



Influência do revestimento de telhados na qualidade de águas pluviais na região centro norte da cidade do Rio de Janeiro

Influence of roof covering on the quality of rainwater in the central north region of the city of Rio de Janeiro

Influencia del cobertura del techo en la calidad del agua de lluvia en la región centro norte de la ciudad de Rio de Janeiro

ALVES, Letícia Delduque ¹

SOUZA, Caroline Moreira de ²

ALMEIDA, Jaqueline Costa Areas de ³

SOUZA, Ana Beatriz Almeida de ⁴

ANDRADE, Rosane Cristina de ⁵

NETTO, Alena Torres ⁶

OHNUMA JR, Alfredo Akira ⁷

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento Eng. Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
leticia delduque@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0739-6875

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento Eng. Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
moreiracaroline98@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0976-7155

³ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento Eng. Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
jaqueline.areas@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6104-1469

⁴ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento Eng. Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
anabeatriz2392@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7313-5091

⁵ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento Eng. Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
rosane.andrade@eng.uerj.br
ORCID: 0000-0002-6041-733X

⁶ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento Eng. Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
alenanetto@eng.uerj.br
ORCID: 0000-0002-1688-4037

⁷ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Departamento Eng. Sanitária e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
akira@eng.uerj.br
ORCID: 0000-0002-0772-9334

Recebido em 24/02/2023 Aceito em 12/07/2023



Resumo

O aproveitamento das águas da chuva tem se tornado um tema fundamental, no sentido de garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e a melhoria de condições sanitárias em determinadas localidades. Este trabalho visa avaliar a influência de revestimentos de telhados metálicos e de fibrocimento na qualidade de águas pluviais obtidas de sistemas de captação e armazenamento de água pluvial, no Rio de Janeiro. Foram coletadas e analisadas 57 amostras de volumes armazenados de água de chuva nos pontos *first-flush* (FF) e reservatório (RR), entre 2017 e 2019, em atendimento à NBR 15.527/2019 e NBR 16.783/2019, dos parâmetros: cloro residual, coliformes totais e termotolerantes, condutividade, carbono orgânico dissolvido (COD), pH e turbidez. A metodologia utilizada para a avaliação da qualidade das águas pluviais foi a estatística descritiva com os programas Excel e R Studio. O telhado de fibrocimento apresentou resultados de pH com um teor alcalino, enquanto o telhado metálico apresentou valores maiores de turbidez. O parâmetro COD não atendeu a NBR 16.783/2019 em ambos os sistemas. Ainda assim, os telhados metálico e de fibrocimento atenderam aos principais limites estabelecidos pela NBR 15.527/2019, de modo atender como fonte de uso não potável da água da chuva.

Palavras-Chave: Recursos Hídricos, Água Pluvial, Qualidade da Água, Escoamento Superficial, Revestimentos.

Abstract

The use of rainwater has become a crucial topic in ensuring the sustainability of water resources and improving sanitary conditions in specific locations. This study aims to evaluate the influence of metal and fiber-cement roof coatings on the quality of rainwater obtained from rainwater harvesting systems in Rio de Janeiro. Fifty-seven samples of stored rainwater were collected and analyzed from first-flush (FF) and reservoir (RR) points between 2017 and 2019, complying with NBR 15.527/2019 and NBR 16.783/2019 standards for residual chlorine, total and thermotolerant coliforms, conductivity, dissolved organic carbon (COD), pH, and turbidity parameters. Descriptive statistics using Excel and R Studio were employed for water quality assessment. The fiber-cement roof exhibited alkaline pH levels, while the metal roof showed higher turbidity values. The COD parameter did not comply with NBR 16.783/2019 in both systems. Nevertheless, both metal and fiber-cement roofs met the primary limits established by NBR 15.527/2019, thus serving as a source of non-potable use of rainwater.

Key-Words: Water Resources, Rainwater, Water Quality, Surface Runoff, Coatings.

Resumen

El aprovechamiento del agua de lluvia se ha convertido en un tema fundamental para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos y mejorar las condiciones sanitarias en determinadas localidades. Este estudio tiene como objetivo evaluar la influencia de revestimientos de techos metálicos y de fibrocemento en la calidad del agua pluvial obtenida de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia en Río de Janeiro. Se recolectaron y analizaron 57 muestras de agua de lluvia almacenada en los puntos de primer lavado (FF) y en el depósito (RR) entre 2017 y 2019, cumpliendo con las normas NBR 15.527/2019 y NBR 16.783/2019 en relación a los parámetros de cloro residual, coliformes totales y termotolerantes, conductividad, carbono orgánico disuelto (COD), pH y turbidez. La metodología utilizada para evaluar la calidad del agua de lluvia fue la estadística descriptiva con los programas Excel y R Studio. El techo de fibrocemento presentó resultados de pH con un contenido alcalino, mientras que el techo metálico mostró valores más altos de turbidez. El parámetro COD no cumplió con la norma NBR 16.783/2019 en ambos sistemas. Sin embargo, tanto los techos metálicos como los de fibrocemento cumplieron con los límites establecidos por la norma NBR 15.527/2019, sirviendo así como fuente de uso no potable de agua de lluvia.

Palabras clave: Recursos hídricos, agua de lluvia, calidad del agua, escorrentía superficial, revestimientos.

1. Introdução

Apesar da abundância de água no planeta, este recurso é limitado, na medida em que se observa uma reduzida parcela de água doce disponível e uma certa irregularidade de oferta hídrica em determinadas regiões. O crescimento desordenado da população mundial, associado a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, tem prejudicado o abastecimento de água para o consumo humano, de modo a desencadear crises de escassez hídrica e conflitos entre as nações (JORGENSEN et al., 2009). A bacia do Rio Paraíba do Sul, região de grandes conflitos de interesses, afetada pela crise hídrica do Sudeste de 2014 e 2015, teve um impacto no sistema de abastecimento de uma região populosa e de maior demanda hídrica do Brasil (COSTA et al., 2015). As tensões, tanto sociais quanto ambientais, intensificaram-se à medida que os estoques nos reservatórios diminuíram devido à baixa precipitação e vazões abaixo da média histórica, atingindo seu ponto crítico em 2015, com apenas 0,33% de seu volume útil disponível (ANA, 2017). Essas condições geraram uma preocupação crescente em relação ao panorama atual dos recursos hídricos, especialmente considerando que a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019) prevê um aumento de 24% no padrão de consumo de água no Brasil até 2030.

Nas últimas décadas, os eventos pluviométricos extremos têm se tornado cada vez mais frequentes devido às alterações climáticas e aos processos de urbanização e uso do solo (SILVA, CRUZ E AMARAL, 2016). Essas mudanças no ciclo hidrológico resultam de uma combinação de fatores, destacando-se os processos turbulentos de urbanização, especialmente nas principais cidades do Brasil. A urbanização tem consequências prejudiciais para a população, como o aumento do escoamento superficial e a expansão de áreas impermeáveis (VASCONCELOS, MIGUEZ E VAZQUEZ, 2016). Uma das alternativas para mitigar os impactos hidrológicos, especialmente nas regiões metropolitanas, é a adoção de técnicas compensatórias de drenagem urbana, como sistemas de armazenamento e aproveitamento de águas pluviais.

Assegurar a disponibilidade de água em níveis de qualidade adequados para as gerações presentes e futuras é um objetivo da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecida pela Lei 9.433/1997 (BRASIL, 1997). A Lei das Águas estabeleceu a necessidade de proteger os recursos hídricos do Brasil para garantir o desenvolvimento sustentável e a manutenção de um ambiente e sociedade equilibrados (MOTA, OLIVEIRA E MEDINA, 2020). A Lei 13.501/2017, incluiu na Lei das Águas, o incentivo à utilização de sistemas de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais como medidas para o uso de água da chuva em atividades não potáveis, como irrigação de jardins, limpeza de pisos, atividades agrícolas e industriais (BRASIL, 2017).

Em consonância com essa iniciativa, o governo federal sancionou a Lei 14.546 de 2023, estimula o uso das águas de chuva em novas edificações (BRASIL, 2023). Os sistemas de aproveitamento de água de chuva possuem aspectos sociais, ambientais e econômicos positivos (BENETTI, 2019), e podem ser uma ferramenta de conscientização pelo uso racional da água (SILVA e SANTANA, 2020).

Sistemas de armazenamento e aproveitamento de água de chuva também podem contribuir na redução de volumes escoados. A captação e a retenção de parte do volume efetivo da água da chuva podem auxiliar na redução do pico da vazão escoada, como observado em estudo de Teston et al. (2018), a partir da avaliação de cenários em um condomínio de casas na cidade de Curitiba-PR. No entanto, deve-se considerar fatores, como: área de contribuição do telhado, tipo de material, capacidade de armazenamento do reservatório ou cisterna, características da precipitação e condições de uso e ocupação do solo.

A NBR 15.527/2019 estabelece as condições mínimas de uso da água da chuva, quanto aos parâmetros físico-químicos de qualidade da água para fins não potáveis. A qualidade do volume armazenado

depende de fatores, como: tipo de materiais e telhados usados para a captação e armazenamento, características físicas e dinâmicas da área de estudo e também da concentração de poluentes carregados durante eventos de precipitação ou do escoamento superficial no telhado (ABNT, 2019a).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água de chuva armazenada em dois sistemas de águas pluviais, situados na região norte da cidade do Rio de Janeiro em função do tipo de material do revestimento do telhado.

2. Fundamentação Teórica

2.1. O uso da água

A água é, legalmente, um recurso natural limitado dotado de valor econômico e bem de domínio público, mas, também é, um recurso essencial para a sobrevivência do ser humano, no sentido de facilitar suas atividades em condições adequadas nos aspectos sanitário, social e cultural na humanidade (BRASIL, 1997; UNESCO, 2021a).

A atribuição de valor às águas e seus benefícios é altamente subjetivo quando observado no âmbito cultural. A cultura de uma sociedade, grupo ou indivíduo influencia como a água é percebida e utilizada e, neste contexto, o bem ganha outras percepções: um papel na saúde mental, bem-estar espiritual, equilíbrio emocional e felicidade. A água com valor estético nas paisagens contribui para a saúde mental. Muitas culturas, como a indígena, possuem um grande laço entre a água e seu território, sendo não só um bem material, mas de simbologia, relacionando-a à vida, quando água doce, ou morte, representado pela água do mar (DIEGUES, 2007).

