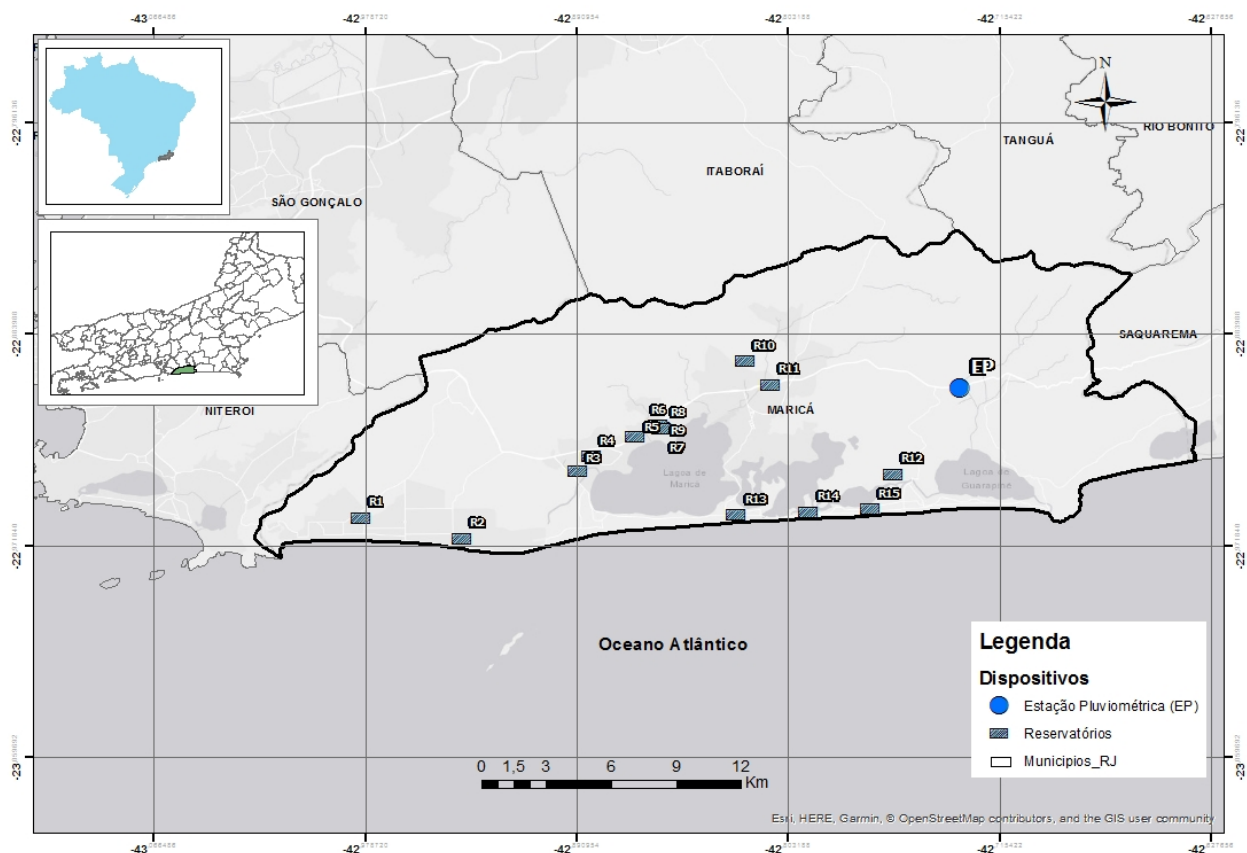


Figura 1 – Localização de sistemas de aproveitamento de água de chuva no município de Maricá-RJ e da estação pluviométrica do distrito de Manoel Ribeiro, adotada como referência para a pesquisa.

Os dados de análise incluem, além do levantamento de unidades instaladas, a determinação da: área de captação do telhado, oferta pluviométrica, demanda de água não potável e capacidade de armazenamento disponível de cada sistema.

A Tabela 1 apresenta em cada unidade instalada a área de captação da cobertura do telhado, o volume de armazenamento do reservatório de aproveitamento de águas pluviais e o potencial de captação anual de água da chuva em cada residência.

Os dados dos sistemas denominados de R1 a R15 foram validados a partir de visitas de campo, reconhecimento das áreas de interesse e caracterização dos sistemas instalados.

