

COBERTURA VERDE COMO SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA REÚSO*

Nayla Evellyn Santos de Araújo¹

Juliane Carla Bernardi²

Marcelo Costa Choukr³

Márcio De Moraes Tavares⁴

Marcio Sena Curvello⁵

Resumo

A água representa um recurso essencial ao desenvolvimento econômico e social do mundo, sendo responsável por estabelecer o equilíbrio ecológico e promover a manutenção da vida, dando suporte a praticamente todos os tipos organismos existentes. Entretanto, devido aos atuais cenários de escassez, vêm surgindo, cada vez mais, a necessidade de se buscar novos métodos e/ou tecnologias capazes de proporcionar a preservação, a conservação e consumo racional deste recurso. Os telhados verdes constituem uma das alternativas mais promissoras de reaproveitamento de águas pluviais, capaz de captar e armazenar quantidades significativas, reduzindo a pressão sobre os recursos hídricos e contribuindo, também, para a melhora do conforto térmico, qualidade do ar e aumento de áreas verdes nos centros urbanos. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo principal apresentar o telhado verde como uma alternativa para a captação de águas pluviais, de forma a analisar o desempenho de uma cobertura verde construída em um container na Universidade. Os principais resultados demonstram que o telhado verde representa uma tecnologia mais completa de cobertura, capaz de fornecer inúmeros benefícios. Concluindo que este sistema representa a melhor opção do ponto de vista econômico, ambiental e social, capaz de contribuir para a preservação ambiental.

Palavras-chave: Cobertura Verde; Telhado Verde; Reaproveitamento; Águas Pluviais;

GREEN COVERAGE AS A REUSE OF RAINWATER TO REUSE

Abstract

The water represents an essential resource for economic and social development in the world, being responsible for establishing the ecological balance and promote the maintenance of life, giving support to virtually all types existing bodies. However, due to current shortages, scenarios come popping up more and more the need to find new methods and/or technologies capable of providing the preservation, the conservation and rational consumption of this resource. The green roofs are one of the most promising alternatives to reuse rainwater, capable of capturing and storing mean quantities, reducing pressure on water resources and contributing to the improvement of comfort thermal, air quality and increasing green areas in urban centers. Thus, the present work has as its main objective to present the green roof as an alternative for capturing rainwater, in order to analyze the performance of a green cover built in a container in the University. The main results show that the green roof represents a more complete technology coverage, able to provide numerous benefits. In conclusion that this system represents the best option from the point of view of economic,

environmental and social development, capable of contributing to environmental preservation.

Keywords: Green Roof; Green Roof; Reuse; Rainwater.

- ¹ *Engenheira Civil pela UNAERP (Universidade de Ribeirão Preto) Campus Guarujá.*
- ² *Química, Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais, Doutora em Nanociências e Materiais Avançados, Professora da UNAERP, Guarujá, SP, Brasil. (jbernardi@unaerp.br).*
- ³ *Arquiteto, Engenheiro Civil, Especialista em concreto, Professor da UNAERP, Guarujá, SP, Brasil (mchoukri@unaerp.br).*
- ⁴ *Engenheiro Químico, Mestre em Engenharia Mecânica, Doutorando em Engenharia Química, Coord. do Curso de Eng. Civil e de pós graduação em Eng. de Segurança do Trabalho da UNAERP, Guarujá, SP, Brasil (mtavares@unaerp.br).*
- ⁵ *Engenheiro Químico, Mestre e Doutor em Nanociência e Materiais Avançados, Professor da UNAERP, Guarujá, SP, Brasil*
- ⁶