Uma má valoração do recurso nesses âmbitos provoca o seu ineficiente uso, com altas descargas de poluentes e a degradação de sistemas marinhos e de água doce, com altos níveis de estresse hídrico. Este fenômeno descreve um cenário no qual, em uma determinada região, a demanda por água é maior do que a sua disponibilidade e capacidade de renovação. De acordo com a UNESCO (2021b), cerca de 2 bilhões de pessoas já vivem em áreas sujeitas a estresse hídrico e até 2030, cerca de 40% da população mundial sofrerá de um déficit no acesso à água.

2.2. Disponibilidade da água

Apesar de grande abundância em água, a sua parte disponível para o consumo humano apresenta uma distribuição não uniforme. De acordo com a ANA (2009), os continentes Ásia e as Américas detêm, cerca de 31,8% e 39,6% da parcela mundial da água doce, respectivamente. O Brasil possui cerca de 12% deste total. Além da irregularidade na disponibilidade de água em diferentes regiões do mundo, um outro fator que contribui para o estresse hídrico é sua relação a densidade populacional. A América Latina possui cerca de 12 (doze) vezes mais água por habitante, se comparada à Ásia. Em termos nacionais, o Brasil possui mais águas disponíveis do que necessita para o consumo, enquanto países do Oriente Médio (Ásia) apresentam condições inferiores (DE MELO, 2010).

De acordo com a *International Water Management Institute* (IWMI, 2014), quase 20% da população mundial, ou 1,2 bilhões de pessoas, vivem em áreas de escassez física de água, onde as captações de água para agricultura, indústria e outros propósitos ultrapassam 75% dos caudais dos rios. Além disso, cerca de 1,6 bilhões vivem em áreas com escassez econômica de água, onde a água está disponível, mas a capacidade humana ou os recursos financeiros limitam o acesso. Desse modo, é possível avaliar que mesmo um local com grandes reservas hídricas não é suficiente para a garantia de abastecimento de água da população (DE MELO, 2010).

Neste contexto as condições de desenvolvimento econômico da região são fundamentais para a garantia

da segurança hídrica. A escassez de água é agravada pela desigualdade social, assim como pela falta de manejo e uso sustentável dos recursos hídricos. A crise mundial dos recursos hídricos está diretamente relacionada com as desigualdades sociais, evidenciada pelos registros entre países desenvolvidos e os em desenvolvimento (CETESB, 2022).

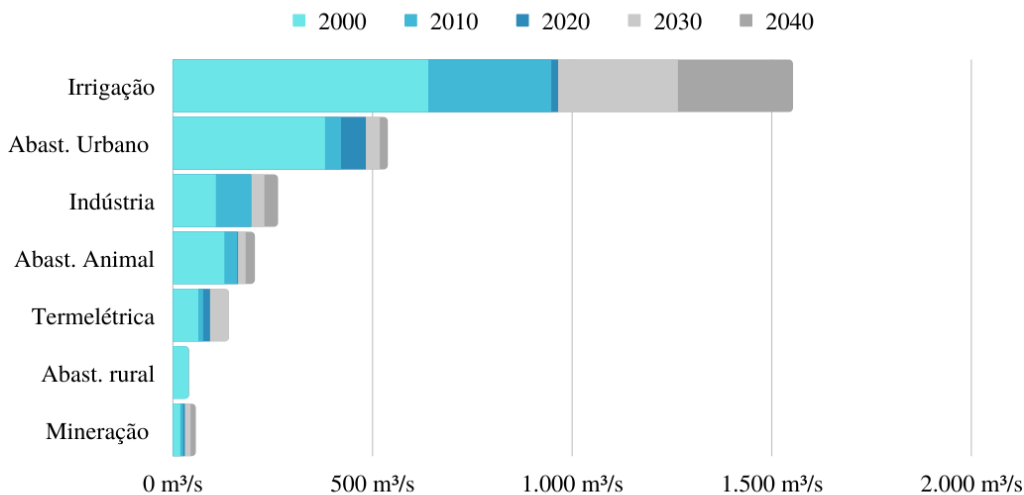
Como evidenciado com a pandemia do COVID-19, as populações mais vulneráveis que vivem em assentamentos informais e favelas urbanas foram duramente atingidas. Durante a pandemia, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu que uma das principais medidas de proteção, além do isolamento social, era a higienização das mãos com água e sabão. Desta forma, o acesso inadequado à água e ao saneamento, aumentaram os riscos para essas pessoas. No mundo, mais de 3 bilhões de pessoas não têm acesso às instalações sanitárias, relacionadas à higiene e segurança alimentar. Só no Brasil, são mais de 33 milhões sem acesso à água (TRATA BRASIL, 2018).

2.3. Distribuição do consumo da água no Brasil

O consumo de água no Brasil é liderado pela irrigação, abastecimento público, abastecimento de animais, indústria, geração termelétrica e a mineração (ANA, 2021). No ano de 2020, esses setores consumiram 61,46 trilhões de litros/ano de água. Metade deste consumo pela irrigação, seguido de 25% para o abastecimento urbano, 8% destinado ao consumo animal e 9% das indústrias.

A demanda por recursos hídricos no Brasil tem aumentado ao longo dos anos, especialmente para os 3 (três) principais setores: irrigação, urbano e industrial. O setor da irrigação possui um grande potencial de expansão apresentando, nos últimos 20 anos, um aumento em seu consumo em cerca de 50%, passando de 640 para 965 m³/s (Figura 1). Há previsões para o ano de 2040 um aumento de 42% nessas retiradas de água, correspondendo a mais de 26 trilhões de litros ao ano dos reservatórios brasileiros.

Figura 1: Evolução dos usos consultivos setoriais: anos 2000 - 2040 no Brasil



Fonte: Adaptado de ANA, 2021.

Em 2014, a bacia do Paraíba do Sul sofreu uma grande crise hídrica (COSTA et al. 2015). A bacia tem seu principal curso de 1.200 km percorrendo os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Estes estados são de grande relevância no cenário político, econômico e social brasileiro, concentrando um dos maiores pólos industriais e populacionais do país. A principal fonte de abastecimento hídrico na cidade do Rio de Janeiro é a bacia do Paraíba do Sul, com atendimento de mais de 14 milhões de pessoas (CAVALCANTI e MARQUES, 2016). Segundo os autores, a bacia do Paraíba do Sul é um dos pontos estratégicos da gestão de recursos hídricos brasileiros, pois seus múltiplos usos de geração



elétrica, consumo humano, indústrias, agricultura e outros, têm causado tensões e disputas, quando associados a períodos de escassez, degradação da bacia e irregularidades na distribuição.

O uso predominante na bacia é o de abastecimento urbano, o qual, no ano de 2020, representou um pouco mais de 50% do volume retirado na bacia. Em seguida, as indústrias e irrigação contribuíram com quase 20% e 15%, respectivamente (ANA, 2021).

2.4. Consumo de água em ambiente escolar

A análise dos usos finais da água em ambiente escolar se torna essencial, pois existe a tendência de haver um maior desperdício de água pelos usuários, e a não responsabilização do pagamento pelo serviço de abastecimento de água. Tomaz (2001 *apud* Marinowski, 2007) mostra que a média de consumo per capita em escolas e universidades varia entre 10 e 50 litros por dia para um aluno e, em média, 210 litros/dia por funcionário, com variações, a depender da tipologia da construção.

Em cenários universitários, o trabalho de Vaz (2019) compilou estudos realizados acerca da demanda de água não potável em edificações de ensino superior, com estruturas que possuem características diferentes como, a presença ou não de laboratórios, salas de aula, administração e serviços de limpeza, em geral. Segundo o autor, os menores percentuais encontrados para usos não potáveis foram em um centro de tecnologia do SENAI em Santa Catarina e, no centro de tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, representando 63,5% e 69%, respectivamente. Os maiores valores de consumo não potável foram na biblioteca universitária com 85% e no centro socioeconômico com 72% da UFSC.

O valor médio das pesquisas e estudos obtiveram um valor de 77% de consumo de água em usos que não necessitam de água potável, como as bacias sanitárias e mictórios. Karlinski (2015) mostra que os usos da água para fins não potáveis em instituições de ensino são: bacias sanitárias e/ou mictórios, limpeza da edificação e a rega de jardins. Serviços de limpeza e irrigação de jardins apresentam demanda de uso de água não potável de 5 litros/m² e 1,5 litros/m², respectivamente (FERREIRA, 2014).

2.5. Aproveitamento de águas pluviais

A adoção de sistemas de aproveitamento de águas pluviais não é considerada como uma técnica recente. Existem relatos sobre a prática há milhares de anos (LIEBMANN, 1979 *apud* ROCHA E DUARTE, 2017). Contudo, a partir da ameaça da crise hídrica e da busca de alternativas de forma a reduzir a dependência de mananciais superficiais e subterrâneos, o manejo e o aproveitamento de águas pluviais tem se tornado um tema importante (KARLINSKI, 2015).

A água pluvial pode ser utilizada em atividades que não exigem água potável, como irrigação de jardins, limpeza, lavagem de roupas, descarga de banheiros e resfriamento evaporativo, o que reduz o consumo de água da rede pública. Além de ser uma prática sustentável para o uso dos recursos hídricos, o aproveitamento da água pluvial evita o desperdício de água em usos que requerem alta qualidade, proporcionando também economia nas tarifas de abastecimento público de água.

Um outro fator benéfico da instalação de um sistema de águas pluviais é a capacidade de retenção do volume inicial das precipitações, o que gera um menor impacto na rede de drenagem e assim diminui os riscos de inundações e danos à saúde, comércio e residências, a partir do armazenamento temporário de determinados eventos pluviométricos (ROCHA e DUARTE, 2017; BENETTI, 2019).

Quando aplicada em um ambiente escolar, o uso da água da chuva possibilita processos de ensino e aprendizagem, a partir de uma reflexão sobre a influência de determinadas ações, quanto aos aspectos de sustentabilidade e conhecimento de hábitos e atitudes relacionadas aos serviços ambientais e sociais.

Instituições de ensino, em geral, atendem um elevado número de pessoas, logo, apresenta condições de divulgação de projetos de técnicas sustentáveis, de modo a incentivar estudos e processos de ensino e aprendizagem no ambiente acadêmico e institucional. Além disso, no geral, edificações de ensino possuem elevado potencial de implementação de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais por apresentarem grandes áreas de telhados e outras coberturas disponíveis à captação da água da chuva (MARINOSKI, 2007).

