

IV-061 - QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA COLETADA EM TELHADO COM TELHAS DE CONCRETO E EM TELHADO VERDE COM BASE NOS PARÂMETROS DA ABNT NBR 15527:2007

Marcel Aramis Budel⁽¹⁾

Arquiteto e Urbanista pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Especialista em Construções Sustentáveis pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil na Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Stella Maris da Cruz Bezerra⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba. Doutora em Engenharia Ambiental pela University of Guelph - Canadá. Professora Titular da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Karina Querne de Carvalho⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá – Paraná. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Celimar Azambuja Teixeira⁽⁴⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa - Paraná. Mestre em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela EESC/USP. Doutora em Engenharia Sanitária pela POLI/USP. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Endereço⁽¹⁾: Av. Manoel Ribas, 7420 - Santa Felicidade - Curitiba - PR - CEP: 82400-000 - Brasil - Tel: (41) 9649-3401 - e-mail: marcelbudel@hotmail.com

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho foi aprofundar o conhecimento sobre a qualidade da água da chuva captada nos telhados em centros urbanos e melhorar a avaliação das possibilidades de seu aproveitamento. Os objetivos específicos foram: (1) analisar a qualidade da água da chuva *in natura* e captada em dois sistemas de cobertura, com base em quatro parâmetros indicados na ABNT NBR 15527:2007 e (2) fazer o acompanhamento da qualidade da água da chuva armazenada, para verificar a eficiência e comportamento nos dois tipos de coberturas. Os parâmetros analisados foram turbidez, pH, coliformes totais e coliformes termotolerantes. As duas formas distintas de captação foram: (residência 1) sistema composto por um telhado inclinado e com telhas de concreto e (residência 2) cobertura plana e vegetada, caracterizando um telhado verde. A água da chuva captada no telhado com telhas de concreto apresentou menores valores para turbidez na maioria dos resultados. O telhado verde contribuiu para diminuir a acidez natural da água da chuva. A água da chuva captada nas duas coberturas e a chuva *in natura* não atingiram os parâmetros microbiológicos estabelecidos na ABNT NBR 15527:2007. Apesar da qualidade da água da chuva não atender todos os parâmetros indicados na ABNT NBR 15527:2007, esta água vem sendo aproveitada naquelas residências para limpeza de calçadas, irrigação de jardim e descarga em bacias sanitárias.

PALAVRAS-CHAVE: Água de Chuva, Aproveitamento, Qualidade, Telhado de Concreto, Telhado Verde.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água da chuva em centros urbanos é variável em função de características como a vegetação existente no entorno e a qualidade do ar. Na ausência de poluentes, o pH da água da chuva é de aproximadamente 5,7. Este valor representa um nível de acidez normal, devido à formação de ácido carbônico (H_2CO_3), derivado do dióxido de carbono (CO_2), presentes na atmosfera (JAQUES, 2005). Alguns poluentes presentes nas emissões atmosféricas podem alterar o pH da água da chuva para valores inferiores a 5,0 – o que pode resultar em precipitações da chamada chuva ácida.

A água da chuva ao passar pelos telhados das edificações pode carrear microrganismos, provenientes de fezes de animais (dentre eles pássaros) e de restos de plantas (folhas e galhos). A qualidade da água da chuva também varia em função do tipo do material utilizado na cobertura (GHAFARIANHOSEINI *et al.*, 2015; LEE *et al.*, 2012; OLAOYE e OLANIYAN, 2012).

A qualidade da água da chuva escoada em telhados verdes pode apresentar variações também em função das diferenças na construção e manutenção dos telhados (BERNDTSSON, 2010). Nos telhados verdes, a qualidade da água da chuva coletada é dependente da espessura da camada de solo e sua composição, além da espécie de vegetação no telhado. A idade do telhado verde e sua manutenção, incluindo fertilização regular ou não, também influenciam a qualidade da água da chuva coletada. A água da chuva escoada pelo telhado verde pode apresentar nutrientes e microrganismos lixiviados da vegetação e substrato e ter a cor alterada (VIJAYARAGHAVAN, 2016).

