

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA COLETADA NA UERJ NO BAIRRO DO MARACANÃ, RIO DE JANEIRO

Gabrielle Nunes da Silva ^{1*}; Rayssa Vogeler Berquó Jacob ²; Roberta Santos de Souza ³; Alfredo Akira Ohnuma Júnior ⁴; Daniele Maia Bila ⁵

Resumo - Devido as crescentes crises de abastecimento de água e períodos prolongados de estiagens, têm aparecido novas tecnologias de uso de água para o consumo humano, sobretudo em áreas de metrópoles e acentuado crescimento demográfico (MAZZA, *et al.* 2015). Estudo de aproveitamento de águas pluviais requer adequação de normas, especialmente na padronização dos aspectos qualitativos da água de chuva para consumo humano. O trabalho visa caracterizar a qualidade da água da chuva de um sistema de captação de águas pluviais instalado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Rio de Janeiro - RJ. A metodologia inclui coleta de amostras entre novembro de 2016 e abril de 2017 para análises de pontos identificados como *first-flush 1* (FF1), *first-flush 2* (FF2) e volume morto (VM), tendo como parâmetros de investigação: pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD) e turbidez. Os resultados das análises físico-químicas indicaram desconformidade com os padrões da NBR 15527 (ABNT, 2007) e da Lei Municipal de Niterói 2856/2011, sobretudo para turbidez de 5 UNT. Para correção das anomalias identificadas, sugere-se microfiltração para equacionar os limites de turbidez. Recomenda-se aprofundar as análises de qualidade das águas pluviais na caracterização das amostras de parâmetros microbiológicos, metais e micro poluentes.

Palavras-Chave – *First flush*, volume morto, qualidade de água pluvial.

RAINWATER QUALITY ASSESSMENT COLLECTED AT UERJ MARACANÃ, RIO DE JANEIRO

Abstract - Because of the growing crisis of water supply and prolonged periods of droughts, have appeared new technologies of use of water for human consumption, especially in areas of metropolises and sharp population growth (MAZZA, *et al.* 2015). The study of rainwater utilization requires adaptation of standards, especially in the standardization of the qualitative aspects of rain water for human consumption. This work aims to characterize the quality of rainwater catchment system of rainwater installed in Rio de Janeiro State University-UERJ, Rio de Janeiro-RJ. The methodology includes samples collected between November and April 2016 2017 for analysis of points identified as *first-flush 1* (FF1), *first-flush 2* (FF2) and dead volume (VM), having as parameters: pH, conductivity, total dissolved solids (STD) and turbidity. The results of the physicochemical analyses indicated compliance with NBR 15527 standards (ABNT, 2007) and the Municipal law of Niterói in 2856/2011, especially for turbidity of 5 UNT. To correct the identified deficiencies, it is suggested the microfiltration to equate the turbidity limits. It is recommended to deepen the analysis of rainwater quality on characterization of samples of microbiological parameters, metals and micro pollutants.

Keywords – *First flush*, dead volume, rainwater quality.

INTRODUÇÃO

¹ Mestranda em Engenharia Ambiental da UERJ – gabii_05@hotmail.com

² Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária da UERJ - rayssajacob@gmail.com

³ Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária da UERJ - robertasantosdesouza95@gmail.com

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

⁵ Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da UERJ - danielbilauerj@gmail.com

Estudos sobre a qualidade da água de chuva tem se tornado cada vez mais frequentes para caracterizar as propriedades físicas e químicas da água, devido ao aumento na emissão de poluentes para a atmosfera, tendo como principal emissor as atividades antrópicas, maior urbanização nas grandes metrópoles, crescente uso de veículos automotores e consequentemente a emissão de gases e partículas durante a combustão e o funcionamento do motor e processos industriais (MARTINS, 2008).

Segundo *Novak et al.* (2014) a medida em que as gotículas de chuva descem por meio da atmosfera, as mesmas absorvem aerossóis, dissolvem gases e coletam partículas suspensas como cinzas e poeira. A composição da água de chuva é influenciada pela proximidade das fontes de emissão, reações químicas que ocorrem na atmosfera e os mecanismos de eliminação de massas em movimento.