Para a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, é necessário realizar um estudo de viabilidade técnica, social e econômica. Desse modo, devem ser obtidos e analisados aspectos, como: dados de precipitação pluviométrica do local, demanda de água não potável no local de implementação, dados da área de captação de chuva, avaliação do sistema hidráulico predial existente, avaliação da qualidade da água de chuva, dimensionamento do sistema e a viabilidade econômica. Estes sistemas podem não só ser empregados em residências, mas também em hospitais, presídios, aeroportos, universidades e outros (ROCHA e DUARTE, 2017).

2.5.1 Elementos de um sistema de captação de águas pluviais

Os elementos de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva podem sofrer variações de acordo com o seu objetivo e projeto. Entretanto, existem elementos primários constituintes de qualquer sistema, como: captação (área do telhado, cobertura, terraço ou outro), transporte da água da chuva (condutores verticais e horizontais), armazenamento, tratamento e distribuição (FRANÇA, 2011).

2.5.1.1. Captação da água de chuva em telhados e coberturas

O telhado é uma das formas mais usuais de realizar a captação da água de chuva, principalmente em sistemas residenciais. O tamanho da área de captação, ou seja, da área útil do telhado onde a água de chuva irá percorrer até os dispositivos de transporte, está diretamente relacionado com o potencial de aproveitamento da água.

A NBR 10.884/1989 aborda os procedimentos das instalações prediais de águas pluviais como a declividade e divisão de áreas de escoamento. Todavia, não faz menção ao material de captação das águas pluviais. A diferenciação do material do telhado de captação influenciará na qualidade e quantidade da água captada, bem como na avaliação de perdas por evaporação e absorção pela superfície (KARLINSKI, 2015).

Bona (2014) apresenta que o escoamento da água em telhados lisos e metálicos é mais fácil, pois tendem a ser mais impermeáveis do que, por exemplo, os telhados cerâmicos. Em relação à qualidade, a autora relata que as telhas metálicas podem eliminar metais na água por arraste superficial e os telhados de coloração verde podem deixar a água da chuva turva, quando armazenada em reservatórios. Silva (2019) mostra que os metais mais encontrados em águas pluviais (cálcio, potássio e sódio) variam de acordo com a sazonalidade. De acordo com França (2011), as telhas galvanizadas pintadas ou esmaltadas com tintas não tóxicas, superfície de concreto, cerâmicas, policarbonato e fibra de vidro são os materiais mais comuns para telhados.

Em relação à qualidade microbiológica, os telhados metálicos são recomendados para a captação da água de chuva, visto que há uma tendência de concentrações menores de indicadores biológicos, devido ao seu aquecimento em dias ensolarados que inativam os patógenos e os íons metálicos liberados pelo telhado que inibem o crescimento desses microrganismos (MENDEZ et al., 2010).

2.5.1.2. Calhas e condutores de instalações hidráulicas prediais de águas pluviais

Após a água escoar pelo telhado, o volume efetivo precipitado segue para as calhas e os condutores verticais e horizontais. O dimensionamento dos dispositivos condutores é realizado conforme a NBR 10.844/1989, baseado nos fatores de área de superfície de coleta da água da chuva e intensidade pluviométrica da região. Os materiais utilizados para os elementos de calhas, a fim de se evitar a contaminação por partículas tóxicas na água, devem ser, preferencialmente, compostos de materiais inertes, como PVC ou outros plásticos. Já os materiais para os podem ser utilizados materiais como: ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, e outros.

2.5.1.3. Armazenamento da água de chuva

Depois da água de chuva ser conduzida pelos condutores e, em determinados projetos, por dispositivos de tratamento, o volume precipitado chega ao reservatório, o qual deve estar localizado em um ponto estratégico do sistema para que propicie uma maior eficiência do uso da água, e assim, recomenda-se a instalação próximo aos pontos de consumo. Em relação aos materiais utilizados para os reservatórios de armazenamento de água de chuva, os principais são: material plástico, fibra de vidro ou outro material inerte.

2.5.1.4. Tratamento de água pluviais

Os telhados de captação da água da chuva podem acumular poeira e fuligem, que por sua vez podem contaminar as águas. Também deve ser considerada a limpeza da área de coleta e a qualidade do ar na região onde está localizado o sistema. Desta forma, para a água de chuva ser utilizada, deve-se ter um controle sobre a sua qualidade e o sistema instalado deve conter dispositivos de tratamento, em nível maior ou menor, dependendo do seu uso pretendido (Tabela 1).

Tabela 1: Diferentes níveis de qualidade da água exigidos conforme uso

Usos da água da chuva	Tratamento da água
Rega de plantas	Não é necessário
Irrigadores, combate ao fogo	É necessário para manter os equipamentos em boas condições
Fonte, banheiro, lavagem de roupas e carros	É necessário pois a água entra em contato com o corpo humano

Fonte: Adaptado de Group Raindrops, 2002.

Durante o escoamento da água da chuva sob a superfície do telhado e calha, o volume precipitado pode carrear materiais como: folhas, gravetos, sementes, sólidos que sedimentaram na superfície do telhado e até dejetos de animais. Este fenômeno de acúmulo de sujeira na superfície é propiciado, sobretudo, durante períodos prolongados de estiagem.

Um dos primeiros dispositivos contra o carregamento de folhas e galhos para o sistema de água de chuva é o uso de redes e telas entre o condutor vertical e o reservatório. Este dispositivo permite a remoção de folhas com uma maior facilidade quando se utilizam telas nas calhas dos telhados.

Uma outra forma de amenizar a contaminação da água da chuva, é a utilização do dispositivo *first flush*, responsável pelo descarte ou bloqueio dos primeiros volumes ou minutos de água de um evento pluviométrico (GOLDENFUM, 2006), devido conter impurezas presentes na atmosfera e no telhado de captação via deposição úmida ou seca. Estudos como Souza (2019) e Jacob *et al.* (2019) mostram que a qualidade da água da chuva melhora significativamente de montante para jusante, na medida em que são instalados sistemas de retenção de sedimentos e descarte dos volumes iniciais precipitados, sobretudo na correção da carga de sólidos totais dissolvidos e na neutralização química da chuva.

Segundo Tomaz (2009), o volume de precipitação a ser captado pelo sistema *first flush* depende do nível de contaminação do local. A NBR 15.527/2019 recomenda o valor de 2 mm de separação ou bloqueio da chuva inicial. Quando um local apresentar frequência de chuvas de maneira que mantenha a superfície do telhado limpa, pode-se considerar o local como de contaminação baixa e adotar o valor de 0,5 mm de descarte inicial. Todavia, se for um local de deposição elevada de detritos orgânicos de animais, poluição atmosférica ou que apresenta árvores ao seu entorno, deve ser observado o valor de até 8 mm.

2.5.2 Aspectos legais de um sistema de águas pluviais

Drummond *et al.* (2021) realizaram uma pesquisa sobre normas e aspectos legais, de forma técnica, orientativa e obrigatória, relacionadas a estudos e projetos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Foram selecionadas 6 (seis) normas técnicas no país. A principal norma da ABNT sobre água de chuva é a NBR 15.527/2019, que dispõe sobre o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Também são contempladas as normas: (i) NBR 5.626/2020 de Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção; (ii) NBR 16.782/2019 - Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes; (iii) NBR 16.783/2019 - Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações; (iv) NBR 16.098/2012 - Requisitos mínimos de ensaios em aparelhos para melhoria da qualidade de água potável e (v) NBR 10.884/1989 que aborda os procedimentos das instalações prediais de águas pluviais.

2.5.2.1. Norma Técnica Brasileira ABNT NBR 15.527/2019

A NBR 15.527 (ABNT, 2019a) dispõe sobre os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, destinado aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

No que se refere a qualidade das águas pluviais, são estabelecidos parâmetros de qualidade, que devem ser monitorados periodicamente com uma frequência mínima semestral. A Tabela 2 demonstra os 4 (quatro) parâmetros principais utilizados para fins não potáveis, como: *Escherichia coli*, pH, Turbidez e Cloro Residual.

Tabela 2: Parâmetros de qualidade das águas pluviais NBR 15.527/2019 para fins não potáveis

Parâmetro	Padrão
<i>Escherichia coli</i>	< 200 em 100 ml
pH	6 a 9
Turbidez	5 uT
Cloro Residual	0,5 a 2 mg/L

Fonte: ABNT, 2019.

Desta forma, a contagem de coliformes deve ser menor que 200 organismos a cada 100 mL de amostra, sendo o resultado como ausente ou presente. O pH deve estar na faixa entre 6 e 9, caracterizado como alcalino. A turbidez deve apresentar um valor abaixo de 5 unidades de turbidez (uT). Caso seja utilizado o cloro como desinfetante, o teor de cloro residual deve estar entre 0,5 e 2,0 mg/L, com um valor máximo de 5 mg/L.

2.5.2.2. Norma Técnica Brasileira ABNT NBR 16.783/2019

Com a demanda de suprir as necessidades de diversificação da matriz de abastecimento urbano de água e de modo a estimular boas práticas e reduzir os riscos potenciais, foi criada a NBR 16.783 (ABNT, 2019b) que trata de instruções para caracterização, dimensionamento, uso, operação e manutenção de sistemas de fontes alternativas de água não potável em edificações.

A NBR 16.783/2019 estabelece 7 (sete) parâmetros físicos, químicos e biológicos a serem contemplados no monitoramento da água para os usos não potáveis, excluindo-se a água para resfriamento. São eles: pH, *Escherichia coli*, turbidez, cloro residual livre, DBO₅, condutividade elétrica e carbono orgânico total (COT). Os valores para os 4 (quatro) primeiros parâmetros correspondem aos da NBR 15.527 (ABNT, 2019a). Na Tabela 3 se encontram os padrões para os demais parâmetros.

Tabela 3: Parâmetros para água não potável da NBR 16.783/2019

Parâmetro	Padrão
DBO ₅	< 20 mg O ₂ /L
Condutividade elétrica	< 3.200 µS/cm
COT	< 4 mg/L

Fonte: ABNT, 2019b.