1 INTRODUÇÃO

O crescente processo de urbanização e aumento da população mundial que, muitas vezes, ocorrem de forma desordenada, têm contribuído para a exploração exagerada de recursos naturais, ocasionando grandes impactos sobre o meio ambiente e a saúde pública, constituindo assim, cenários preocupantes [1]. Atualmente, a crise hídrica representa um dos principais problemas ambientais do mundo, em razão do esgotamento de recursos hídricos e baixos níveis de água nos reservatórios. Acredita-se que este esgotamento seja proveniente da escassez, do consumo inadequado, da perda de qualidade dos mananciais, do abastecimento público ineficiente e das consequências provocadas pelo agravamento do efeito estufa [1]. Por esta questão, os recursos hídricos vêm sendo um grande desafio para as autoridades, visto que a demanda por água excede a quantidade disponível, o que vem incentivando o desenvolvimento de novas técnicas de manejo, que possam atuar ou auxiliar no abastecimento, de modo a proporcionar segurança a preservação e conservação destes recursos [2]. Uma das soluções que tem se mostrado eficiente e interessante na coleta de águas pluviais, são as coberturas verdes, ou também nomeadas como telhado verde. As coberturas verdes além de atuarem no reaproveitamento de águas, principalmente, para fins não potáveis, podem atuar na recuperação do ciclo hidrológico e nas linhas naturais de drenagem, reduzindo o risco de enchentes. Além disso, a água captada possui uma qualidade superior a aquelas provenientes de coberturas convencionais [3]. A coleta de águas pluviais constitui um recurso valioso, porém, pouco explorado, sendo capaz de contribuir para a conservação de recursos hídricos e proporcionar alívio a comunidade [2]. Permitindo que a água de melhor qualidade seja destinada apenas a usos mais nobres, como o consumo humano e o abastecimento doméstico [4].

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Experimental

A montagem do experimento foi realizada em março de 2018, com a colocação da cobertura verde, e foi finalizada com a colocação de canos para a coleta da água. Para a elaboração do protótipo usou-se container de 14,54 m² (2,4 m de largura x 6,06 m de comprimento x 2,59 m de altura x 0,0026 m de espessura). foram utilizados os materiais listados abaixo:

- 15m² de grama esmeralda;
- 5 sacos de 50 litros de argila expandida;
- 13 sacos de 25 kg de substrato;
- 18m² de manta geotêxtil bidim;
- 16 unidades de sarrafos pinus c/ 3mts;
- 8 unidades de pontalete pinus c/ 3mts;
- 4 unidades de Madeirit 5mm (2,20mx1,10m);
- 12 unidades de tubo ¾ com 6 mts;
- 2 unidades de joelho 90° com Rosca ¾;
- 2 unidades de conexão "T" ¾;
- 8 m² lona plástica preta.

Para a montagem do sistema de coberturas verdes foram elaborados, em laboratório, 8 caixotes com dimensões de 1,20x1,20m, utilizando como materiais, o sarrafo pinus (com 3,00 metros) e Madeirit comum 5mm, como demonstra a Figura 1.

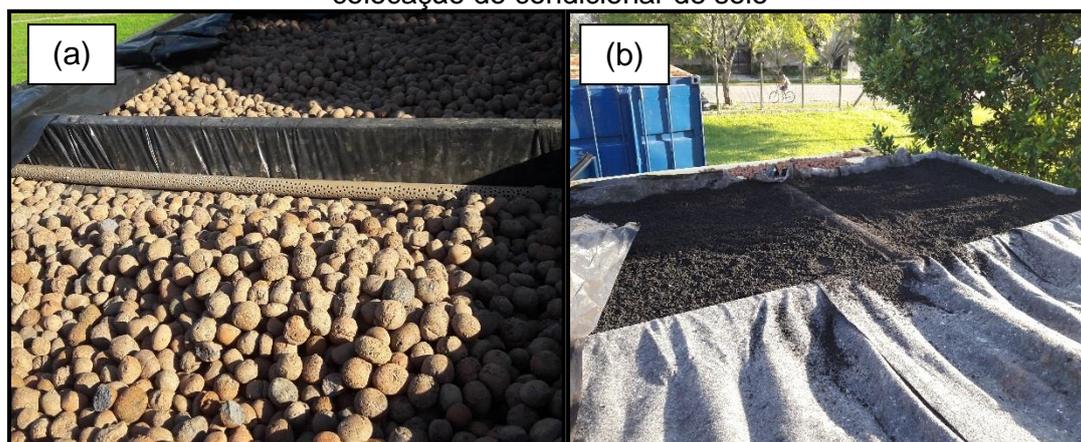
Figura 1 - Montagem do caixote



Em seguida, foram fixados 4 caixotes de cada lado para montar o telhado verde. Estes caixotes foram cobertos com lona preta (lona plástica de 8m) e a cada 2 caixotes foi inserido um tubo $\frac{3}{4}$, com vários furos, cujo o objetivo é de possibilitar a passagem da água captada, este tubo apresentou um diâmetro de 25mm com 6,00 mts.