Os parâmetros de qualidade para que a água da chuva coletada em telhados seja utilizada para usos não potáveis no Brasil são especificados na norma ABNT NBR 15527:2007, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2007) (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros de qualidade e frequência de monitoramento de água da chuva para usos não potáveis de acordo com a ABNT NBR 15527:2007.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais (NMP)	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes (NMP)	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ¹ (mg/L)	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez (uT ou UNT ²)	Mensal	< 2,0 uT < 5,0 uT para usos menos restritivos
Cor aparente (uH ³) (caso não seja utilizado nenhum corante)	Mensal	< 15 uH
pH (deve prever ajuste para proteção das redes de distribuição, caso necessário)	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
¹ No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
² uT é a unidade de turbidez, também indicada como UNT.		
³ uH é a unidade Hazen.		

Fonte: adaptado da ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007).

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM CURITIBA-PR

Um programa de conservação e uso racional da água nas edificações, conhecido como PURAE, está em funcionamento na cidade de Curitiba, estado do Paraná (CURITIBA, 2003). Este programa foi o ponto de partida para criação do Decreto Municipal 212/2007 (CURITIBA, 2007). A partir desta regulamentação no ano de 2007, os pedidos de alvará de construção devem atender algumas exigências quanto à conservação e uso racional de água, incluindo a obrigatoriedade de captar água da chuva nas novas edificações, para uso em atividades que não exijam água potável. Porém, estudos anteriores investigaram o funcionamento do PURAE e as legislações relacionadas e apontaram para a ausência de informações sobre o monitoramento da qualidade da água da chuva nos reservatórios (BEZERRA *et al.*, 2009, 2010a e 2010b).

A partir daqueles estudos, pesquisas foram iniciadas para monitorar a qualidade da água da chuva armazenada em três reservatórios de edifícios residenciais em Curitiba, desde a implantação dos reservatórios, por um período de aproximadamente sete anos. As edificações estudadas eram compostas por telhados não vegetados. A maioria daquelas amostras apresentou pH próximo da neutralidade, cor aparente inferior a 15 uH, turbidez inferior a 2,0 UNT e presença de coliformes totais e termotolerantes. Os resultados daqueles monitoramentos indicaram que a qualidade da água da chuva armazenada não foi deteriorada em dois dos três reservatórios analisados, e que a deterioração da qualidade da água da chuva armazenada aconteceu no edifício onde não foi realizada qualquer limpeza do reservatório (BUZETI & BEZERRA, 2015 e 2016).

Um estudo preliminar foi realizado em 2011, na cidade de Curitiba (PR), para comparar a qualidade da água da chuva armazenada em reservatórios de duas residências, porém sendo uma das edificações construída com telhado verde e a outra com telhado com telhas de concreto (BUDEL *et al.*, 2012). No presente artigo, são apresentados os resultados de uma nova investigação para os reservatórios daquelas residências (BUDEL, 2014). As coletas de amostras foram realizadas em 2013 e está apresentada uma análise mais aprofundada, comparando a qualidade da água da chuva *in natura* e da chuva captada nos dois diferentes telhados, com base nos parâmetros indicados na ABNT NBR 15527:2007. Estas informações pretendem colaborar para melhorar a avaliação das possibilidades de aproveitamento da água da chuva coletada em telhados em centros urbanos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em duas residências distantes 410 metros entre si, situadas na cidade de Curitiba (estado do Paraná). As edificações, indicadas como residência 1 e residência 2, estão inseridas em condomínios residenciais fechados, com características similares de vegetação e urbanização. As residências estão distantes de rodovias de fluxo intenso de veículos e do distrito industrial do município.

As coletas foram realizadas durante o período de 17 de maio a 3 de dezembro de 2013, com uma coleta mensal, totalizando oito coletas. As coletas foram realizadas nos dias 17 de maio, 26 de junho, 22 de julho, 14 de agosto, 02 de setembro, 01 de outubro, 17 de outubro, 12 de novembro e 03 de dezembro de 2013.

Foram realizadas caracterizações qualitativas da água da chuva (coletada diretamente da atmosfera, *in natura*) e da água da chuva coletada nos reservatórios após passagem pelos telhados das residências 1 e 2. Os parâmetros analisados foram turbidez (UNT), potencial hidrogeniônico (pH), coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes (CTT, *Escherichia coli*). Os quatro pontos de coleta foram denominados – N (*in natura*), TC (telhado de concreto – reservatório), TVI (telhado verde - reservatório inferior) e TVS (telhado verde - reservatório superior). O ponto de coleta da água da chuva *in natura* estava localizado em local descoberto a 1,20 m do solo, nas proximidades da residência 1.