A água pluvial pode ter suas características alteradas de acordo com a forma de deposição, sendo dividida em quatro etapas: Antes de atingir o solo, após escorrer pela superfície de captação como telhado ou área impermeabilizada, dentro do reservatório em que há a deposição de sólidos e no ponto de uso, como por exemplo pias e descargas sanitárias. Em áreas industriais e altamente urbanizadas ocorre a alteração da concentração natural da água da chuva por poluentes presentes no ar como chumbo, zinco e óxidos de nitrogênio e dióxidos de enxofre. A reação química de gases encontrados na atmosfera como os dióxidos de nitrogênio, enxofre e carbono podem formar ácidos que diminuem o pH da água, tornando-a mais ácida (TOMAZ, 2003).

Os sistemas de captação de águas pluviais coletam e armazenam através de instalações hidráulicas, sendo os componentes principais deste sistema a área de captação, calhas, condutores e *bypass* que segundo *Novak et al.* (2014) é caracterizado a presença de diversos poluentes acumulados no telhado e carreados por meio das tubulações. A primeira porção precipitada é chamada de *first-flush*, tendo uma baixa qualidade e sendo recomendada não armazená-la para evitar a contaminação do reservatório.

A primeira diretriz no Brasil para o aproveitamento da água de chuva foi por meio da NBR 15527/07 que estabeleceu os parâmetros físico-químico necessários para a utilização de água pluvial em fins menos nobres. No âmbito municipal a Lei nº 2.856/2011 definiu limites para a qualidade da água em Niterói, Rio de Janeiro, ambas as legislações foram utilizadas como base para a análise de resultados.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a água de chuva coletada em um sistema de captação e armazenamento localizada em uma região urbana, por meio da análise dos seguintes parâmetros: Condutividade, pH, sólidos totais dissolvidos e turbidez no período de novembro de 2016 a abril de 2017, utilizando o Laboratório de Engenharia Sanitária (LES), da Faculdade de Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de captação e armazenamento de águas pluviais (SAP) instalado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) localiza-se no bairro do Maracanã, região central da cidade do Rio de Janeiro. Internamente ao campus, o sistema de coleta está localizado ao lado da Rua R. Waldir Amaral, com intenso fluxo de veículos de grande, médio e pequeno porte, como ônibus, carros e motocicletas. A superfície de captação das águas pluviais apresenta área de 30 m², cujo material no telhado é de fibrocimento, além de calhas e condutores verticais em PVC para condução do escoamento superficial das instalações hidráulicas prediais de águas pluviais.

De modo específico, o SAP é constituído por: sistema separador de sólidos, separadores de fluxo inicial ou *first-flush*, sistema de filtragem específico, reservatório com capacidade de armazenamento de 1000 litros, extravasor, sifão, medidor de nível e pontos de coleta (Figura 1).