Tabela 1: Características dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais instalados no Município de Maricá-RJ

Sistema	Área de captação (m ²)	Reservatório (m ³)	Potencial de captação anual (m ³)
R1	170	10,00	200,4
R2	80	1,20	94,3
R3	110	5,00	129,7
R4	80	7,50	94,3
R5	120	4,92	141,5
R6	180	15,00	212,2
R7	95	5,00	112,0
R8	180	10,00	212,2
R9	120	10,00	141,5
R10	200	10,00	235,8
R11	90	5,00	106,1
R12	130	5,60	153,3
R13	120	1,00	141,5
R14	175	10,00	206,3
R15	110	5,25	129,7

Fonte: Os autores, 2018, com base nos dados da empresa

Demanda de água não potável

De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016), o consumo médio diário *per capita* de água no município de Maricá-RJ em 2016 é de 129,53 L.hab⁻¹.dia⁻¹.

Segundo a NBR 5626/98(Instalação predial de água fria), o consumo médio per capita mínimo recomendado é de 200 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Municípios próximos a Maricá-RJ, como Itaboraí-RJ e Saquarema-RJ apresentaram por sua vez, um consumo de água per capita de 168 e 110 L.hab⁻¹.dia⁻¹, respectivamente (SNIS, 2016).

No Brasil, o uso de água não potável varia na faixa entre 44 e 72%, enquanto países como Reino Unido, Colômbia e Suíça utilizam uma faixa entre 48 e 52% (LOPES, 2017; TOMAZ, 2000).

Este trabalho considera a demanda de água não potável como 50% da demanda total, adotando ainda um consumo per capita de 150 L.hab⁻¹.dia⁻¹.

A caracterização da tipologia das edificações para fins de determinação da demanda pela água pluvial para fins não potáveis se encontra atualmente em fase de ajustes e cálculos finais.

Potencial de acumulação de água de chuva

A estação pluviométrica utilizada neste trabalho encontra-se localizada no distrito de Manuel Ribeiro, código nº 02242010 e coordenadas geográficas: 22° 54' 24" ao Sul e 42° 43' 55" à Oeste, dados esses obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Essa

estação encontra-se distante aproximadamente 10 km do centro da cidade de Maricá-RJ e a série histórica utilizada compreende 10 anos de dados analisados, entre 2008 e 2017.

De modo a avaliar a adequabilidade dos volumes de reservatórios dos sistemas de captação instalados na cidade de Maricá-RJ, pretende-se adotar e avaliar os métodos de cálculo da NBR 15527/2007 para o cálculo do dimensionamento dos sistemas de armazenamento de água da chuva.

São ainda utilizados dados de demanda de água não potável, área de captação, precipitação média anual e mensal e coeficiente de escoamento superficial.

Além dos métodos previstos na NBR 15527/2007, este trabalho também considera o Método de Dias Secos Consecutivos (GROUP RAINDROPS, 2002), que identifica o maior intervalo consecutivo diário sem chuvas a partir de uma série histórica de dados de precipitação, com ajuste estatístico de distribuição de frequência de *Gumbel* para determinado período de recorrência. O método considera ainda precipitações diárias abaixo de 1 mm como dias secos. A determinação dos dias secos consecutivos (DSC) considera período de retorno de 10 anos como frequência ou a probabilidade de 10% de ocorrer o evento de estiagem num dado ano.

Com base na série histórica de precipitação média entre 2008 e 2017 (Gráfico 1) da Estação Pluviométrica de Manuel Ribeiro, é possível verificar as condições pluviométricas da região e o potencial de atendimento a demanda dos sistemas analisados. Também constatou-se que os meses mais secos, entre agosto e outubro, apresentaram menores valores acumulados de precipitação, com média variando entre 50,0mm e 90,5mm. Apesar da pluviosidade neste período ser inferior aos meses mais chuvosos, novembro a julho, que apresentaram acumulados entre 99,3mm e 204,0mm, ainda assim, pode acumular volumes de precipitação com potencial de aproveitamento de água da chuva e atender as demandas das residências estudadas.