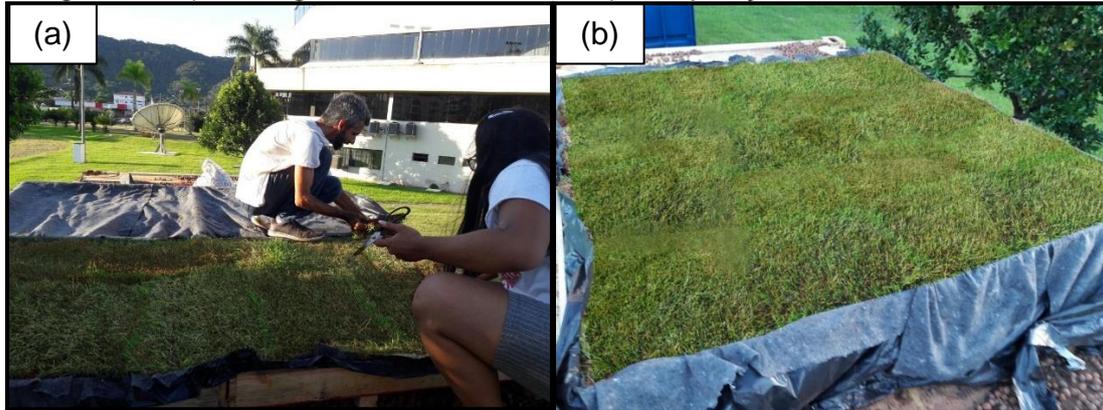
Após esta etapa, foi montada uma camada conforme a Figura 2(a) com 5 sacos de argila expandida, seguida por uma Manta Bidim de 18m² e Forth Condicionador (13 sacos), como ilustra a Figura 2(b).

Figura 2 - Montagem das camadas do telhado verde: (a) colocação da argila expandida ; (b) colocação do condicionador de solo



Em seguida foi inserida a camada de vegetação, onde foi utilizada a espécie vegetal de grama esmeralda, com 15 m², finalizando a composição do telhado, como é possível observar nas Figuras 3 (a) e (b).

Figura 3 – a) Montagem do telhado verde ;b) Composição final do telhado verde



Após a cobertura pronta, foram colocados tubos de pvc de ½ in conectados em dois galões para a captação da amostra de água, como mostra na Figura 4.

Figura 4 - Galão para captação da amostra de água



2.2 Resultados e discussão

As coberturas verdes são definidas por muitos autores, como uma ferramenta para minimizar os impactos ambientais provocados pelas atividades antrópicas, que afetam diretamente a qualidade do ar, o conforto térmico, a durabilidade das construções e o equilíbrio dos ecossistemas, responsáveis por assegurar a sobrevivência de espécies e a preservação dos recursos naturais.

2.2.1 A qualidade da água na cobertura verde

A água como ressaltada [2] constitui um recurso vital para a manutenção da vida no planeta e diante da atual crise hídrica, caracterizada por cenários de escassez e baixos níveis em reservatórios, a necessidade de sua preservação se torna mais evidente. É possível observar por meio das informações levantadas por diversos autores, que o telhado verde representa uma alternativa interessante, que pode ser utilizada no aproveitamento de águas pluviais, atuando no abastecimento de água, principalmente, para fins não potáveis, ou como uma fonte complementar a rede de distribuição.

A coleta da amostra foi realizada no dia 04 de abril de 2018 no protótipo da cobertura verde e foi levada para o laboratório da Universidade de Ribeirão Preto – Campus

Ribeirão onde foram feitas as análises química, física e biológica usando como base a Portaria nº 2.914 [5], a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Os resultados obtidos da análise do container foram comparados com os resultados coletados na Ilha dos Arvoredos [6], cujo local tem grandes incidências de chuvas e possui benfeitorias para armazenagem e captação de água de chuva, tanto pelo telhado convencional como nas áreas ajardinadas.