Todas as análises foram realizadas de acordo com procedimentos descritos no *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater* (EATON *et al.*, 2005) em triplicata. Estatísticas descritivas foram usadas para descrever os dados coletados, comparando medidas de tendência central e dispersão, usando inferência estatística e nível de significância de 5%. A inferência estatística foi realizada usando teste paramétrico ANOVA. O teste Tukey post-hoc foi usado para comparação das médias. Foram realizadas comparações dos valores médios dos parâmetros de qualidade das amostras coletadas com os valores de referências da norma ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007).

RESIDÊNCIA 1

A cobertura da residência 1 (Figura 1) corresponde a um telhado inclinado em 50%, composto por telhas de concreto planas (Figura 2). A área de captação de água da chuva tem 65 m², correspondente a uma das duas águas do telhado. A água da chuva, após escoar pelo telhado de concreto, é coletada por uma calha, seguida de condutor, ambos de zinco com pintura em esmalte sintético. Em seguida, esta água segue para um filtro do tipo 3P Teknik_VF1, para retenção de folhas e galhos. Após passagem pelo filtro, a água da chuva é encaminhada para um reservatório inferior enterrado com volume de 2.800 litros. O reservatório é de polietileno de alta densidade (PEAD) e serve para armazenamento da água da chuva para posterior uso (Figura 3). As amostras coletadas neste reservatório serão indicadas como TC.

Nesta residência 1, a água da chuva é utilizada para limpeza de calçadas nas áreas externas e irrigação de jardim. A instalação hidráulica exclusiva deste sistema de aproveitamento de água de chuva contém torneiras de acionamento restrito com chave destacável, para que não haja risco de utilização indevida.



Figura 1: Vista frontal da residência 1.



Figura 2: Detalhe do telhado de concreto da residência 1.

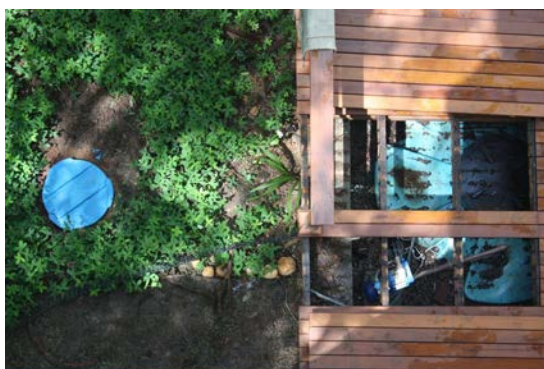


Figura 3: Vista superior do filtro e reservatório enterrado da residência 1 (TC).

Na residência 1, a coleta das amostras de água da chuva foi feita em uma torneira existente no reservatório, após passagem pelo telhado com telhas de concreto e pelo filtro do tipo 3P Teknik_VF1.

RESIDÊNCIA 2

Na residência 2, a cobertura é composta por um telhado vegetado com 77 m² de área de captação. A laje da cobertura foi impermeabilizada para construção do telhado verde. Sobre esta impermeabilização foi colocada uma camada de argila expandida responsável pela drenagem do sistema, sobreposta por uma manta geotêxtil Bidim 150 gramas, compondo a camada filtrante. Terra comum para jardinagem, comercializada nas lojas do ramo, foi usada como substrato da camada vegetada plantada com grama-esmeralda (*Zoysia japonica*). Este telhado verde foi finalizado em maio de 2011. A figura 4 mostra o telhado verde em execução.



Figura 4: Camadas do telhado verde em execução na residência 2.

As coletas de amostra de água de chuva para este artigo foram iniciadas em maio de 2013, ou seja, o telhado verde estava com dois anos. A água da chuva após passar pelo telhado verde é conduzida por dois condutores de PVC com 100 mm de diâmetro até um reservatório inferior em concreto, enterrado, com volume de 1.500 litros. Este reservatório será indicado neste artigo como TVI. A água da chuva armazenada no TVI é bombeada para um reservatório superior, de PVC, com volume de 1.000 litros, localizado na cobertura acima do nível do telhado verde. Porém, entre os reservatórios estão instalados dois filtros de membrana em série, com 200 µm e 50 µm respectivamente (Figura 5). O reservatório superior será indicado como TVS (Figura 6).