3. Metodologia

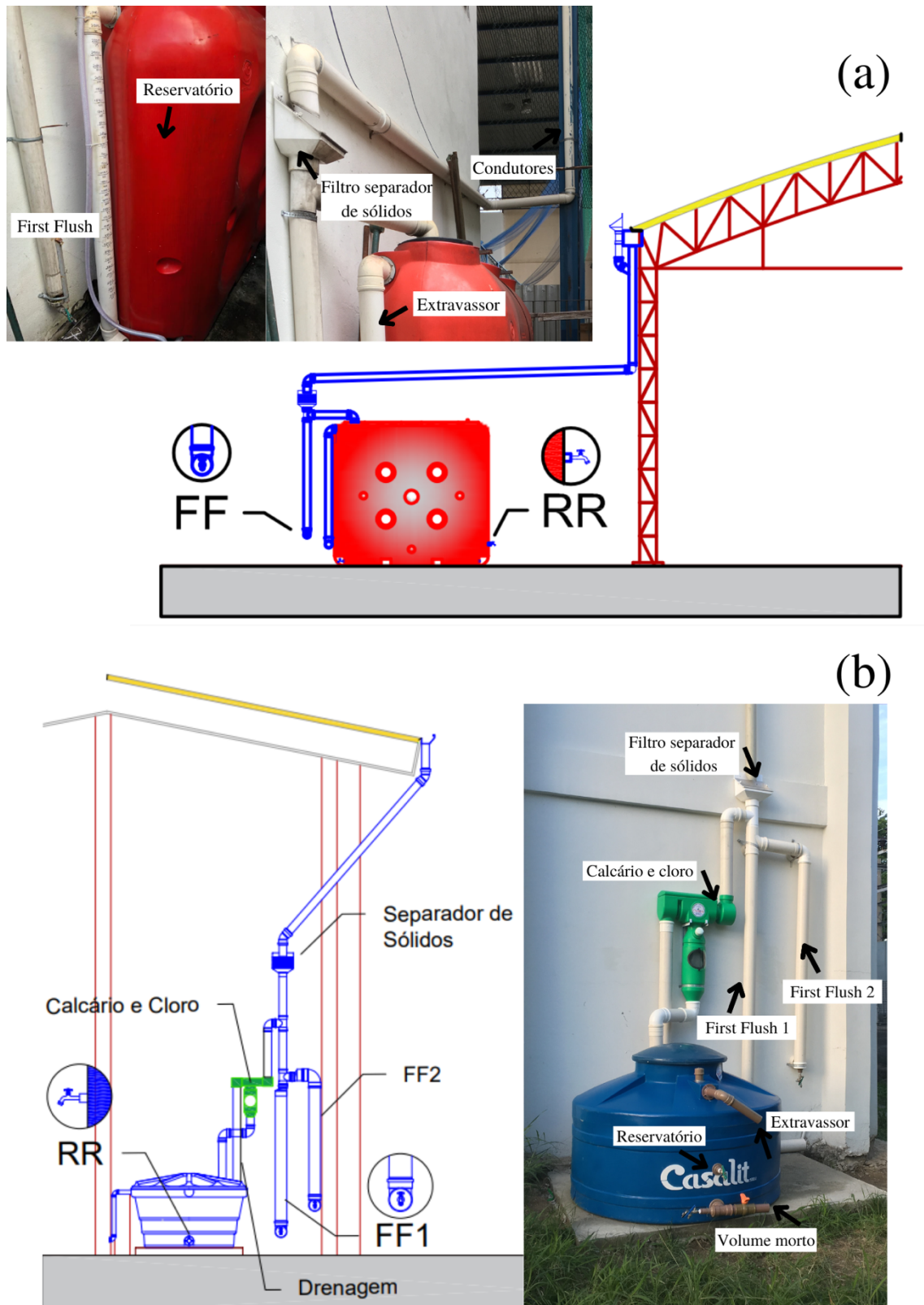
3.1. Caracterização do sistema de águas pluviais e área de estudo

A análise da qualidade da água da chuva foi realizada a partir da coleta de volumes armazenados em dois sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais (CAP), intitulados CAP1 e CAP2, localizados na região centro-norte da cidade do Rio de Janeiro. Com um padrão de ocupação de áreas densamente urbanizadas, de comércio e residências, a região apresenta um tráfego intenso de veículos e tem proximidade com o maciço da Floresta da Tijuca (Figura 2). A localização dos sistemas monitorados de águas pluviais ocorre em função da morfologia da área urbana densamente ocupada, da tipologia da superfície do telhado de captação e da capacidade de armazenamento de coletores de água de chuva. A estação pluviométrica da Tijuca foi utilizada na obtenção de dados para a realização deste estudo e está localizada no bairro da Tijuca, distante 1,60 km do CAP1 e 2,65 km do CAP2.

Figura 2: Localização dos sistemas de águas pluviais CAP1 e CAP2, na cidade do Rio de Janeiro



Figura 3: Componentes dos sistemas de águas pluviais CAP1 (a) e CAP2 (b)



O sistema de captação e armazenamento de águas pluviais CAP1 (Figura 3a) está localizado no bairro

Rio Comprido, na região central da cidade, nas dependências do antigo Colégio de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (CAp-UERJ), próximo ao elevado Engenheiro Freyssinet, situado em uma área com intensa liberação de poluentes atmosféricos oriundos mais de 20.000 veículos, em média, por dia útil no local (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2017). Com uma área parcial de 80 m² da cobertura da quadra poliesportiva, o CAP1 é composto por: telhas de aço galvanizado, calha de chapa metálica galvanizada, condutores verticais e horizontais de PVC, sistema separador de fluxo inicial ou *first flush* de 0,2 mm, sifão extravasor, medidor de nível, pontos de coleta e reservatório de 2.460 litros.

O sistema de captação e armazenamento de águas pluviais CAP2 (Figura 3b) localiza-se no bairro Maracanã, no campus da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, região centro norte da cidade do Rio de Janeiro, totalmente urbanizada, com intenso fluxo de veículos na rua São Francisco Xavier e na Avenida Radial Oeste, como via de conexão entre a zona norte e o centro da cidade (BALTAR, 2014). Composto por um telhado de fibrocimento com área de captação de 30 m², o CAP2 possui condutores verticais e calhas em PVC, sistema separador de sólidos, *first flush* primário e secundário, sistema de tratamento preliminar, equipamento Chovechuva (calcário e cloro), reservatório com capacidade de armazenamento de 1.000 litros, extravasor, sifão, medidor de nível e pontos de coleta. O equipamento Chovechuva (Figura 3b), possui uma caixa separadora de folhas, pedra calcária e dispositivo clorador com pastilhas de cloro.

A Tabela 4 expõe as principais características dos sistemas de águas pluviais CAP1 e CAP2 de modo a permitir uma avaliação da remoção de poluentes pelo dispositivo *first flush* e em função da tipologia da superfície do telhado. As amostras de água de águas pluviais, em avaliação neste estudo, foram obtidas dos pontos *first flush* e reservatório, sendo no sistema CAP2 avaliadas as águas do *first flush* primário, que tem a capacidade 0,5 mm de chuva. Tomaz (2009) aponta que 0,5 mm de separação da chuva inicial seriam os mínimos adotados em um sistema de águas pluviais (SAP). Apesar disso, o sistema CAP1 foi projetado, em razão do espaço disponível, para descartar 0,2 mm iniciais da precipitação efetiva.

Tabela 4: Características dos sistemas de águas pluviais CAP1 e CAP2, na cidade X

CAP	Local	Bairro	Telhado	Área telhado	Volume <i>first-flush</i>	Volume Reservatório
1	CAP ^a	Rio Comprido	Metálico	80 m ²	0,2 mm	2.460 L
2	UERJ	Maracanã	Fibrocimento	30 m ²	0,5 mm ^b	1.000 L

^a Colégio de Aplicação; ^b Volume *first flush* primário.

3.2. Procedimento Amostral

3.2.1. Amostras dos sistemas de captação

Foram coletados e analisados os pontos do *first flush* (FF) e reservatório (RR), em média, de 9 amostras por ano de volumes efetivos precipitados entre janeiro de 2017 e dezembro de 2019 em cada sistema de captação e armazenamento de águas pluviais, como observado na Tabela 5. Em determinados meses, como no CAP1 em fevereiro, setembro e dezembro de 2017, agosto de 2019 e demais, não foi possível coletar ou analisar as amostras, devido à insuficiência de volume de armazenamento nos pontos de coleta para a realização das análises.

Tabela 5: Controle de amostras analisadas nos sistemas

Ano	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
CAP1												
2017	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-
2018	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2019	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	-
CAP2												
2017	x	x	-	x	x	x	x	-	-	x	x	x
2018	x	-	-	x	x	x	-	x	x	-	x	x
2019	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x

Legenda: X Amostra analisada; - Sem volume para análise em um dos pontos.

A qualidade de amostras teve como análise dos parâmetros: Cloro residual, Condutividade elétrica, Carbono orgânico dissolvido (COD), *Escherichia coli*, pH e Turbidez. Os parâmetros foram analisados no Laboratório de Engenharia Sanitária (LES-UERJ), da Faculdade de Engenharia (FEN), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, de acordo com os métodos descritos na Tabela 6.

A NBR 16.783/2019 apresenta como parâmetro o Carbono Orgânico Total (COT), entretanto antes da análise das amostras foi realizada uma filtração para este parâmetro, por ordem do laboratório, sendo assim os resultados serão referentes ao Carbono Orgânico Dissolvido (COD).

O parâmetro de *Escherichia coli* foi observado pelas análises de Coliformes totais e termotolerantes. Os coliformes totais (CT) podem ser entendidos como um indicador ambiental, pois sua presença nas águas não necessariamente indica uma contaminação por bactérias intestinais. Já os coliformes termotolerantes, são indicadores de organismos predominantemente de origem intestinal humana e de animais, mas também pode indicar bactérias de vida livre que apenas resistiram às elevadas temperaturas das análises laboratoriais (VON SPERLING, 2014). Os parâmetros Coliformes totais e termotolerantes foram obtidos dos pontos FF e RR do sistema CAP1 em 2018, e analisados pelo Laboratório OCEANUS – HIDROQUÍMICA, localizado no bairro do Rio Comprido-RJ.