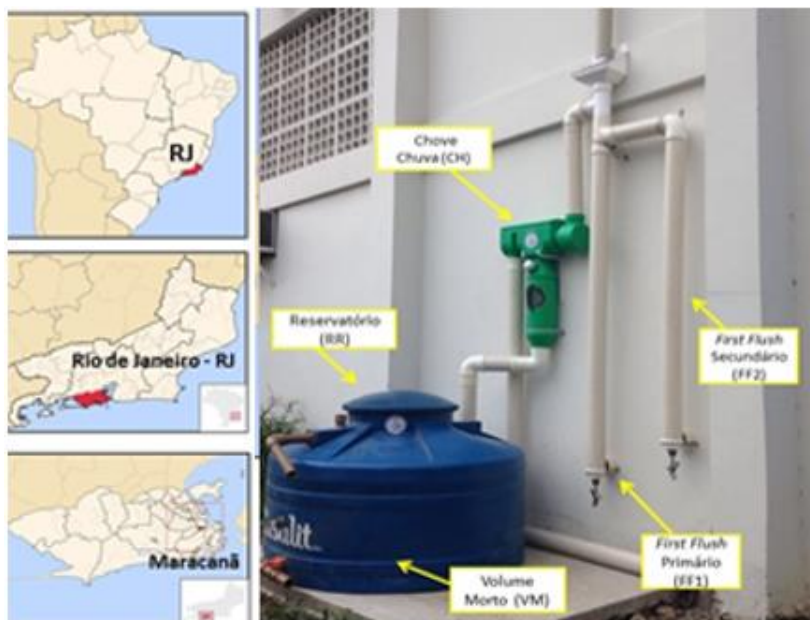


Figura 1 - Sistema de Águas Pluviais da UERJ. Fonte: Autoria própria

As amostras compõem-se de coletas em 3 pontos do SAP: *first-flush* primário (FF1), *first-flush* secundário (FF2) e volume morto (VM) para análises laboratoriais de qualidade da água de chuva. O FF1 e o FF2 separam o volume inicial de 1,0 mm de chuva. O sistema Chove Chuva (CH) ajuda no tratamento da água utilizando pastilhas de cloro, equalizando o pH da água, após este processo a água é armazenada no reservatório (RR). Dados de precipitação são considerados do Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro, a partir da estação no 4 da Tijuca, os dados do pluviômetro estão na Figura 2.

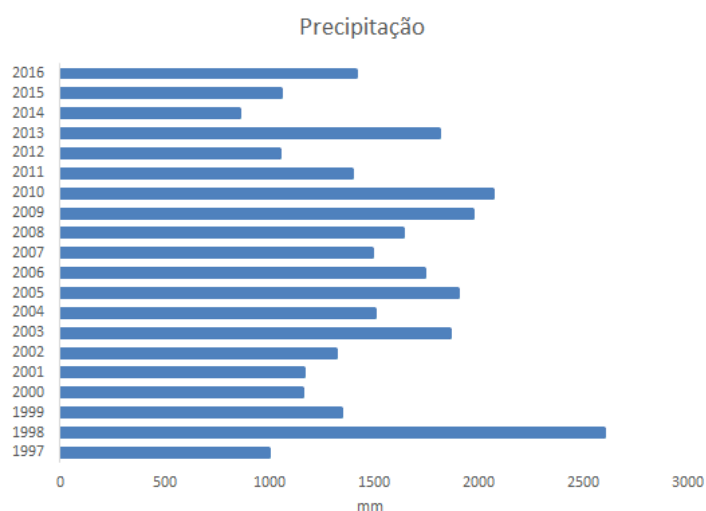


Figura 2 - Precipitação anual de 1997 a 2016 na região da UERJ. Fonte: Adaptado de Armazém de dados, 2017.

Foram coletadas 20 amostras no período de novembro de 2016 a abril de 2017 e analisadas no Laboratório de Engenharia Sanitária com a utilização de sonda multiparâmetros *Aquaread* modelo AP-700 para medir o pH, a condutividade e os sólidos dissolvidos totais e o turbidímetro modelo TECNOPON TB-1000 para determinar a turbidez.

As amostras foram coletadas após eventos de precipitação e realizadas as análises físico-químicas na sonda multiparâmetro *in situ* e *ex situ* no laboratório para a caracterização de Turbidez.

Para a análise do pH, foi utilizada a metodologia APHA (2012): Método 4500H+ B, para a caracterização da Condutividade Elétrica foi utilizado o método de APHA 2510 B e para os Sólidos Dissolvidos Totais (STD) a APHA (2012): Método A B, C, D, E. Para a Turbidez a metodologia empregada foi a APHA (2012): Método 2130 B.