Figura 5: Filtros de membrana na entrada do reservatório superior da residência 2.

Nesta residência 2, a água da chuva é utilizada para limpeza externa e rega de jardim, com distribuição da água em dois pontos externos no jardim, e também para o abastecimento de cinco bacias sanitárias. O sistema é dependente de água potável em períodos de estiagem, para que o abastecimento de água para os sanitários não seja prejudicado. Portanto, o reservatório superior pode receber contribuição do reservatório inferior de água da chuva e outra do reservatório de água potável. Porém, há apenas uma saída da água do reservatório superior para uso não potável por gravidade, para abastecer as torneiras de limpeza externa e bacias sanitárias. Para não ocorrer contaminação cruzada da água potável com a água da chuva, as entradas das alimentações estão afixadas em alturas diferentes, configurando uma separação atmosférica, sendo a entrada da água potável em altura superior e acima do extravasor (ladrão).



Figura 6: Reservatório superior da residência 2 (TVS).

A coleta das amostras de água da chuva foi realizada em dois pontos, após passagem pelo telhado verde, sendo uma torneira externa existente no reservatório inferior e uma torneira existente no reservatório superior, após passagem pelos filtros de membrana. É importante salientar a possibilidade de implicações diretas nos resultados, pois a amostra poderá estar composta da mistura das águas de chuva e potável, visto que os reservatórios para água de chuva podem receber água potável em situações de estiagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados experimentais estão apresentados em gráficos com linha. Os pontos foram ligados por linhas suaves com o objetivo de facilitar a visualização, mas não foram realizadas medições intermediárias, nem efetuados ajustes nas curvas. Portanto, os valores intermediários entre dois pontos consecutivos não representam interpolação de valores.

TURBIDEZ

A turbidez das amostras do reservatório na residência 1 (telhas de concreto) foi menor (Figura 7). A variação da turbidez média foi de 1,56 a 9,86 UNT entre os pontos coletados, com valor mínimo de 0,02 UNT nas amostras do TC e com valor máximo de 18,5 UNT nas amostras TVI no dia 22/07/2013. Este pico pode estar relacionado à maior pluviometria registrada neste dia. O valor máximo de 31,8 UNT obtido na amostra N pode estar relacionado a algum erro de leitura. Valores similares foram obtidos por Morquecho *et al.* (2005) também indicaram maiores concentrações de sólidos nos telhados verdes quando comparados aos demais telhados. Contudo, nas amostras coletadas no TVS foi possível observar menor valor de turbidez naquela data (22/07/2013), o que pode estar relacionado à filtração exercida pelos filtros de membranas instalados. O mesmo comportamento foi verificado nas amostras coletadas no reservatório da residência 1 (TC) durante este estudo, que pode estar relacionado à filtração no filtro do tipo 3P Teknik_VF1. Porém, esta constatação não pode ser confirmada, pois não foram feitas coletas antes e depois da passagem pelos filtros.

A análise estatística revelou a existência de diferenças significativas nos resultados médios de turbidez (p-valor 0,0372) entre as amostras coletadas, sendo as maiores variações de 8,3 UNT entre TVI e TC (9,86 – 1,56 UNT), 6,68 UNT entre TVI e TVS (9,86 – 3,18 UNT), 5,52 UNT (7,08 – 1,56 UNT) entre N e TC, 3,90 UNT (7,08 – 3,18 UNT) entre N e TVS, 2,78 UNT (9,86 – 7,08 UNT) entre N e TVI e 1,62 (3,18 – 1,56 UNT) entre TVS e TC. Os valores máximos foram de 18,50 UNT no TVI, 9,10 UNT no TVS e 3,22 UNT no TC. Foi possível concluir que 34% das amostras coletadas resultaram em turbidez inferior a 2,00 UNT, com predomínio no TC; e 65% em turbidez inferior a 5,00 UNT (uso para fins menos restritivos) que correspondem aos valores máximos definidos na ABNT NBR 15527:2007 para este parâmetro.