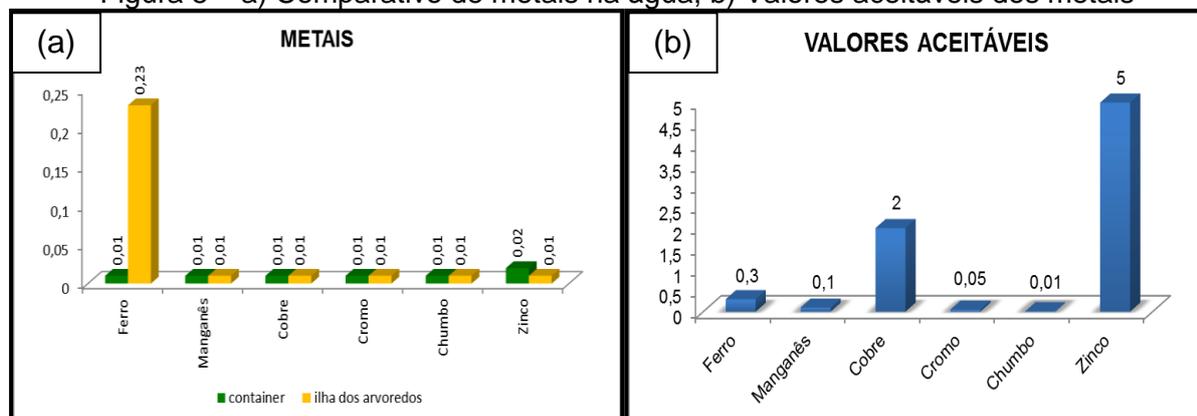
A Tabela 1, mostra o resultado da análise Toxicológica que determina a concentração de metais na água.

Tabela 1 – Parâmetro de análise - Metais

| Parâmetro | Unidade | Container | Ilha dos Arvoredos | VMP Nº 2.914 |
|-----------|---------|-----------|--------------------|--------------|
| Ferro | mg/L Fe | <0,01 | 0,06 | <0,30 |
| Manganês | mg/L Mn | <0,01 | 0,02 | <0,10 |
| Cobre | mg/L Cu | <0,01 | <0,01 | <2,00 |
| Cromo | mg/L Cr | <0,01 | 0,05 | <0,05 |
| Chumbo | mg/L Pb | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Sódio | mg/L Na | 3,40 | 5,10 | <200 |
| Zinco | mg/L Zn | 0,02 | 0,074 | <5,00 |

Conforme a Figura 5(a) e (b), o gráfico mostra o comparativo entre a amostra de metais do container e da Ilha dos Arvoredos, ressaltando que a amostra de ferro na Ilha dos Arvoredos registrou o valor de 0,23, mas que está de acordo com os valores aceitáveis na portaria nº 2.914 que é 0,3 mg/L, conforme análise as 2 amostras apresentaram resultados dentro dos valores aceitáveis.

Figura 5 – a) Comparativo de metais na água; b) Valores aceitáveis dos metais



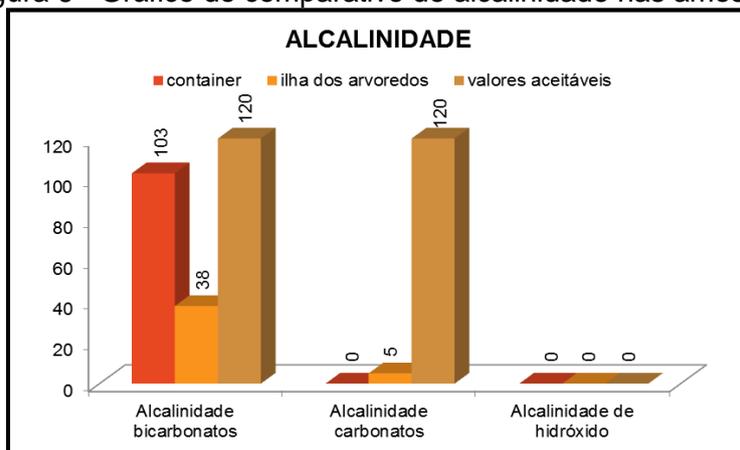
A Tabela 2, mostra os resultados da análise de alcalinidade de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