Tabela 6: Metodologias utilizadas para as análises de qualidade das águas pluviais

Parâmetro	Método ¹
Cloro Residual	Método 4500-Cl B. Iodometric Method I
Condutividade elétrica	Método 2510 B Laboratory Method
COD	Método 5310 B. High-Temperature Combustion Method
Coliformes totais	NMP - Número Mais Provável ²
Coliformes Termotolerantes	9223 A e B - Tubos Múltiplos Normal ²
pH	Método 4500 H+ B Electrometric Method
Turbidez	Método 2130 B Nephelometric Method

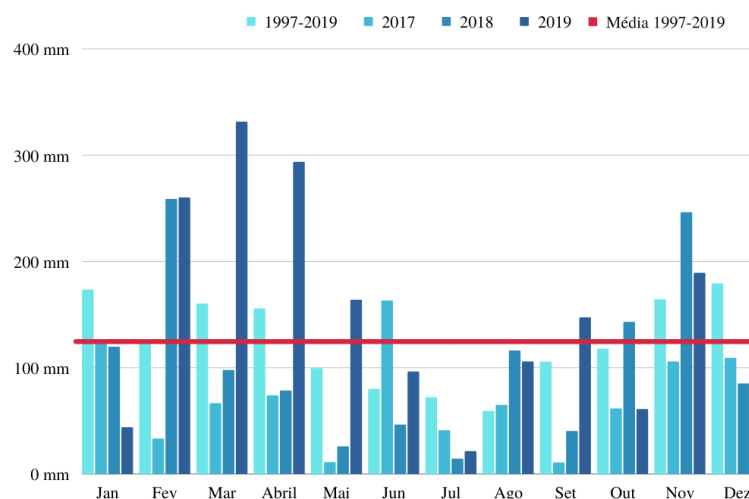
¹ Descritos por AWWA ²SMEWW.

3.2.2. Caracterização pluviométrica da região

Para realizar uma caracterização pluviométrica da região dos sistemas, foi utilizado o histórico da estação pluviométrica da Tijuca, situada no Centro de Estudos do Sumaré, nas dependências do Palácio Apostólico, do Sistema Alerta Rio (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2020).

Na Figura 4 estão representadas as médias da precipitação acumulada mensal do histórico entre 1997 e 2019 e separadamente dos respectivos anos analisados no trabalho. Com um total anual de cerca de 863 mm, o ano de 2017 foi o ano com menor volume precipitado no período, correspondendo a 69% da média do histórico, de modo que representa o menor volume coletado de amostras. A média mensal em 2017 foi de 72 mm, a menor média do período estudado. Em 2018, houve um aumento do volume de chuvas, com 1.271 mm, e um aumento de 47% no volume médio de chuva mensal em relação a 2017. O ano de 2019 também teve um aumento no volume de chuvas anual e mensal, em relação a 2018, com valores respectivos de 1.804 mm e 150 mm.

Figura 4: Média mensal histórica de chuva e acumulado mensal do histórico do bairro da X



Fonte: Adaptado de ALVES *et al.*, 2021.

3.3. Análise de resultados

A análise estatística descritiva foi elaborada pelo programa Excel®, e do comando *boxplot* da linguagem do Programa R Studio®, versão 3.4.4. A análise descritiva pelo Excel também considerou os dados de dias secos consecutivos sem chuva e a precipitação (mm) das chuvas que geraram as amostras além dos parâmetros físico-químicos.

A análise do *boxplot* permite visualizar a distribuição e valores discrepantes (*outliers*) dos dados, com informações de variabilidade da amostra de dados indicando os valores atípicos que podem influenciar cálculos, como da média aritmética da amostra. Segundo Tukey (1977), um *outlier* é um valor incomum que está longe de um valor central e que pode ser melhor observado em um gráfico *boxplot*, podendo indicar erros de medição ou de execução de uma análise. Além do *outlier*, outro ponto relevante para a interpretação do *boxplot* são os quartis. Os quartis representam os percentis 25, 50 e 75, o que quer dizer que, no quartil 25, um total de 25% das amostras são menores ou igual à ele. O quartil 50, ou seja, o segundo quartil representa a mediana dos dados. Durante a leitura do *boxplot*, é verificada a dispersão e simetria dos conjuntos de dados.

4. Resultados e discussão

O cloro residual não foi analisado como os demais parâmetros na análise estatística, devido ao número de análises realizadas ao longo do período de estudo, composta de apenas duas amostras em 2019, no sistema CAP2. Os resultados obtidos para o cloro residual nestas duas análises foram de 0 e 0,1 mg/L.

De Amorim (2001) relata que após a inserção do cloro no sistema de aproveitamento de águas pluviais, durante as análises de verificação dos parâmetros de qualidade, a sua presença pode indicar que a água

foi efetivamente desinfetada ou não houve introdução de matéria orgânica ou microrganismos que possam ter sido consumido. Em virtude disso, é indicada uma maior frequência na adição de pastilhas de cloro e monitoramento constante, a fim de se verificar o atendimento à NBR 15.527/2019, com teor de cloro residual de 0,2 a 5 mg/L obtido da coleta de amostra do sistema de armazenamento de água de chuva.

Tabela 7: Estatística descritiva das variáveis qualitativas de águas pluviais coletadas no sistema CAP1 (metálico)

Sistema CAP1 (telhado metálico)													
Ponto	FF ²						RR ³						
Variável/ Índice	Mín	Máx	Méd	σ	Lim.sup	Lim.inf	Mín	Máx	Méd	σ	Lim.sup	Lim.inf	
DSC	0,0	22,0	5,0	5,19			0,0	22,0	5,0	5,19			
Precipitação	1,0	40,4	9,95	10,89			1,0	40,4	9,95	10,89			
Condutividade	21,7	589,3	107,25	119,03	238,55	0	8,85	91,2	37,77	19,50	77,62	0,0	
COT	0,0	128,3	10,18	28,11	14,57	0	0,0	97,72	7,44	21,65	6,52	0,0	
E.Coli ¹	Coli.Totais	Aus	350,0	127,66	193,25		Aus	1600	250,87	551,30	514,62	0,0	
	Termo.	Aus	8,2	5,33	4,62		Aus	130,0	20,97	44,78	50,0	0,0	
pH	5,15	7,53	6,42	0,48	7,19	5,71	5,14	7,34	6,41	0,38	7,17	5,69	
Turbidez	0,00	140,0	30,95	37,55	122,15	0,0	0,0	2,7	0,62	0,64	1,46	0,0	

DSC: Dias secos consecutivos; Precipitação: altura precipitada (mm); Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$); COT (mg/L); Coli. Totais: Coliformes totais (NMP/100mL); Termo.: Coliformes termotolerantes (NMP/100mL); Turbidez (uT); Mín: Valor mínimo; Máx: Valor máximo; Méd: Média; σ : desvio padrão; Lim.Sup: Limite superior; Lim.Inf.: Limite inferior; Aus: Ausente. ¹ Análises realizadas: 3 (FF) e 8 (RR) ; ² Média análises: 31; ³Média análises: 30. Fonte: Autores, 2022.

Tabela 8: Estatística descritiva das variáveis qualitativas de águas pluviais coletadas no sistema CAP2 (fibrocimento)

Sistema CAP2 (telhado fibrocimento)													
Ponto	FF ¹						RR ²						
Variável/ Índice	Mín	Máx	Méd	σ	Lim.sup	Lim.inf	Mín	Máx	Méd	σ	Lim.sup	Lim.inf	
DSC	0,0	21,0	5,4	5,0			0,0	21,0	5,4	5,0			
Precipitação	1,6	40,4	10,15	10,10			1,6	40,4	10,15	10,10			
Condutividade	53,12	222,10	105,11	35,97	180,01	23,85	36,20	150,70	73,57	27,72	126,45	6,05	
COT	0,4	7,07	3,35	1,97	8,27	0,0	0,96	9,76	3,63	2,18	7,70	0,0	
pH	5,77	9,48	7,34	0,77	8,20	6,18	6,07	8,19	7,02	0,51	7,96	6,27	
Turbidez	0,0	101	16,27	26,92	42,12	0,0	0,0	3,70	0,84	0,90	1,97	0,0	

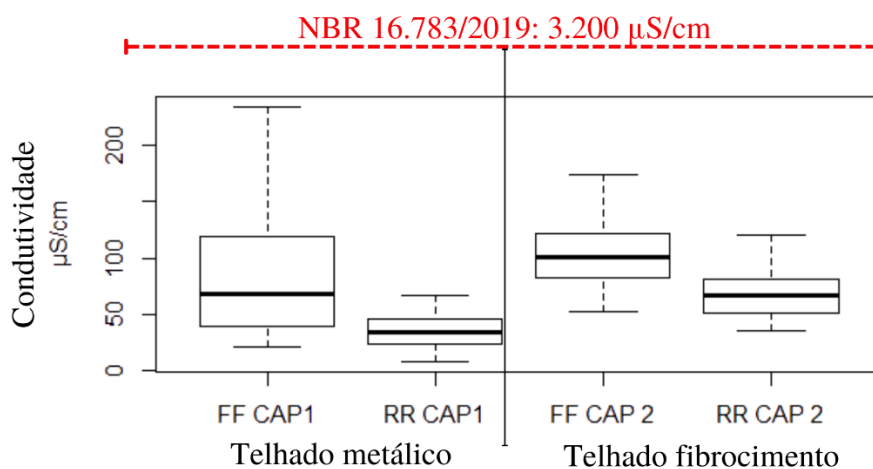
DSC: Dias secos consecutivos; Precipitação: altura precipitada (mm); Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$); COT (mg/L); Turbidez (uT); Mín: Valor mínimo; Máx: Valor máximo; Méd: Média; σ : desvio padrão; Lim.Sup: Limite superior; Lim.Inf.: Limite inferior; ¹ Média análises: 31; ²Média análises: 24. Fonte: Autores, 2022.

As Tabela 7 e 8 apresentam os resultados das estatísticas descritivas de análises de amostras de água de chuva obtidos dos pontos de *first-flush* (FF) e reservatório (RR) dos sistemas CAP1 e CAP2, respectivamente. Estas fornecem uma visão abrangente das características centrais e da dispersão dos dados de qualidade da água entre os sistemas, permitindo identificar diferenças significativas entre eles, além de calcular e visualizar os valores atípicos (*outliers*). Assim, como as Figuras de 5 a 9 apresentam os resultados da estatística descritiva, sem a presença dos valores *outliers*, de acordo com a representação do *boxplot* de cada um dos parâmetros físico-químicos e biológicos analisados.