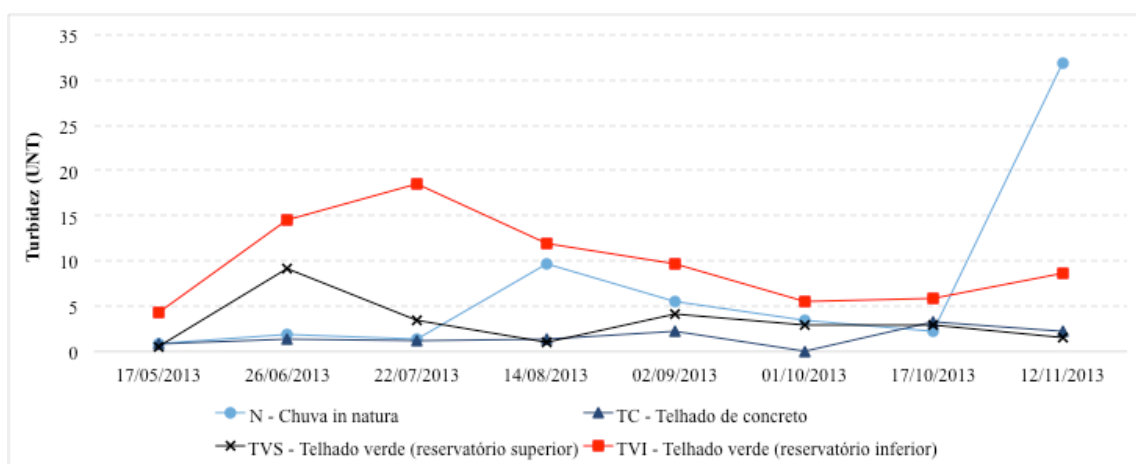


Figura 7: Turbidez das amostras de água coletadas N, TC, TVS e TVI.

pH

Os maiores valores de pH foram observados nas amostras coletadas na residência 2 com telhado verde, próximos da neutralidade, tanto no reservatório superior quanto no inferior (TVS e TVI). Estes valores estão de acordo com o reportado por Berndtsson *et al.* (2009), ou seja, a passagem da água da chuva por telhados verdes contribui com o aumento do pH. Nas amostras da água da chuva in natura (N) foi observado caráter levemente ácido. Este comportamento também foi notado nas amostras coletadas no reservatório da residência 1 (TC), porém com certa atenuação da acidez, provavelmente devido à passagem da água pelo telhado de concreto (Figura 8).

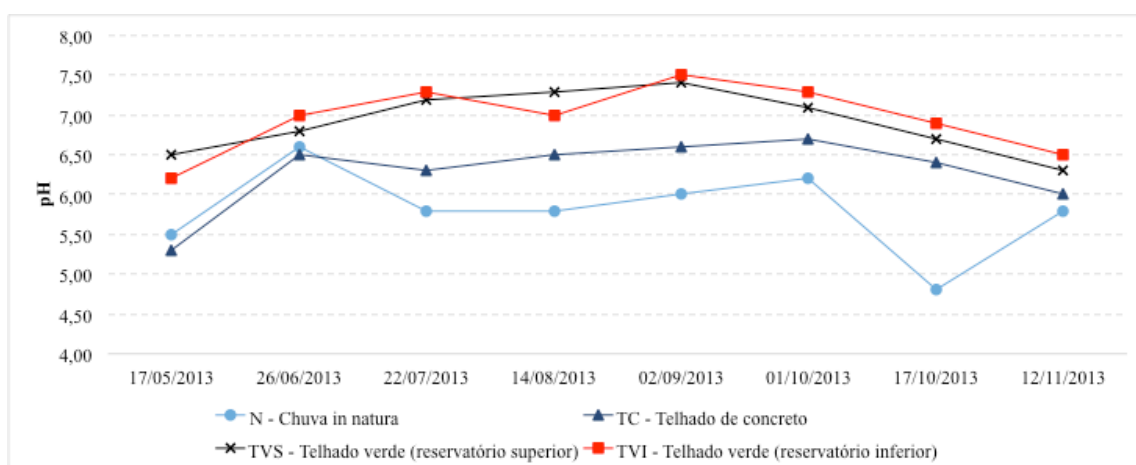


Figura 8: pH das amostras de água coletadas N, TC, TVS e TVI.