RESULTADOS

Legislação aplicada na análise dos resultados

Após o processo de caracterização da água de chuva coletada na UERJ, foi utilizada a lei Municipal de Niterói nº 2.586/2011 e NBR 15527/2007 para verificar se as amostras estão em conformidade com o estabelecido pela legislação conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Legislação utilizada para verificação de padrão da qualidade de água. Fonte: Autoria própria.

| Parâmetro | Lei nº2.856/2011 Niterói | ABNT NBR 15.527/2007 |
|----------------------------|-----------------------------|---|
| Turbidez | < 5,0 UNT | < 2,0 UNT uso mais restritivo < 5,0 UNT uso menos restritivo |
| pH | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 8,0 |
| Condutividade | ----- | ----- |
| Sólidos dissolvidos totais | < 200,0 mg.L-1 | ----- |

Resultados da análise físico-química da água de chuva coletada na UERJ

Potencial hidrogeniônico (pH)

A Lei nº 2.856/2011 determina o valor de pH de 6,0 a 9,0 e a NBR 15.527/2007 estipula o pH entre 6,0 a 8,0. Apenas o ponto de coleta do volume morto (VM) estava dentro do permitido em ambas as legislações (Figura 3).

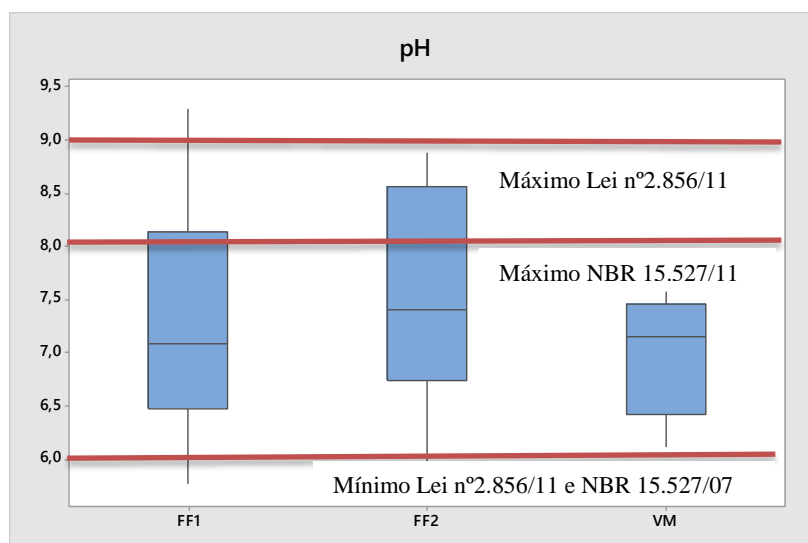


Figura 3 – Resultados da análise de pH. Fonte: Autoria própria.

No *first-flush* 1 (FF1) 28,57% das amostras apresentaram não conformidade em relação as duas legislações, o valor mínimo de pH foi de 5,77 e o valor máximo encontrado de 9,29, a média neste ponto de coleta foi de 7,31. No *first-flush* 2 (FF2) 14,29% das amostras estavam fora do padrão exigido pela Lei nº 2.856/2011 e 42,86% estavam acima do permitido pela NBR 15.527/2007, o pH variou entre 5,9 e 8,88 e média de 7,49.

Nos pontos FF1 e FF2 não há caracterização de chuva ácida, pois Segundo Tomaz (2003), a reação de gases presentes na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO₂), com a chuva forma ácidos que levam a diminuição do pH da água, sendo conhecida como chuva ácida aquela que tem pH menor que 5,6.

O VM tem a menor dispersão de valores e todas as amostras estavam em conformidade com Lei nº 2.856/2011 e NBR 15.527/2007, com um valor mínimo de 6,12, máximo de 7,59 e média de 7,05.

Resultado compatível com o de Luna *et al.* (2014) que teve uma variação de pH entre 6 e 7 na análise da qualidade da água de chuva em João Pessoa com a utilização de telha cerâmica e próximo ao de Sampaio (2014) para uma média de 6,93 para a mesma composição do telhado utilizado no estudo da UERJ.

Turbidez

Em relação a Lei nº 2.856/2011 a Turbidez deve ser menor que 5 UNT e na NBR 15.527/2007 menores que 2 UNT para uso mais restritivo e 5 UNT para uso menos restritivo.