Tabela 2 – Parâmetro de análise – Alcalinidade

| Parâmetro | Unidade | Container | Ilha dos Arvoredos | VMP Nº 2.914 |
|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|--------------|
| Alcalinidade bicarbonatos | mg/L CaCO ₃ | 103 | 7 | <120 |
| Alcalinidade carbonatos | mg/L CaCO ₃ | ausente | ausente | <120 |
| Alcalinidade de hidróxido | mg/L CaCO ₃ | ausente | ausente | ausente |

Na Figura 6, o comparativo entre as amostras de água e os valores aceitáveis para os itens de alcalinidade. Verifica-se que as duas amostras estão de acordo com a Portaria, no entanto a alcalinidade ficou mais acentuada na amostra coletada no container, isso está associado a passagem da água pelas camadas do telhado verde. Nesta passagem, o CO₂ presente na água dissolve os sais presentes na argila transformando-os em bicarbonatos o que produz o aumento da alcalinidade.

Figura 6 - Gráfico do comparativo de alcalinidade nas amostras



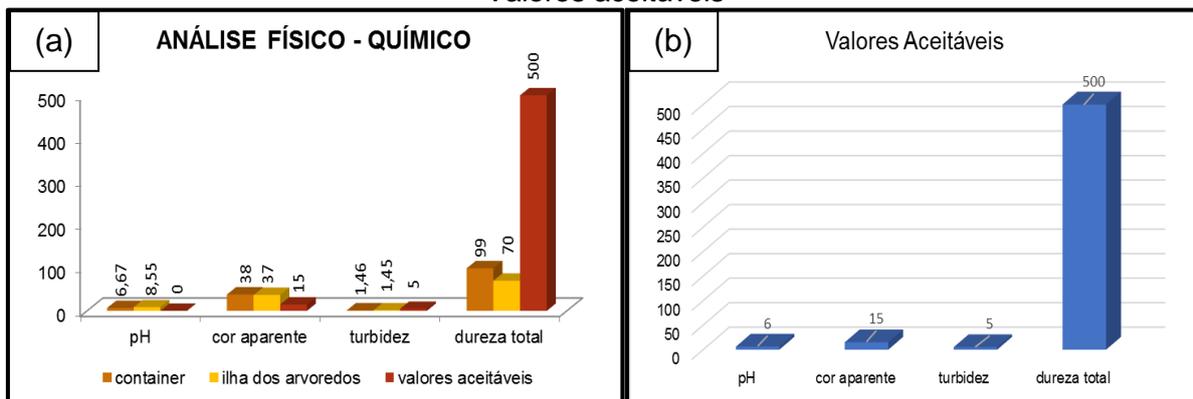
A Tabela 3, representa o parâmetro de análise do pH , cor aparente , turbidez e dureza total. Verificou-se que a cor aparente está cima dos valores aceitáveis para as duas amostras. Os demais parâmetros estão de acordo com os valores aceitáveis.

Tabela 3 – Parâmetro de análise– pH , cor , dureza e turbidez

| Parâmetro | Unidade | Container | Ilha dos Arvoredos | VMP N° 2.914 |
|--------------|------------------------|-----------|--------------------|-----------------|
| pH | adimensional | 6,67 | 7,05 | 6,0 - 9,5 |
| Cor Aparente | uH (PtCo) | 38 | 27 | <15 |
| Turbidez | uT (NTU) | 1,46 | 0,46 | <5,0 |
| Dureza total | mg/L CaCO ₃ | 99 | 32 | <500 |

Para uma melhor visualização, os dados da Tabela 3 estão dispostos nas Figuras 7 (a) e (b). Onde verificou-se a alteração na cor aparente das duas amostras, isso pode estar associado a presença acentuada de ferro nas amostras. Uma forma simples de corrigir é à base de coagulação e floculação.