Anova revelou a existência de diferenças significativas entre as médias nos resultados de pH (p-valor 0,00004) e o teste de Tukey post-hoc indicou que a diferença média ocorreu entre N e TVI e TVS, com maiores variações de 1,15 (6,96-5,81) e 1,10 (6,91-5,81), respectivamente. Valores máximos demonstraram variação ligeiramente maior de 0,80 do TVS (7,40) para N (6,60) e de 0,90 do TVI (7,50) para N (6,60). Na ABNT NBR 15527:2007 é estabelecida faixa de variação do pH de 6,0 a 8,0 para tubulações de aço carbono ou galvanizado, sem qualquer menção ao PVC, que foi usado na residência 2 deste estudo para as instalações de aproveitamento de água da chuva.

COLIFORMES TOTAIS E TERMOTOLERANTES

Os resultados de coliformes totais nas amostras do TVI foram elevados, conforme apresentado na figura 9, principalmente nas amostras coletadas nos dias 27/06/2013 e 22/07/2013, o que pode indicar contaminação pontual.

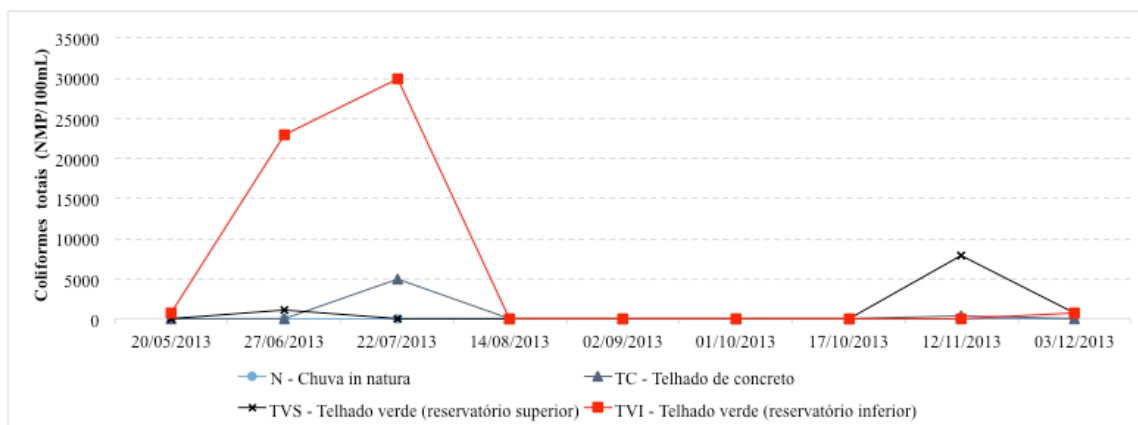


Figura 9: Coliformes totais das amostras de água coletadas N, TC, TVS e TVI.

Na Figura 10 é possível notar relação direta do número de coliformes termotolerantes (*E. coli*) com o número de coliformes totais. Em concordância com outros parâmetros foram verificados valores comparativamente mais elevados nas amostras coletadas na residência 2, com telhado verde, principalmente no ponto referente ao reservatório inferior (TVI).

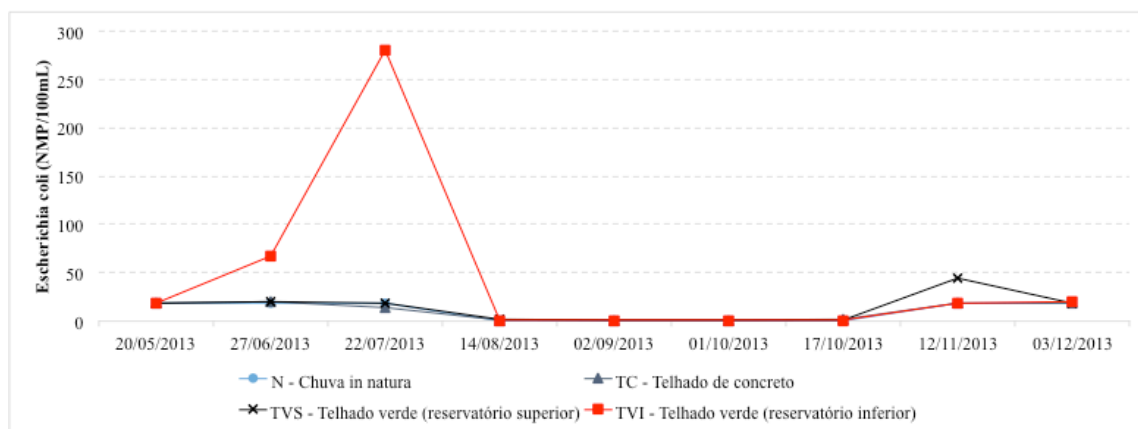


Figura 10: *Escherichia coli* das amostras de água coletadas N, TC, TVS e TVI.