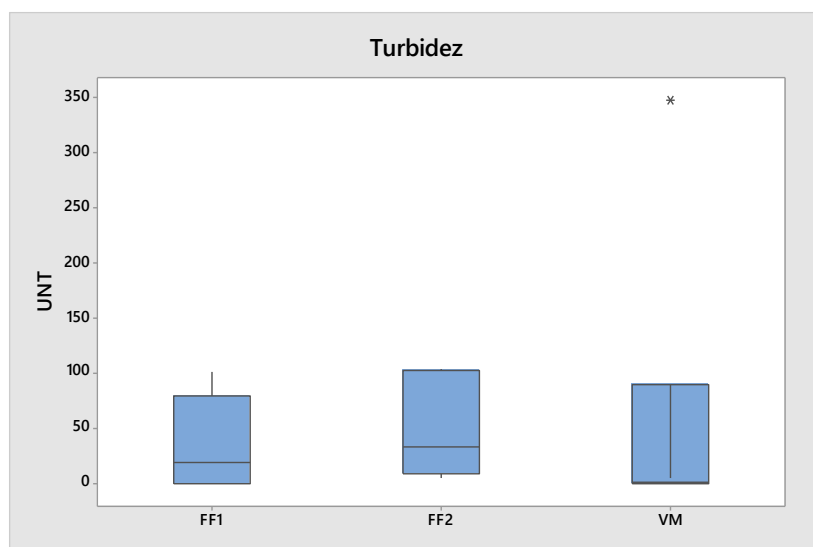


Figura 4 – Resultados da análise de Turbidez Fonte: Autoria própria.

Todos os pontos de coleta estavam não conformes. No FF1 do total de 7 amostras 71,43 % estavam acima do limite, o valor mínimo foi de 0,19 UNT e o valor máximo foi de 101 UNT, sendo a média de 39 UNT.

Para o FF2 100% das amostras estavam fora dos limites estipulados e com alta dispersão mostrado na Figura 4, apresentando valores entre 5,55 UNT e 104 UNT e média de 48,06 UNT.

No Volume Morto 33,33% das amostras estavam desconformidade em relação ao uso mais restritivo e 16,67% não conformes para uso menos restritivo. Foi determinado um valor médio de 58,9 UNT, mínimo de 0,23 UNT e máximo de 347 UNT.

O limite de 5 UNT, preconizado pelas NBR N° 15527/07, foi ultrapassado no estudo feito por Luna *et al.* (2014) por três vezes, com valores entre 0,25 e 10,70 UNT. Segundo Sampaio (2014), o valor máximo encontrado na edificação urbana utilizando a telha de fibrocimento foi de 2,20 UNT.

De acordo com a CETESB (2009), a turbidez presente na amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido aos sólidos em suspensão como areia, argila e detritos orgânicos, demonstrando uma grande quantidade de sólidos presentes na amostra analisado pelo turbidímetro.

Condutividade

A condutividade mede a capacidade da água de conduzir a corrente elétrica, por meio da condutividade é medido a pureza da água, pois representa uma medida direta de substâncias ionizáveis, quanto maior a resistência da água em relação a passagem da corrente elétrica, maior a sua pureza (MARTINS, 2008).