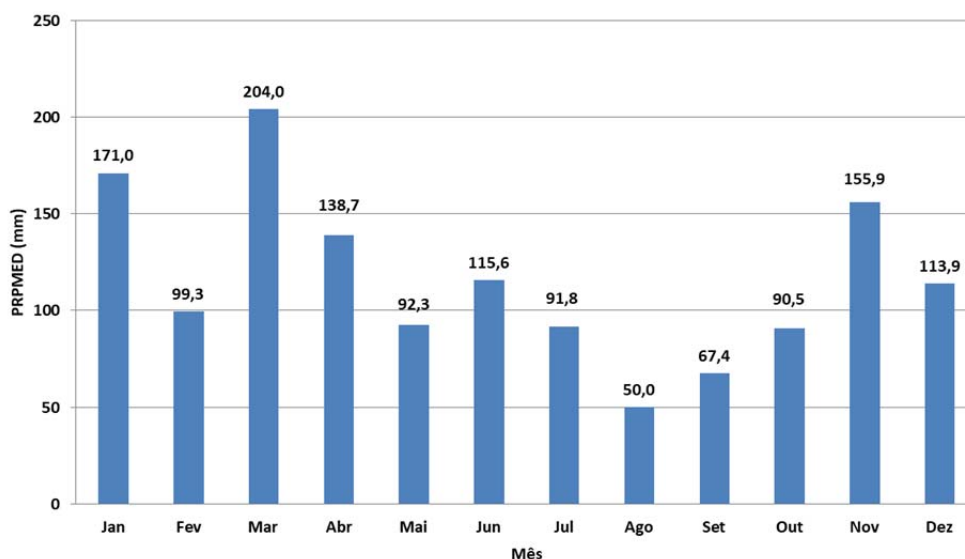


Gráfico 1: Precipitação Média (PRPMED) Mensal do município de Maricá-RJ no período de 2008-2017.

Fonte: Os autores, 2018

A análise da série histórica permite ainda observar a precipitação média anual e os maiores intervalos consecutivos de dias secos (DSC) num período de 10 anos, entre 2008 e 2017 (Gráfico 2).

A partir do método DSC e com o ajuste estatístico da distribuição de frequência de *Gumbel* para um Tempo de Retorno (TR) de 10 anos, obtém-se uma frequência de 40 dias secos consecutivos para o município de Maricá-RJ.

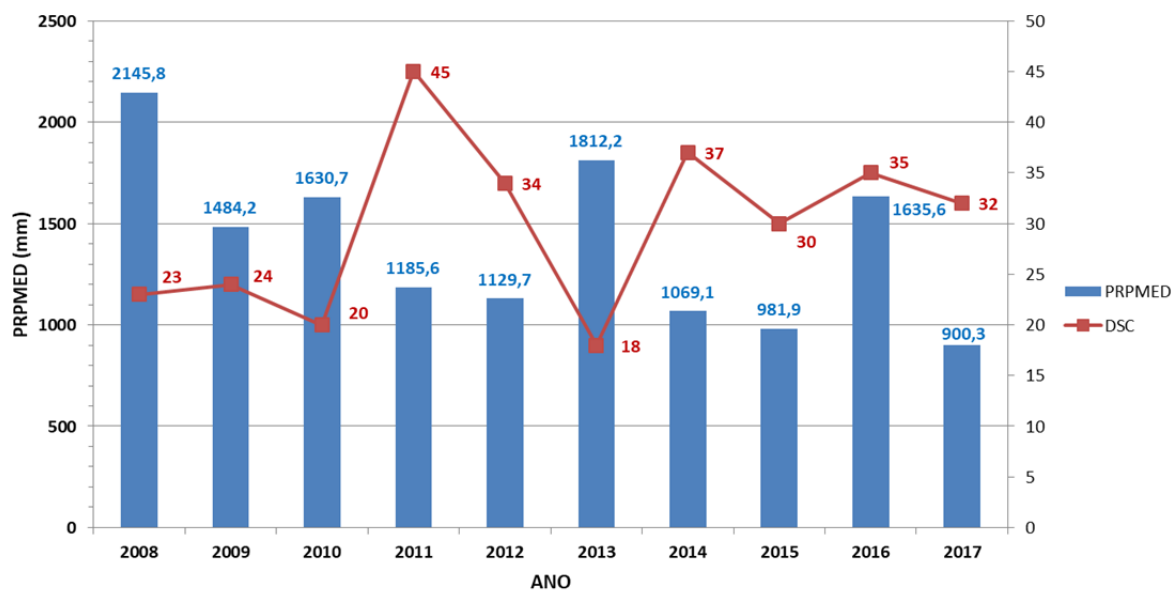


Gráfico 2: Precipitação Média (PRPMED) Anual e Dias Secos Consecutivos (DSC) no município de Maricá (2008-2017) Fonte: Os autores, 2018

RESULTADOS ESPERADOS

Com base nos resultados dos métodos da NBR 15527/2007 para dimensionamento do reservatório e do Método de Dias Secos Consecutivos (GROUP RAINDROPS, 2002), espera-se avaliar se a oferta de água de chuva atende à demanda identificada e/ou estimada nas edificações estudadas, a partir de características disponíveis como extensão das áreas de aproveitamento das coberturas de telhados e volume de armazenamento instalado, bem como de acordo com as condições pluviométricas da região.