COMPARAÇÃO COM A ABNT NBR 15527:2007

Os dados obtidos foram comparados com a ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007) (Tabela 2).

Tabela 2: Comparativo dos resultados obtidos com a referência na ABNT NBR 15527:2007 - Requisitos de aproveitamento da água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis

Parâmetro	Un.	Água da chuva <i>in natura</i> (N)		Água da chuva após telhado com telhas de concreto (TC)		Água da chuva após telhado verde, reservatório superior (TVS)		Água da chuva após telhado verde, reservatório inferior (TVI)		Referência ABNT NBR 15527:2007
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
pH	-	4,80	6,60	5,30	6,70	6,30	7,40	6,20	7,5	6,0 – 8,0
Turbidez	UNT	0,86	31,80	0,02	3,22	0,55	9,10	4,25	18,5	< 2,0 UNT < 5,0 UNT para usos menos restritivos
Coliformes totais	NMP/ 100 mL	1,1	23,0	<18,0	4.900, 0	<18,0	7.900,0	0,0	30.000	Ausência em 100 mL
<i>E. Coli</i>	NMP/ 100 mL	1,1	18,0	0,0	<18,0	0,0	45,0	0,0	280	Ausência em 100 mL

Os valores do pH das amostras de água captadas no telhado verde no reservatório superior e inferior (TVS e TVI) estão de acordo com o estabelecido na norma ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007). Vale ressaltar que a norma apresenta este parâmetro para tubulações de aço carbono ou galvanizado, mas não para outros materiais. O valor do pH das amostras coletadas no telhado com telhas de concreto (TC) também é aceitável de acordo com o estabelecido na referida norma, com um único valor inferior ao limite mínimo. Porém, 62,5% dos valores de pH nas amostras de chuva *in natura* (N) não atendem ao limite mínimo de 6,0 descrito na referida norma.

Quanto à turbidez, 37% das amostras de chuva *in natura* (N) e 62,5% das amostras coletadas no reservatório do telhado de concreto (TC) estão de acordo com a referência de 2,0 UNT na ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007).

A ausência de coliformes totais e de coliformes termotolerantes (*E. coli*) não foi verificada em qualquer um dos pontos de captação avaliados em 100 mL de qualquer amostra, ou seja, não foi possível atender ao disposto na ABNT NBR 15527:2007.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em duas residências em Curitiba, uma construída com telhado verde e a outra com telhado com telhas de concreto, bem como da amostra de chuva *in natura*, não atingiram todos os requisitos apresentados na norma brasileira ABNT NBR 15527:2007, quanto à qualidade físico-química e microbiológica.

A melhor qualidade no parâmetro turbidez foi verificada nas amostras de água coletadas no telhado com telhas de concreto (TC), de acordo com o estabelecido na ABNT NBR 15527:2007. Porém, as amostras coletadas no telhado verde apresentaram diminuição da acidez natural da água da chuva, portanto qualidade superior no parâmetro pH.

Nos parâmetros microbiológicos, as amostras coletadas nos dois telhados, e nem da chuva *in natura*, obtiveram qualidade suficiente para atender a ABNT NBR 15527:2007, apresentando maiores valores de coliformes totais e termotolerantes (*E. Coli*) no telhado verde.

Com a análise dos resultados conclui-se que para completo atendimento da norma ABNT NBR 15527:2007 para usos não potáveis, como proposto nas residências do estudo, se faria necessária a instalação de um sistema de desinfecção para tratamento da água da chuva *in natura* e armazenada nos reservatórios. De fato, o rigor da norma quanto aos parâmetros microbiológicos pode até inibir o aproveitamento da água da chuva em algumas situações.