Figura 7 – (a) Gráfico comparativo em relação a cor aparente, turbidez, ph e dureza; (b) Valores aceitáveis



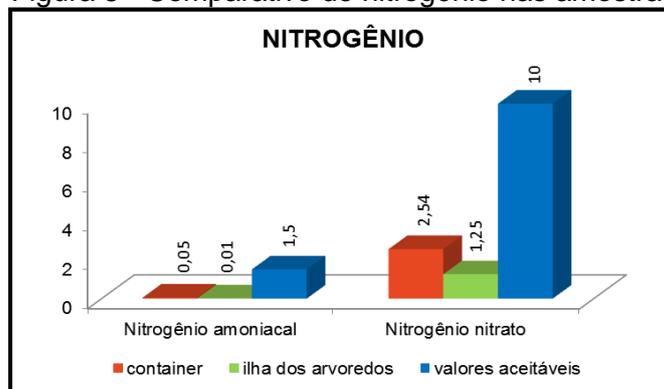
A Tabela 4 mostra os parâmetros encontrados na análise referente ao nitrogênio.

Tabela 4 – Parâmetro de análise – Nitrogênio

| Parâmetro | Unidade | Container | Ilha dos Arvoredos | VMP N° 2.914 |
|----------------------|------------------------|-----------|--------------------|--------------|
| Nitrogênio amoniacal | mg/L N-NH ₃ | 0,05 | 0,04 | <1,5 |
| Nitrogênio nitrato | mg/L N-NO ₃ | 2,54 | 0,593 | <10 |

Na Figura 8, o gráfico demonstra que o Nitrogênio Amoniacal e o Nitrogênio Nitrato analisados estão de acordo com o padrão aceito da Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde.

Figura 8 - Comparativo de nitrogênio nas amostras



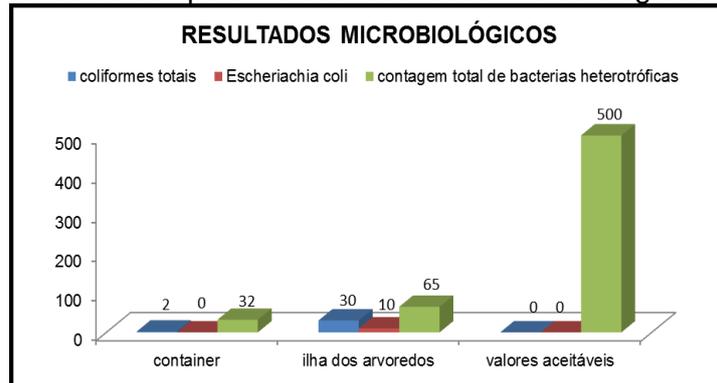
A Tabela 5 mostra os parâmetros de análise microbiológicas das amostras onde são analisadas a presença de poluentes fecais nas águas. De acordo com a Portaria n° 2.914 não deve constar presença de poluição fecal em água potável.

Tabela 5 – Parâmetro de análise biológicas

| Parâmetro | Unidade | Container | Ilha dos Arvoredos | VMP N° 2.914 |
|---|------------|-----------|--------------------|--------------|
| Coliformes Totais | UFC/100 mL | 2 | 9 | ausente |
| <i>Escherichia Coli</i> | UFC/100 mL | ausente | 3 | ausente |
| Contagem total Bactérias Heterotróficas | UFC/ml | 32 | 170 | <500 |

A Figura 9 mostra os resultados microbiológicos das amostras, onde aponta que a amostra da Ilha dos Arvoredos não está de acordo com os valores da Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde em relação ao item Coliformes Totais e Escherichia Coli (E. Coli) sendo que o valor aceito é ausente. Esse resultado pode ter dado positivo, devido a presença de pássaros e outros animais na ilha dos arvoredos, o que pode ter provocado a contaminação na água coletada. Por outro lado, a amostra de água coletada do container está de acordo com o item de Escherichia Coli (E. Coli) da Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde que é ausente e a Contagem de Bactérias Heterotróficas que é <math><500</math>.