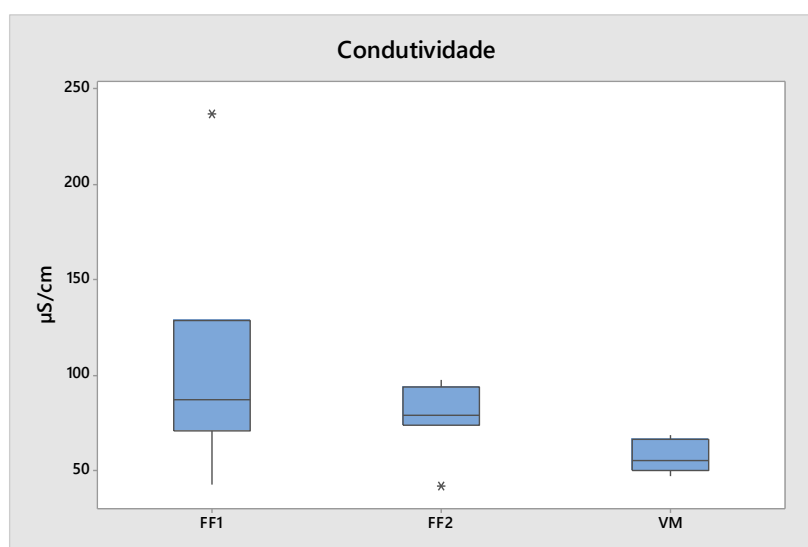


Figura 5 – Resultados da análise de Condutividade. Fonte: Autoria própria.

Não existe norma para condutividade nas legislações utilizadas como base, para o FF1 o valor médio encontrado nas amostras foi de 106,29 $\mu\text{S/cm}$, para o FF2 obteve-se de 78,71 $\mu\text{S/cm}$ e VM 57,33 $\mu\text{S/cm}$, o valor mínimo encontrado foi no FF2 com 42 $\mu\text{S/cm}$ e o máximo no FF1 237 $\mu\text{S/cm}$ ponto com maior dispersão de acordo com a Figura 5 (não foi possível estabelecer os limites de condutividade no *Box Plot*).

Sólidos Dissolvidos Totais

Os sólidos dissolvidos totais (STD) representam o material filtrante que passa pelo filtro de porosidade de 0,45 μm após a etapa de filtração (APHA; AWWA & WEF, 1999).

Na NBR 15.527/2007 não há norma para STD, na Lei Municipal de Niterói nº 2.856/2011 o limite é menor que 200 mg. L^{-1} . Todos os pontos apresentaram-se dentro do padrão (Figura 6).

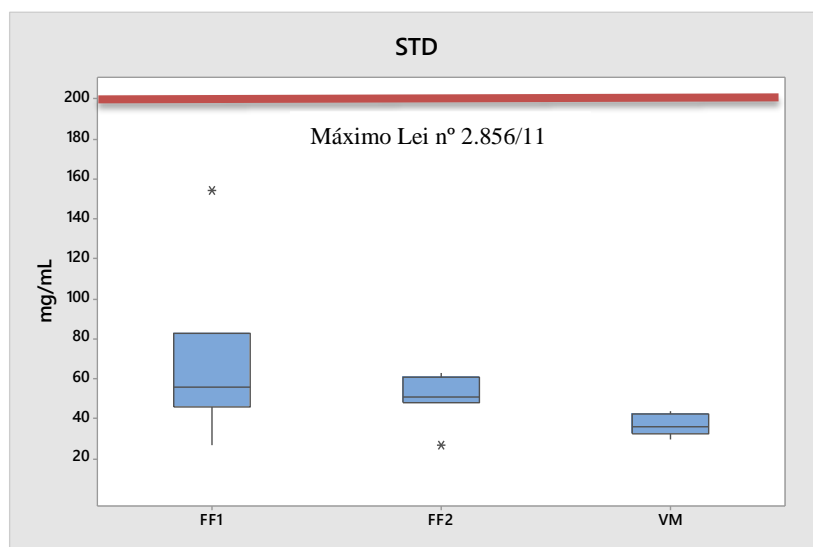


Figura 6 – Resultados da análise de Sólidos Dissolvidos Totais. Fonte: Autoria própria.

No FF1 os valores variaram entre 27 e 154 mg. L⁻¹, com uma média de 69,14 mg. L⁻¹. No FF2 foram observados valores entre 27 e 63 mg. L⁻¹ e média de 50,86 mg. L⁻¹, no VM foram encontrados valores entre 30 e 44 mg. L⁻¹ e média de 36,86 mg. L⁻¹.

Segundo Luna *et al.* (2014) os valores para Sólidos Totais Dissolvidos variaram de 3,2 a 36,8 mg. L⁻¹, sendo o valor mínimo o oposto encontrado neste estudo.