Como conclusão adicional desta investigação, recomenda-se ao comitê da ABNT NBR 15527:2007 que sejam revistas um futuro processo de revisão da norma alguns aspectos. Por exemplo o rigor dos parâmetros microbiológicos. Vale salientar também que valores de turbidez para fins menos restritivos são mencionados na norma, porém sem explicitar quais seriam estes usos menos restritivos. Seria interessante que esta definição, ou exemplos do que seriam usos mais ou menos restritivos, fossem incluídos na norma. Outra sugestão seria incluir parâmetros de monitoramento para oxigênio dissolvido (OD) e demanda química de oxigênio (DQO), pois também caracterizam a qualidade da água da chuva e poderiam ser utilizados como indicadores da necessidade de limpeza do reservatório de armazenamento da água da chuva para usos não potáveis. Por fim, seria importante incluir parâmetros específicos de monitoramento de qualidade da água da chuva após passagem por telhados verdes, como por exemplo alguns indicadores da série nitrogenada, que auxiliariam na definição adequada do uso da água da chuva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
2. BERNDTSSON, J.C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: a review. *Ecological Engineering*, v. 36, p. 351–360, 2010.
3. BEZERRA, S. M. C.; CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKSH, K. Estudo do Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, de Curitiba – Paraná e alguns exemplos de sua aplicação. 25º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2009. Anais. Recife – PE, 2009.
4. BEZERRA, S. M. C.; SOUZA, S. A.; CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKSH, K. Políticas Públicas para Conservação e Uso Racional de Água: Estudo de Caso do Município de Curitiba – Brasil. WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE – SB10 BRAZIL. Anais. São Paulo - SP, 2010a.
5. BEZERRA, S. M. C.; CHRISTAN, P.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKSH, K. Dimensionamento de Reservatório para Aproveitamento de Água de Chuva: Comparação entre Métodos da ANBT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./dez. 2010b.
6. BUDEL, M.; GIACCHINI, M.; BEZERRA, S. M. C.; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKSH, K. Estudo comparativo da qualidade da água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado verde. XXXIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2012. Anais. Salvador – BA, 2012.
7. BUDEL, M. A. Estudo Comparativo da Qualidade da Água de Chuva Coletada em Cobertura Convencional e em Telhado Verde. Curitiba, 2014. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.
8. BUZETI, J. C. e BEZERRA, S. M. C. Qualidade da água armazenada em reservatórios de água de chuva em edifícios residenciais de Curitiba – PR. 28º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Anais. Rio de Janeiro – RJ, 2015.
9. BUZETI, Jéssica C. e BEZERRA, Stella M.C. Qualidade da água de chuva armazenada em reservatórios. *Revista Hydro*, Ano X, n. 111, p. 40-44, jan. 2016.
10. CURITIBA. Lei Municipal no 10.785, de 18 de setembro de 2003. Cria no município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Curitiba, 18 set. 2003.
11. CURITIBA. Decreto no 212, de 29 de março de 2007. Aprova o Regulamento de Edificações do Município de Curitiba. Curitiba, 29 mar. 2007.
12. EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. B. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 2005. 1600p.



13. GHAFFARIANHOSEINI, A.; TOOKEY, J.; GHAFFARIANHOSEINI, A.; YUSOFF, S. M.; HASSAN, N. B. State of the art of rainwater harvesting systems towards promoting green built environments: a review. *Desalination and Water Treatment*, v. 57, n. 1, p. 95-104, 2015.
14. JAQUES, R. C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. Florianópolis. 2005. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
15. LEE, J. Y.; BAK, G.; HAN, M. Quality of roof-harvested rainwater – Comparison of different roofing materials. *Environmental Pollution*, v. 162, p. 422-429, 2012.
16. MORQUECHO, R.; PITT, R.; CLARK, S. E. Pollutant Associations with Particulates in Stormwater. *WORLD WATER & ENVIRONMENTAL RESOURCES CONFERENCE*, 1. Anais. Anchorage - Alaska, 2005.
17. OLAOYE, R. A.; OLANIYAN, O. S. Quality of rainwater from different roof material. *International Journal of Engineering and Technology*, v. 2, n. 8, p. 1413-1421, 2012.
18. VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 57, p. 740 – 752, 2016.