Figura 1 - Gráfico do comparativo dos resultados microbiológicos das amostras



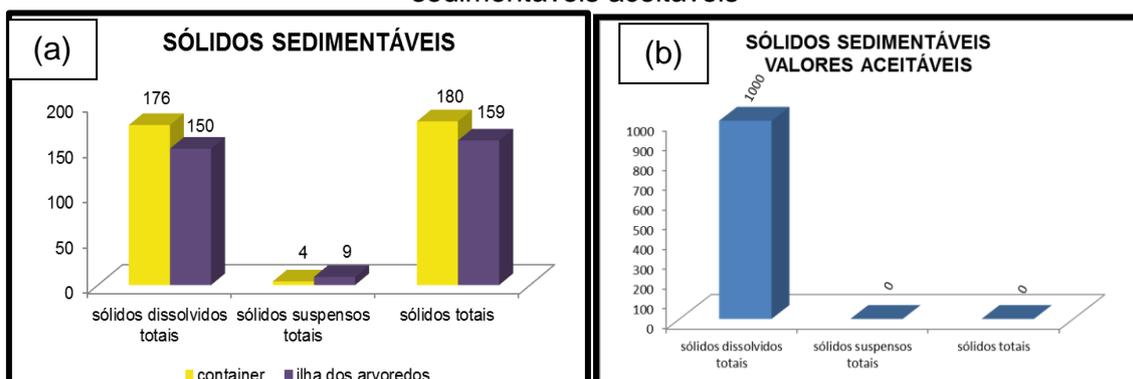
A Tabela 6 apresenta os parâmetros de análise dos sólidos. Nesta tabela observa-se que a amostra de água coletada no container não ficou de acordo com os valores aceitáveis para os sólidos suspensos e os sólidos totais.

Tabela 6 - Parâmetro de análise - Sólidos

| Parâmetro | Unidade | Container | Ilha dos Arvoredos | VMP Nº 2.914 |
|----------------------------|---------|-----------|--------------------|--------------------|
| Sólidos dissolvidos totais | mg/L | 176 | 18 | <math><1000</math> |
| Sólidos suspensos totais | mg/L | 4 | - | - |
| Sólidos totais | mg/L | 180 | - | - |

Nas Figuras 10 (a) e (b), verifica-se que a amostra da Ilha dos Arvoredos está de acordo com o valor aceitável nos itens mencionados e a amostra do Container está no padrão estabelecidos pela Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde no item de Sólidos dissolvidos totais que é <math><1000</math>.

Figura 10 – (a) Gráfico de indicativo de sólidos nas amostras; (b) valores de sólidos sedimentáveis aceitáveis



Com base nas análises realizadas e resultados obtidos, verificou-se que a amostra do container apresentou índices de contaminação por coliformes totais, e.coli e alterações no pH, sólidos suspensos e totais. Essas alterações ocorreram por falta de filtração adequada da água, que esteve em contato com a argila e coliformes fecais.

6.2 Análise comparativa de temperatura

A cobertura verde minimizam o calor térmico da casa, dessa forma, pode-se economizar energia. Com isso além da captação e análise da água, foram realizadas medições das variações de temperaturas com o auxílio de um termo higrômetro digital no container sem cobertura verde e no container com a cobertura verde.

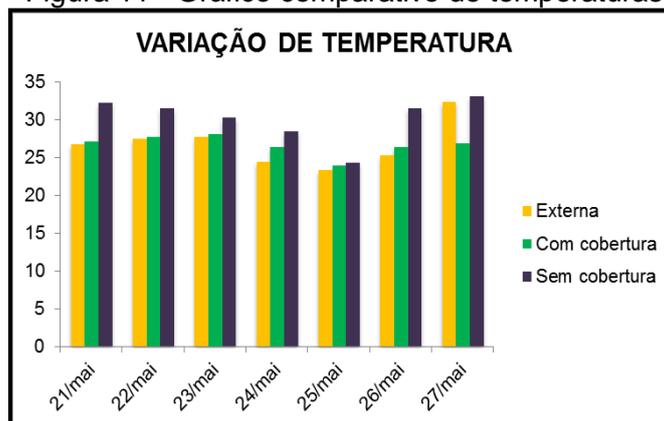
A Tabela 7, mostra o comparativo das leituras de temperaturas dos containers e da temperatura externa no período de 21 de maio de 2018 a 27 de maio de 2018.