A condutividade elétrica é a capacidade que a água tem de conduzir corrente elétrica, e que pode variar de acordo com as concentrações iônicas presentes, junto à sua temperatura. À medida em que há maior presença de sólidos dissolvidos, a condutividade também irá ser maior. Este parâmetro indica a quantidade de sais existentes na água e é utilizado como uma medida indireta de concentração de poluentes. As águas naturais apresentam valores de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se a água apresentar um valor superior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o ambiente pode ser considerado impactado pela poluição e é conferida a característica de corrosividade à água (JAQUES, 2005).

Os valores *outliers*, da condutividade, causaram discrepâncias em relação aos índices de máximo e desvio padrão, entre os sistemas no que se refere ao ponto do *first flush* (FF). O limite superior para o CAP1 apresentou um valor de 238,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e para o CAP2 foi de 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 5).

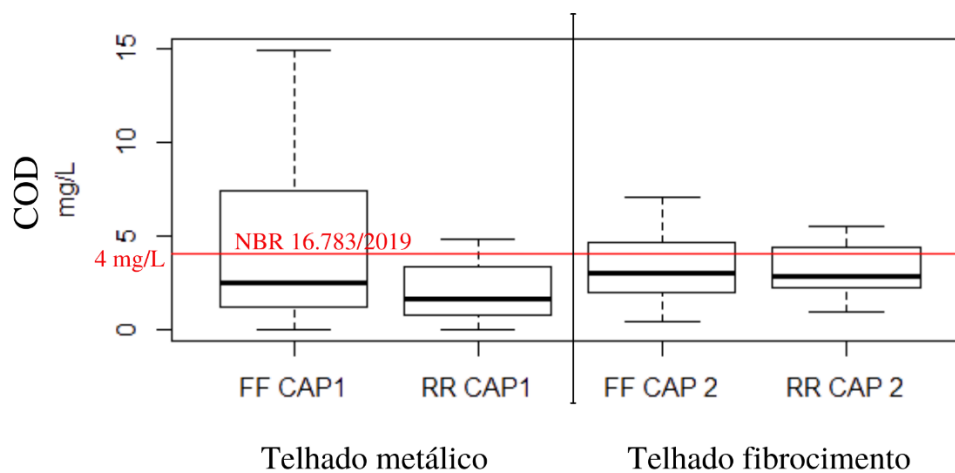
Figura 5: Condutividade elétrica em amostras de água de chuva nos pontos FF e RR obtidos de telhado metálico e de fibrocimento



Ainda assim, as médias para este parâmetro apresentaram valores similares e tendo em vista que os seus valores, assim como proposto por Jaques (2005), superiores à 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pode-se considerar a região de localização dos sistemas, como impactados pela poluição atmosférica. O ponto em exceção é o reservatório (RR) dos sistemas, que apresentaram médias de condutividade elétrica abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com um valor de 37,77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o CAP1 e 73,57 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o CAP2. Entretanto, o padrão do parâmetro de condutividade é definido pela NBR 16.783/2019 para os usos não potáveis como 3.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, assim os dois sistemas se mostraram em atendimento ao padrão em todos os pontos analisados. O trabalho de Silva (2018) também realizou um estudo da qualidade das águas pluviais em relação ao material do telhado dos sistemas de captação. Foram analisadas as águas dos reservatórios de dois sistemas: um com telhado metálico de zinco, e outro de fibrocimento. Os telhados metálicos apresentaram uma menor condutividade, entre 5 e 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em comparação ao de fibrocimento com resultados entre 25 e 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A análise do parâmetro do COD é uma indicação da presença de bactérias e algas, visto que o carbono é utilizado como fonte de energia desses elementos. Apesar dos valores mais altos no sistema CAP1 (telhado metálico), a sua média apresenta valores compatíveis com o de outros estudos, como o de Miorando (2017), que apresentou uma média de 9,54 mg/L. O sistema CAP2 (telhado fibrocimento) apresentou os menores resultados com 3,35 mg/L e 3,63 mg/L para o *first-flush* (FF) e reservatório (RR), respectivamente.

Figura 6: Carbono Orgânico Total (COD) em amostras de água de chuva nos pontos FF e RR obtidos de telhado metálico e de fibrocimento



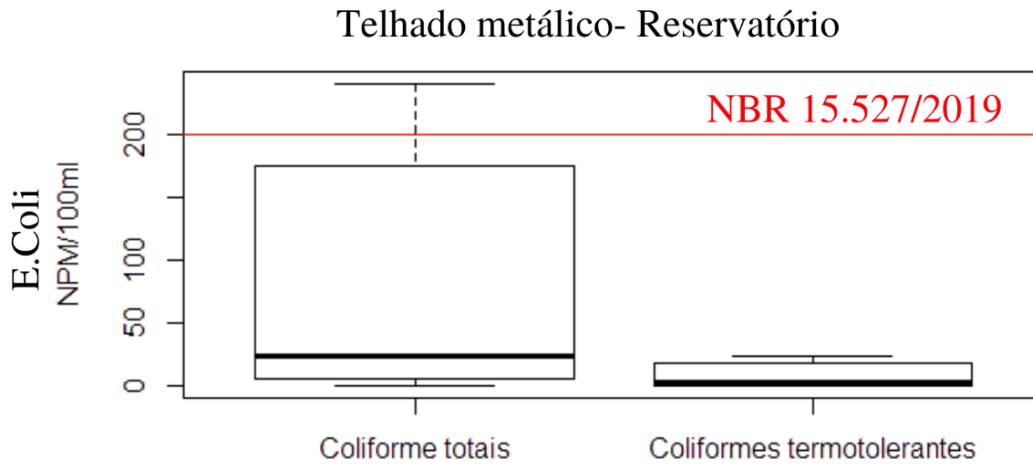
Segundo Ganem (2019), a análise do parâmetro ainda não é muito difundida nos estudos da qualidade de águas pluviais, todavia o COD se torna um indicador que avalia a capacidade que a água tem para consumir oxidantes químicos e, além disso, se a água de chuva passar por um processo de desinfecção, como a adição de cloro, é importante o seu monitoramento pois pode haver um potencial de formação de trihalometanos (MIORANDO, 2017).

Em relação a NBR 16.783/2019, o valor padronizado para o COT é de 4 mg/L para o uso não potável de águas. Todos os quartis 25 e 50 dos 2 (dois) pontos de captação (FF e RR) dos 2 (dois) sistemas (CAP1 e CAP2), se encontraram abaixo do estipulado como valor padrão e tampouco, do quartil 75 do reservatório CAP1. O comportamento das amostras analisadas no sistema CAP2 se manifestou de maneira similar nos pontos de captação FF e RR (Figura 6)

As análises de coliformes termotolerantes foram realizadas em 3 (três) amostras para o ponto FF, do sistema CAP1. Neste período de análise em apenas uma dessas análises os indicadores foram obtidos como ausente. Este fato pode estar relacionado com o carregamento de dejetos de pássaros ou pequenos mamíferos presentes no telhado durante um evento pluviométrico (COSTA *et al.*, 2020). Para o ponto do reservatório (RR), a contaminação por esses organismos é originada também pelos dejetos de animais e folhas que podem ter passado pelo sistema de filtração e de descarte inicial.

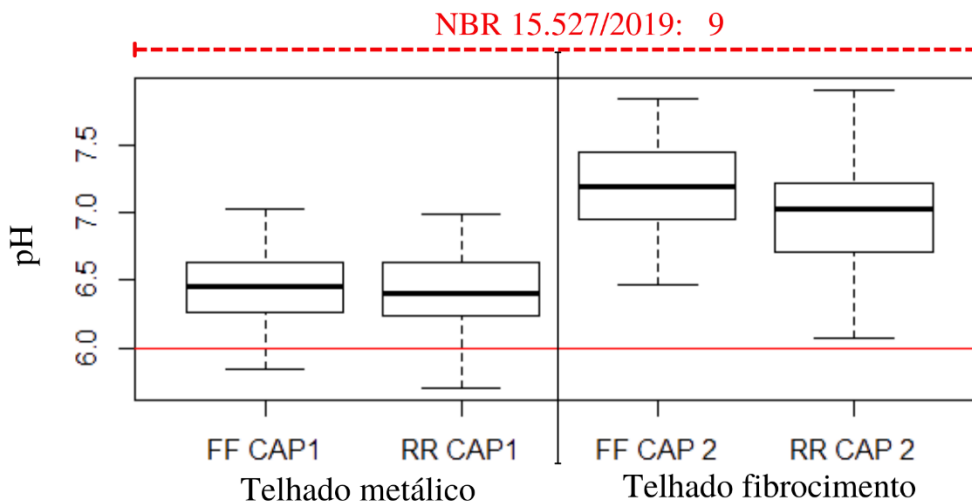
Os valores encontrados apresentaram menores resultados do que a literatura. Cipriano (2004) encontrou resultados médios de $1.569 \pm 1.340,74$ e $913,32 \pm 925,91$, para os coliformes totais e termotolerantes no ponto do *first flush* (FF). Em relação ao reservatório (RR) os valores tiveram uma diminuição de $1.251,34 \pm 601,15$ NMP/100mL de coliformes totais, para $326,10 \pm 535,45$ NMP/100mL de coliformes termotolerantes.

Os resultados dos indicadores utilizados para representar a E.Coli se mostraram adequados, quando em comparação ao padrão da NBR 15.527/2019, de 200 NPM/100 ml, representado pela linha em vermelho na Figura 7. Os coliformes totais são utilizados como indicadores ambientais, não sendo necessariamente um indicador de contaminação fecal. Na análise dos resultados obtidos, é possível observar que a mediana dos coliformes totais é superior aos dados dos coliformes termotolerantes, que são indicadores de organismos de origem intestinal animal ou de bactérias de vida livre. Assim, depreende-se deste fato que a maioria dos organismos encontrados dentro do reservatório não são de origem de dejetos animais.

Figura 7: Parâmetro E.Coli em amostras de água de chuva no ponto RR obtidos de telhado

Em relação ao pH, o sistema CAP1 (telhado metálico) não apresentou grandes variações em relação aos pontos de coleta, com valores de $6,42 \pm 0,48$ para o *first flush* (FF) e $6,41 \pm 0,38$ para o reservatório. Em relação aos dois sistemas, o CAP2 (telhado fibrocimento) apresentou um caráter levemente mais básico de pH, mas também sem grandes variações entre FF e RR.