O FF1 e FF2 tem como objetivo reter a água inicial da chuva, que possui uma maior concentração de sólidos que ficam depositados na superfície de captação e são transportados pela chuva até este sistema, os valores de *first-flush* tendem a ser maiores quando comparados ao armazenado no volume morto (VM) mostrado na Figura 5, apontando a eficiência e a importância do sistema de *first-flush*.

CONCLUSÃO

Após 6 meses de monitoramento conclui-se que constituir barreiras de proteção como as amostras do *first-flush* são essenciais como medida de descarte dos primeiros minutos de chuva devido à elevada turbidez dessa água. Embora haja diminuição significativa, a água reservada no volume morto (VM) também apresentou desconformidade nos valores observados da turbidez com a legislação supracitada e, portanto, recomenda-se aumentar o volume descartado no *first-flush* e/ou instalação de filtros específicos de capacidade de 200 µm. A fim de se eliminar possíveis riscos de ingestão já realiza-se a desinfecção por cloração da água reservada pelo sistema chuva (CH). Além da turbidez, é fundamental também observar o pH da água, cujo nas amostras do VM não apresentaram desconformidade com as legislações, no entanto, como o esperado algumas amostras dos volumes dos FF1 e FF2 ficaram em não conformidade, esses padrões evidenciam processos de chuva ácida largamente observados em grandes centros urbanos. Recomenda-se que a água do *first-flush* 1 e *first-flush* 2 sejam descartadas e somente a água armazenada no reservatório seja aproveitada para fins menos nobres.

Os autores agradecem ao Projeto de Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano (MAPLU), FINEP no âmbito da Chamada Pública Saneamento Ambiental e Habitação nº 07/2009 ; ao CNPq, Edital Chamada Universal MCTI/CNPq nº 14/2014, Faixa A Processo nº 457688/2014-9 pelo apoio financeiro ao desenvolvimento deste trabalho. Os autores também agradecem aos técnicos do Laboratório de Engenharia Sanitária (LES), da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro pelas análises laboratoriais *ex situ* de parâmetros discutidos neste artigo.

REFERÊNCIAS

- ABNT – NBR 15527 (2007) Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.
- APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th. ed. [s.l: s.n.].
- ARMAZÉM DE DADOS. Estatísticas municipais. Disponível em: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>. Acesso em 01 Jun. 2017.
- CETESB. Relatório da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2009. [s.l: s.n.].
- MARTINS, F.R. (2008) – Avaliação da Qualidade das Águas de Chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com Ênfase na Caracterização das Influências Marinhas e Continentais Simuladas Utilizando o Modelo Hysplit, Dissertação de Mestrado – UFSC.
- MAZZA, R.; OHNUMA JR., A.A.; PIMENTEL DA SILVA, L.; MARQUES, M. (2015) Caracterização físico-química e biológica das águas pluviais nos períodos seco e úmido. In: *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão*, Brasília, DF. 2015, 11, pp. 22-27
- NOVAK, A.C.; GIESEN, V.E.G.; DEBUSK, M.K. (2014). *Designing Rainwater Harvesting Systems*. Wiley United States of America – USA, pp. 151- 174
- REVISTA ELETRÔNICA DE GESTÃO E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS. Qualidade da água da chuva em João Pessoa: Estudo comparativo com diversos padrões de qualidade conforme os usos pretendidos para água em edificações residenciais. Disponível em <https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/8792>. Acesso em 02 Jun. 2017.
- RIO DE JANEIRO (2011). Decreto Lei Municipal no 2.856/2011 de 25 de Jul da Câmara de Vereadores de Niterói.
- SAMPAIO, P.A.C.; IDE, M.G.; TEREZO, F.R.; CARDOSO, O.C.; SPANHOLI, C. (2014). Análise técnica da água de chuva. In *Anais do XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, Mato Grosso do Sul, Jul. 2014, 1, pp. 1-7
- TOMAZ, P. (2003) *Aproveitamento de água de chuva*. [s.l: s.n.]. v. I, pp. 29-43