Tabela 7 - Diário de temperaturas dos dias 21/05/2018 a 27/05/2018

| Data | Temp. Externa | Com cobertura | Sem cobertura |
|-------|---------------|---------------|---------------|
| 21/05 | 26,7°C | 27,1°C | 32,2°C |
| 22/05 | 27,5°C | 27,7°C | 31,5°C |
| 23/05 | 27,7°C | 28,1°C | 30,2°C |
| 24/05 | 24,4°C | 26,4°C | 28,4°C |
| 25/05 | 23,3°C | 23,9°C | 24,3°C |
| 26/05 | 25,2°C | 26,4°C | 31,5°C |
| 27/05 | 32,3°C | 26,9°C | 33,1°C |

De acordo com os dados obtidos, pode-se perceber a diferença de temperatura nos containers devido implantação da cobertura verde. Na Figura 11, pode-se notar a diferença de 4 até 5 graus Celsius nas temperaturas registradas no container com cobertura verde e no outro, convencional sem cobertura, mostrando que o sistema é eficiente em relação a diminuição de temperaturas.

Figura 11 - Gráfico comparativo de temperaturas



3 CONCLUSÃO

De acordo com todos os conceitos, informações e dados levantados, bem como apresentados neste presente trabalho, conclui-se que o sistema de telhado verde representa uma ótima alternativa para a captação de águas pluviais, sendo responsável por possibilitar o aproveitamento deste recurso, reduzir níveis de desperdício e contribuir para a preservação dos recursos hídricos, principalmente, os

potáveis, para atividades que exijam a potabilidade. É possível concluir também, que os telhados verdes constituem a melhor alternativa para a captação de águas pluviais, uma vez que, aproveitam 100% a quantidade coletada, o que não se observa nos sistemas de reaproveitamento de coberturas convencionais, que exigem o descarte das primeiras águas. Além disso, as coberturas verdes promovem inúmeros benefícios, complementares a retenção de águas pluviais, que atuam diretamente na melhora do ambiente e das condições de vida de seu usuário, relacionados, principalmente, ao conforto térmico, a qualidade do ar e a poluição, que representam os maiores problemas encontrados nos centros urbanos. Visto que as coberturas convencionais, além de não conseguirem captar e aproveitar 100% da água despejada pelo efeito das chuvas, tendem a aumentar o fenômeno de ilhas de calor e conseqüentemente, promover o aumento de temperaturas, sensações de mal-estar, que são responsáveis por elevar os padrões de consumo de energia. Conclui-se, portanto, que o sistema de telhado verde representa a melhor opção do ponto de vista econômico, ambiental e social, capaz de contribuir para a preservação da água, para a redução do consumo e de custos, melhora da qualidade de vida e do desempenho estrutural da edificação.

Agradecimentos

Á UNAERP Guarujá por todo o suporte na implementação da cobertura verde no container nas dependências do campus.

Á UNAERP Ribeirão Preto pela colaboração com as análises Químicas e Físicas.

REFERÊNCIAS

- [1] SILVA, G. Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e em uma escola pública – Estudo de Caso. 2007. 103f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.
- [2] BASSANESI, K. Análise de Risco do Aproveitamento da Água de Chuva para Uso Não Potável em Edificações. 2014. 128f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2014
- [3] OLIVEIRA, E. W. N. Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico. 2009. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.
- [4] HESPANHOL, I. Água e saneamento básico – uma visão realista. In: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi, J.G. (Org.). Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação, Escrituras Editora, São Paulo, 1999. 703p.
- [5] BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12>, Acesso em: 02/05/2018.
- [6] SILVA, R. C. Z. da; TAVARES, M. M. Sustentabilidade em Água Pluvial de Acordo com Padrões de Qualidade na Ilha dos Arvoredos. XII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ, Guarujá, p. 1-9, 2015.