Costa *et al.* (2020) argumentam que os sistemas de captação que utilizam o telhado de fibrocimento tendem a apresentar esses valores mais altos de pH devido a composição química do material composto por espécies de natureza alcalina, como: calcário, argila, Ca^{+2} , Mg^{+2} , OH^- , HCO_3^- e CO_3^{2-} . Este fato também foi demonstrado pelo estudo dos autores Lee *et al.* (2012), nos quais os resultados de pH nas telhas de fibrocimento se mostraram superiores à outros materiais, com média de pH igual à 7,2 encontrado nos dois pontos. Em Silva (2018), amostras de água de chuva obtidas de telhado de fibrocimento apresentaram valores mais básicos de pH.

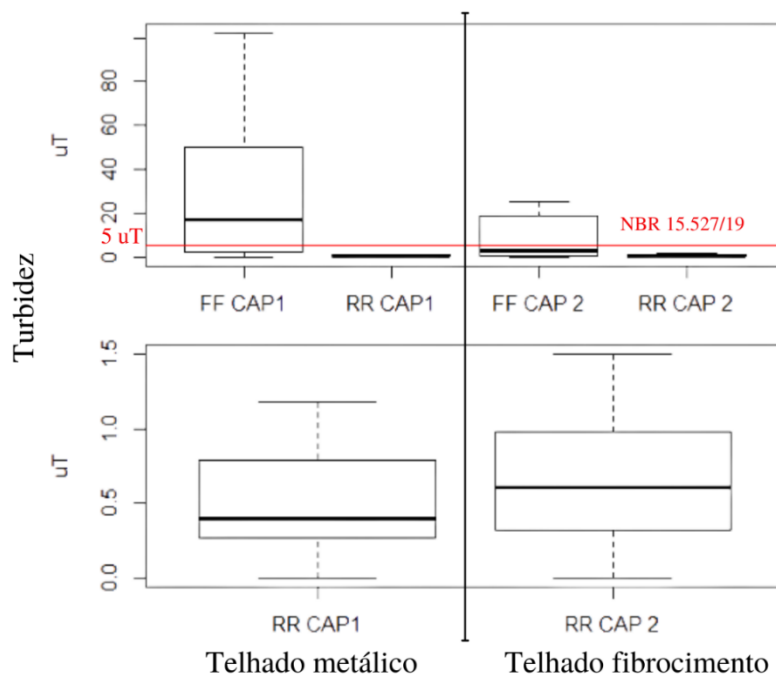
Figura 8: Resultados do parâmetro pH em amostras de água de chuva nos pontos FF e RR obtidos de telhado metálico e de fibrocimento

A NBR 15.527/2019 padroniza o valor padrão do pH entre 6 e 9. Como observado na Figura 8, o sistema CAP2 (telhado fibrocimento) se encontra totalmente dentro deste padrão, com um teor mais básico no ponto do *first flush* (FF), bem como em relação ao sistema CAP1 (telhado metálico).

Todos os quartis do sistema CAP1 se encontraram de acordo com a norma, porém os mínimos para os 2 (dois) pontos FF e RR excederam o limite mínimo de 6.

Segundo Jaques (2005) a presença dessas partículas suspensas que são a causa da turbidez pode ser perigosa, pois pode abrigar microrganismos patogênicos, além de diminuir a eficiência da cloração.

Figura 9: Resultados do parâmetro Turbidez em amostras de água de chuva nos pontos FF e RR obtidos de telhado metálico e de fibrocimento



A turbidez de amostras de água de chuva do reservatório (RR) apresentou valores semelhantes com média de $0,62 \pm 0,64$ uT para o CAP1 (telhado metálico) e $0,84 \pm 0,90$ uT para o CAP2 (telhado fibrocimento). Por outro lado, o sistema CAP1 apresentou maiores resultados no ponto do *first flush* (FF) com média de $30,95 \pm 37,55$ uT contra a média de $16,27 \pm 26,92$ uT do CAP2 (Figura 9). Os resultados mostram uma evidência do fenômeno do *first flush*, tendo em vista a diferença na distribuição de dados e os valores encontrados nos pontos FF e RR, em ambos os sistemas.

5. Conclusão

A qualidade das águas pluviais captadas de um sistema de armazenamento de água da chuva é caracterizada por uma variabilidade significativa, no tempo e no espaço, de modo que sua composição física, química e microbiológica depende de fatores, como: poluição atmosférica, tipo de captação e superfície de escoamento do sistema, uso do solo nas proximidades, microclima local (proximidade com o oceano ou as estações do ano) e sua conservação e manutenção.

O material do telhado da cobertura da edificação é um fator fundamental de análise, tendo em vista o sistema de água da chuva depender da área de captação e, portanto, podendo afetar e comprometer a qualidade da água da chuva armazenada no reservatório. Entretanto, para os materiais de superfície de telhado estudados, não houve alteração significativa entre eles, em relação ao seu potencial de uso não potável. O telhado metálico, em relação às primeiras águas de chuva coletadas no *first flush* (FF)



apresentou maiores valores dos parâmetros COD e turbidez. Esta situação pode ser justificada pela localização do sistema CAP1 (telhado metálico), situado em região de intenso tráfego de veículos no elevado Engenheiro Freyssinet que, com a queima de combustível fóssil pode contribuir para a alteração de parâmetros. Além disso, o acúmulo de poeira na área de captação do sistema, assim como folhas e resíduos de aves e outros animais, contribuem para um aumento da turbidez. O telhado de fibrocimento apresentou maiores resultados de condutividade e do pH, com um teor mais alcalino do que o telhado metálico. Este teor alcalino pode ser justificado pela presença de compostos químicos alcalinos na composição do telhado de fibrocimento.

A caracterização e avaliação dos parâmetros da qualidade de água de chuva nos sistemas CAP1 e CAP2 são de grande importância para garantir a saúde e a segurança dos usuários. De acordo com a NBR 15.527/2019, os sistemas CAP1 e CAP2 se mostraram aptos a serem utilizados como fonte de água não potável, a partir da utilização do ponto de armazenamento de água de chuva no reservatório (RR). Desta forma, em relação à seleção do tipo de telhado para o uso e aproveitamento de águas pluviais, ambos os materiais analisados (cerâmico e metálico) demonstraram ser igualmente adequados. No entanto, em áreas com chuvas ácidas frequentes, o telhado de fibrocimento pode ser uma opção mais apropriada, devido à evidência de alcalinização da água quando utilizado.

Para a NBR 16.783/2019, que trata sobre sistemas de fontes alternativas de água não potável em edificações, o parâmetro COT não se mostrou adequado em ambos os sistemas analisados. Desse modo, recomenda-se uma inspeção periódica com limpezas frequentes nos sistemas de armazenamento do FF e do RR, como sugerido pela NBR 15.527/2019.

Por se tratar de sistemas localizados em unidades de ensino, estes possibilitam a educação ambiental no aspecto de sustentabilidade, uso racional da água e conhecimento dos serviços ambientais. Incentivar o uso de águas pluviais neste ambiente é considerado fundamental, na medida em que escolas e universidades podem utilizar as águas de chuva coletadas, com adaptação hidrossanitária, referente aos usos nas descargas sanitárias, bem como para uso em regas de jardins e limpezas de espaços e pátios.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq), pela concessão de bolsa de Iniciação Científica e Tecnológica, à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Referências

ABNT (a). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT (b). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ALERTA RIO (2019). Sistema de Alerta de Chuvas Intensas e de Deslizamentos em Encostas da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/>

ALVES, L. D., DE SOUZA, C. M., DE ALMEIDA, J. C. A., BASTOS, G. P., DOMINGOS, R. R., da SILVA, G. N., BILA, D. M., & OHNUMA Jr, A. A. (2021). Avaliação da qualidade da água de chuva do fenômeno first flush e de volumes armazenados em reservatórios de sistemas de águas pluviais na cidade do Rio



de Janeiro-RJ. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, 9(2), 193–204. <https://doi.org/10.9771/gesta.v9i2.43151>.

ANA (Brasil). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Manual dos Usos Consultivos de Água do Brasil. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/porta/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf.

ANA (Brasil). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura Recursos Hídricos no Brasil - Capítulo 5: Crise da Água. Brasília - DF, [s.n.], 2017. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura_completo.caf2236b.pdf.

ANA (Brasil). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. No rumo da mudança - Fatos e Tendências: Água. 2ª edição. ed. Brasília, Setembro 2009. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf.

ANA (Brasil). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Usos da Água. In: ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil . 4º Ciclo. ed. Brasília, 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua>.

ANA (Brasil). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; FORATTINI, Gisela. Segurança Hídrica. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE SEGURANÇA HÍDRICA – CNSH, 2015, Uberlândia / MG. Apresentação [...]. Florianópolis: [s. n.], 2015. Disponível em: http://cbharaguari.org.br/uploads/1_o_comite/eventos/2015/conferencia_nacional_seguranca_hidrica/gisela.pdf.

Baltar, M. L. de B. Desenvolvimento de uma metodologia para detecção de incidentes em um túnel urbano congestionado. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p.83. 2014.

BENETTI, R. S. Avaliação do impacto socioeconômico da implantação de sistema modelo de reuso de águas pluviais em residências no município de Tapejaras-RS. Orientador: Michelle Trevisan. 2019. 66 p. Tese de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - IMED Passo Fundo, Passo Fundo, 2019. Disponível em: https://www.imed.edu.br/Uploads/RAFAEL_BENETTI.pdf.

BONA, B. de O. Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho -RS. Orientador: Geomar Machado Martins. 2014. 34 p. Tese de conclusão de curso (Pós em eficiência energética aplicada aos processos produtivos) - Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2014.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Brasília, 30 out. 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13501.htm.

BRASIL. Lei nº 14.546, de 4 de Abril de 2023. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reuso não potável das águas cinzas. [S. l.], 4 de Abr de 2023. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2023/lei-14546-4-abril-2023-794007-publicacaooriginal-167507-pl.html>.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. [S. l.], 8 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.html.