Espera-se ainda gerar dados quanto aos melhores custos benefícios da relação entre as áreas de telhado e os volumes de reservatórios.

Além de gerar maior conhecimento e fornecer subsídios à população quanto a viabilidade de emprego desses sistemas em suas residências, os resultados deste trabalho podem auxiliar gestores, tomadores de decisão e políticas públicas a aprimorar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos e de sistemas de saneamento, águas pluviais e de drenagem urbana nos municípios.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos dados preliminares já obtidos e avaliados pelo presente trabalho, permite-se concluir que o município de Maricá apresenta condições pluviométricas favoráveis a implantação de sistemas individuais de aproveitamento de águas pluviais para fins domésticos, especialmente tendo em vista tanto as atuais restrições de fornecimento de água pelo sistema público convencional.

Por outro lado, a carência de saneamento básico (rede de esgoto) leva a população a utilizar sistemas de infiltração no solo do tipo sumidouros. Considerando ainda a proximidade da área urbana do município com o mar, pode-se inferir que a água subterrânea não apresenta condições de utilização, não representando uma alternativa viável como fonte de abastecimento para a população local.

Como recomendações para desdobramento deste trabalho pretende-se aprofundar as pesquisas referentes à instalação dos sistemas de águas pluviais, estimar os seus custos de implantação e avaliar sua viabilidade econômica, como forma de estabelecer o volume ótimo de reservação, uma vez que os reservatórios representam a maior parcela destes custos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527 (2007): Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) (2017). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.

CEDAE (2013). Bacia Hidrográfica do Rio Ubatiba - Silvado, Maricá.

CONEN/PREFEITURA DE MARICÁ (2015). Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Maricá. Disponível em: <https://www.marica.rj.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico/> Acesso: out.2018.

COPPETEC/INEA (2014). Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/GESTAODEAGUAS/InstrumentosdeGestodeRecHid/PlanosdeBaciaHidrografica/index.htm#ad-image-0> Acesso em: outubro 2018.

CUNHA, V. D. (2008). *O Reúso da Água e suas Possibilidades na RMSP*. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola, São Paulo.

FLORES, R., MENDES, R., DE OLIVEIRA, D., DA COSTA, T.C., VELOSO, N. (2012). *Potencial de captação de água de chuva para abastecimento: o caso da cidade de Belém (PA, Brasil)*. *Estud. Tecnológicos em Eng.* 8, 69 – 80.

GIKAS, G.D., TSIHRINTZIS, V.A., (2012). *Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater*. *J. Hydrol.* 466 e 467, 115 e 126.

GOMEZ, Y.G., TEIXEIRA, L.G., (2017) - *Residential rainwater harvesting: Effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility*.

HAGEMANN, S. E. (2009) *Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso*. 140 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2013). Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97742.pdf> Acesso: out.2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2018) Perfil dos municípios brasileiros: Saneamento básico: Aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico: 2017 / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro:. 39p. ISBN 978-85-240-4467-0.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2010). Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso em: outubro 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL – ITB (2017). Ranking do saneamento. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2017>

LIMA, E. P. da C. (2018). *Água e Indústria: experiências e desafios*. 1ª. ed. / Eduardo Pedroza da Cunha Lima: Infinita Imagem. 119 p. ISBN: 978-85-63118-41-7

LOPES, Vitoria AR et al. (2017) *Performance of rainwater harvesting systems under scenarios of non-potable water demand and roof area typologies using a stochastic approach*. Journal of cleaner production, v. 148, p. 304-313.

MARICÁ (2018). Lei Municipal nº 2.801, de 24 de maio de 2018.

NOLDE, E. (2007). *Possibilities of rainwater utilization in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces*. Dessalination 215, 1 e 11.

RIO DE JANEIRO (Cidade) (2005). Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU, 2005.

RIO DE JANEIRO (Estado) (2016). Lei Estadual nº 7.463 de 18 de outubro de 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS – Dados da série histórica da estação pluviométrica Manuel Ribeiro – Maricá – RJ. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf Acesso em: outubro 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS) (2016) – Indicadores de consumo médio per capita de água no município de Maricá-RJ. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/> Acesso em: outubro 2018.

TOMAZ, P. (2005). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. Navegar Editora, São Paulo, 2ª ed., 180p. ISBN 85-87678-23-x.