CAVALCANTI, B. S.; MARQUES, G. R. G. Recursos hídricos e gestão de conflitos: A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015. *Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa*, v. 15, n. 1, p. 4-16, 2016. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rgplp/article/view/78411>

CIPRIANO, R. F. P. Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado e avaliação do uso. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2004. 89p. Dissertação de Mestrado de Engenharia Ambiental. Disponível em: https://bu.furb.br/docs/TE/293211_1_1.pdf

COSTA, K. A. D.; CARVALHO, F. I. M.; FERREIRA, F. D. P. B.; NASCIMENTO, T. V.; MELLO, R. F. A.; SERRA, I. S. D.; SILVA, J. M. S.; LOPES, M. S. B.; SOUZA, C. M. N.; DANTAS, K. G. F.; DANTAS FILHO, H. A.. Influência do tipo de telhado na qualidade da água de chuva coletada em comunidades ribeirinhas. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.3, p.384-391, 2020.

COSTA, L. F. et al. Crise hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul: enfrentando a pior estiagem dos últimos 85 anos. *Revista Ineana, Rio de Janeiro*, v. 3, n. 1, p. 26-47, 2015

DE AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE AGUA DE CHUVA NO SEMI-ARIDO, 3., 2001, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001., 2001. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/134452/avaliacao-da-qualidade-bacteriologica-das-aguas-de-cisternas-estudo-de-caso-no-municipio-de-petrolina-pe>

DIEGUES, A. C. Água E Cultura Nas Populações Tradicionais Brasileiras. In: I ENCONTRO INTERNACIONAL GOVERNANÇA DA ÁGUA NA AMÉRICA LATINA, 2007, São Paulo. 2007. Disponível em: <https://nupaub.fflch.usp.br/sites/nupaub.fflch.usp.br/files/color/simbolagua.pdf>.

DRUMOND, A.S.P., AREAS DE ALMEIDA, J.C.; DOMINGOS, R.R.; NUNES, D.M.; SOALHEIRO, L.; CUNHA, P.M.; OBRACZKA, M.; OHNUMA JR, A. A. Análise de requisitos de artigos científicos e de categorias da legislação brasileira sobre sistemas de aproveitamento de água de chuva. In: 6. Simpósio Sobre Sistemas Sustentáveis. Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos, 2021. ISBN 978-65-87570-17-4. Toledo-PR. 2021. v. 3. p. 361-377.

FERREIRA, E. P. et al. Abastecimento de água para consumo humano em comunidades quilombolas no município de Santana do Mundaú-AL. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 6, p. 1119-1125, 2014. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/1b22/f63c4313937259698495da46c64de27ff189.pdf>.

FRANÇA, A. M. de. Análise da viabilidade econômica para o aproveitamento de água de chuva em uma residência na cidade de Goiânia. Orientador: Marcus André Siqueira Campos. 2011. 37 p. Tese de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/AN%C3%81LISE_DA_VIABILIDADE_ECON%C3%94MICA_PARA_O_APROVEITAMENTO_DE_%C3%81GUA_DE_CHUVA_EM_UMA_RESID%C3%8ANCIA_NA_CIDA_0.pdf.

GANEM, L. de O. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de assentamentos informais. Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Júnior. 2019. 191 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

GOLDENFUM, J. Reaproveitamento de águas pluviais. 2006. IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em:



<http://cbhpf.upf.br/phocadownload/2seminario/reaproveitamentoaguaspluviaisii.pdf>.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da Água de Chuva. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

IWMI. International Water Management Institute. Digital Data and Tools: Water Data Portal. [S. l.], 2014. Disponível em: <http://waterdata.iwmi.org/>.

JACOB, R. V. B. et al. Análise de sistemas de águas pluviais urbanas na cidade do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 30., 2019, Natal. Anais [...]. Brasil: [s. n.], 2019. Tema: IX - Irrigação, drenagem urbana, Controle de erosão, Água subterrânea e Águas pluviais: hidrologia urbana, tratamento e gestão, Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletoPDF/IX-061.pdf>.

JAQUES, R. C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. 2005, 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102214/221552.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

JORGENSEN, B.; GRAYMORE, M.; O'TOOLE, K. Household water use behavior: An integrated model. J. Environ. Manag. 2009, 91, 227–236.

KARLINSKI, T. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações de ensino: estudo de caso em São Luiz Gonzaga – Rio Grande do Sul. Orientador: Adriana Gindri Salbego. 2015. 68 p. Tese de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2015. Disponível em: <<https://dspace.unipampa.edu.br/handle/riu/1685>>.

MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. Orientador: Eneide Ghisi, PhD. 2007. 118 p. Tese de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MIORANDO, TAIZI et al. Potabilização de água da chuva por ultrafiltração. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2017, v. 22, n. 03, pp. 481-490. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522017146765>>. Epub 10 Jul 2017. ISSN 1809-4457.

MOTA, L. L. C. de.; OLIVEIRA, G. P. T. de C.; MEDINA, P. A gestão dos recursos hídricos no Brasil: educação ambiental e democracia participativa na promoção do desenvolvimento sustentável. Revista Humanidades e Inovação v.7, n.20 – 2020. ISSN 2358-8322

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO (2017). Fluxo Veicular Médio em Dias Úteis. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/documents/7033801/aaa5c245-2533-4bec-b475-494f64b92c35>

ROCHA, A. C. T.; DUARTE, N. de F. Avaliação do aproveitamento de águas pluviais através de uma análise sistemática da literatura. ForScience: revista científica do IFMG, Formiga, v. 5, n. 2, e00307, out. 2017. Edição especial.

SILVA, E. G.; SANTANA, O. A. Captação e reutilização da água como estratégia sustentável. Divers@ Revista Eletrônica Interdisciplinar, Matinhos, v. 13, n. 2, p. 240-253, jul./dez. 2020. ISSN 1983-8921. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/diver/article/view/76645/42994>

SILVA, G. N. da. Avaliação localizada de metais em águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro. Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Jr. 2019. 116 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2019/Dissert2019-GabrielleNunes.pdf>.



SILVA, K. C. da. Qualidade da água pluvial coletado em telhados de edificações para consumo residencial. Orientadora: Paula Cristina Souza. 2018. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, CAMPO MOURÃO, 2018. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6175/1/aguapluvialconsumoresidencial.pdf>.

SILVA, N. N. da; CRUZ, J. A. da; AMARAL, L. G. H do. Dimensionamento de reservatórios de lote para redução do volume de escoamento superficial na cidade de Barreiras-BA. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. 13., 2016, Aracaju, SE. Anais [...]. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2016. Disponível em: <http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/27/PAP021849.pdf>.

SOUZA, R. S. de. Avaliação do sistema de armazenamento de águas pluviais na UERJ, campus maracanã. Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Júnior. 2019. 80 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://projetosapuerj.files.wordpress.com/2020/06/roberta-tcc-compressed.pdf>.

TESTON, A.; TEIXEIRA, C.A.; GHISI, E.; CARDOSO, E.B. Impact of Rainwater Harvesting on the Drainage System: Case Study of a Condominium of Houses in Curitiba, Southern Brazil. *Water* 2018, 10, 1100. <https://doi.org/10.3390/w11071389>.

TOMAZ, P. Qualidade da Água da Chuva. In: TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. [S. l.: s. n.], 2009. v. 1, cap. Capítulo 2.

TRATA BRASIL (Brasil). Instituto Trata Brasil. Painel do Saneamento: Brasil. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/site/index>.

TUKEY, J.W., 1977. *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, Reading, MA. UNESCO (a). Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. UN World Water Development Report 2021: Valuing Water. [S. l.], 18 mar. 2021. Disponível em: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/en>.

UNESCO (b). Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. The United Nations world water development report 2021: valuing water. Paris: UNESCO World Water Assessment Programme, 2021. 187 p. ISBN 978-92-3-100434-6. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>

VASCONCELOS, A. F.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G. Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, n. 21(4), p. 655-662, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016146469>.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de Esgotos / Marcos von Sperling. 4º ed. - Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. ISBN: 978-85-423-0053-6.



Leticia Delduque Alves

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, bolsista de Iniciação Científica pela FAPERJ (2020).

Caroline Moreira de Souza

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, bolsista de Iniciação Científica pela FAPERJ (2020).

Jaqueline Costa Areas de Almeida

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, bolsista de Iniciação Científica pela FAPERJ (2019) e CNPq (2021).

Ana Beatriz Almeida de Souza

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, bolsista de Iniciação Científica pelo CNPq (2022).

Rosane Cristina de Andrade

Possui graduação em tecnologia de laticínios pela Universidade Federal de Viçosa (2000), graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2007), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (2010) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa na modalidade sanduíche na University of Brighton - UK (2015). Atuou como consultora técnica no Ministério da Saúde, na Secretária de Vigilância Ambiental, no Programa Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua). Atualmente é professora adjunta da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, na Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente.

Alena Torres Netto

Bacharel em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (1998), mestrado e doutorado em Produção Vegetal pela UENF (2001 e 2005 respectivamente) com ênfase em economia de água e produtividade. Realizou o Pós doutorado com um projeto multidisciplinar envolvendo microbiologia do solo, fisiologia vegetal, bioquímica de solos em plantas micropropagadas. Atuou como coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Estácio de Sá. Atualmente é professora adjunta da UERJ no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

Alfredo Akira Ohnuma Jr

Eng Civil formado pela UFSCar - Universidade Federal de São Carlos (2000), Mestrado (2005) e Doutorado em Ciências da Eng Ambiental pela USP / EESC - Universidade de São Paulo (2008), Escola de Eng. de São Carlos, Depto de Hidráulica e Saneamento. É Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), pelo Depto de Eng Sanitária e do Meio Ambiente. Atua na docência dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental e Sanitária, do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Eng Ambiental (PEAMB) e Doutorado em Engenharia Ambiental (DEAMB), da UERJ.

Como citar: Delduque Alves, L.; Moreira de Souza, C.; Costa Areas de Almeida, J.; Almeida de Souza, A. B.; Cristina de Andrade, R.; Torres Netto, A.; Akira Ohnuma Jr, A. Influência do tipo de revestimento de telhados na qualidade de águas pluviais na região centro norte da cidade do Rio de Janeiro. **Paranoá**, n. 34, p. 1–24. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.16>.

Editores: Daniel Sant’Ana (UnB), Livia Santana (IFG), Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes (UFPA), Sílvio Roberto Magalhães Orrico (UEFS) e Thiago Alberto da Silva Pereira (UFAL).